



Monitoreo y Evaluación Ambiental de las Lagunas Costeras (Rocha, Castillos y Garzón) y de sus principales tributarios.

NOVIEMBRE 2019



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



I n s t i t u c i o n e s P a r t i c i p a n t e s

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)
Unidad de Gestión Pesquera Atlántica
Departamento de Biología Poblacional
Departamento de Industria Pesquera

Obras Sanitarias del Estado (OSE)
Laboratorio Regional Ambiental Sureste
Oficina Técnica Rocha

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

I n s t i t u c i ó n C o o r d i n a d o r a - D I N A M A

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 (2019). Monitoreo y Evaluación Ambiental de las Lagunas Costeras (Rocha, Castillos y Garzón) y de sus principales tributarios.. Informe Técnico. MVOTMA-DINAMA. Montevideo. 163 pg.

Foto tapa: Marcos Mendizabal

A u t o r e s

DINAMA

Mag. Elena Rodó
Mag. Malvina Masdeu
Bach. Andrea Barbieri
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

Ing. Quim. Gustavo Padrón
Lic. Natalia Bonilla
Lic. Matías Pereiro
Lic. Adriana Zuliani
Bach. Ana Bazterrica
Bach. Emilio Fossali

IDR

Ing. Alim. Matías Dobroyan

CURE

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

T é c n i c o s P a r t i c i p a n t e s

DINAMA

Q.F Natalia Barboza
Q.F Alejandro Mangarelli
Bach. Vivian Muñoz
MSc. Gabriela Pistone
Qco. Rodrigo Souza

Agradecimientos:

Especialmente al personal del SNAP que participó en los monitoreos:
Daniel Sosa, Andrés Sosa, Juan Carlos Gambarotta, Verónica Pombo, Miguel Bandera,
Leandro Bergamino y Zenón Vicente

Contenido

Resumen.....	10
1 Introducción.....	11
1.1 Área de estudio y antecedentes.....	13
Cuenca de la Laguna de Rocha.....	13
Cuenca de la Laguna de Castillos.....	16
Cuenca de la Laguna de Garzón.....	18
2 Metodología.....	20
2.1 Monitoreo de Lagunas.....	21
2.1.1 Matriz agua.....	24
2.1.2 Matriz sedimento.....	25
2.2 Monitoreo de arroyos tributarios de las lagunas.....	26
2.2.1 Matriz agua.....	26
2.2.2 Matriz sedimento.....	27
2.3 Análisis temporal y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo.....	27
3 Resultados.....	29
3.1 Cuenca de la Laguna de Rocha.....	29
3.1.1 Calidad del agua: Laguna de Rocha.....	29
3.1.2 Calidad de sedimentos: Laguna de Rocha.....	33
3.1.3 Parámetros biológicos: Laguna de Rocha.....	37
3.1.4 Calidad de agua: Arroyos.....	41
3.1.4.1 Toma OSE (embalse del arroyo La Palma): parámetros físicos, químicos y agroquímicos en sedimento.....	50
3.1.5 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo.....	51
3.2 Cuenca de la Laguna Castillos.....	53
3.2.1 Calidad del agua: Laguna de Castillos.....	53
3.2.2 Calidad de los sedimentos: Laguna de Castillos.....	57
3.2.3 Parámetros biológicos: Laguna de Castillos.....	61
3.2.4 Calidad del Agua: Arroyos.....	65
3.2.5 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo.....	80
3.3 Cuenca de la Laguna Garzón.....	82

3.3.1	Calidad del agua: Laguna Garzón.....	82
3.3.2	Calidad de los sedimentos: Laguna Garzón	86
3.3.3	Parámetros biológicos: Laguna Garzón	90
3.3.4	Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo	92
4	Discusión	94
5	Síntesis	107
5	Consideraciones Finales.....	111
6	BIBLIOGRAFÍA.....	114
Anexo 1	120
Anexo 2	162
Anexo 3	165
Anexo 4	166

Índice de Figuras

Figura 1. Cuenca de la Laguna de Rocha y las subcuencas de sus principales tributarios.	14
Figura 2. Cuenca de la Laguna de Castillos y las subcuencas de sus principales tributarios.....	17
Figura 3. Cuenca de la Laguna Garzón y las subcuencas de sus principales tributarios	19
Figura 4. Instituciones participantes del Programa de monitoreo de lagunas costeras y principales responsabilidades.	20
Figura 5. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Rocha.....	21
Figura 6 . Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Castillos.	22
Figura 7. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna Garzón.	23
Figura 8. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la temperatura (A), el pH (B), el oxígeno disuelto (C) y la conductividad (D) de la Laguna de Rocha.	29
Figura 9. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la Turbidez (A), los sólidos en suspensión (SST) (B) y materia orgánica (MO) (C) de la Laguna de Rocha.....	30
Figura 10. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de amonio (NH ₄) (A), nitrito (NO ₂) (B), nitrato (NO ₃) (C) y nitrógeno total (NT) (D) de la Laguna de Rocha.	31
Figura 11. Variación espacial y estacional de la concentración (2017 – 2018) de fósforo reactivo soluble (PRS) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Rocha	32
Figura 12. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la clorofila a (Clo a) de la Laguna de Rocha para el período 2017- 2018.	32
Figura 13. Variación espacial y estacional de la concentración (2017 – 2018) de materia orgánica (MO) y clorofila a del sedimento de la Laguna de Rocha.	34
Figura 14. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la concentración de fósforo total (PT) y nitrógeno total (NT) del sedimento de la Laguna de Rocha.....	34
Figura 15. Riqueza específica de bentos para cada uno de los sitios de muestreo en Laguna de Rocha a lo largo del período de monitoreo.	37
Figura 16. Abundancia (individuos m ⁻²) de las clases taxonómicas del bentos identificadas en la Laguna de Rocha	39
Figura 17. Abundancia de <i>H. australis</i> (individuos m ⁻²) en la Laguna de Rocha.....	39
Figura 18. (A) abundancias en ind.100m ⁻³ de misidáceos y (B) abundancia de ictioplancton en ind.100m ⁻³ en Laguna Rocha.	40
Figura 19. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	41

Figura 21. Variación estacional (2017 – 2018) de la oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	42
Figura 20. Variación estacional (2017 – 2018) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	42
Figura 22. Variación estacional (2017 – 2018) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	43
Figura 23. Variación estacional (2017 – 2018) de la Turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	44
Figura 24. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) del amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	45
Figura 25. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) del nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	45
Figura 26. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	46
Figura 27. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	47
Figura 28. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del fosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	48
Figura 29. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del fosfato total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	48
Figura 30. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Clorofila a (Clo a) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	49
Figura 31. Cambio del uso del suelo de la laguna de Rocha en el período 1997 – 2015,	51
Figura 32. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Rocha por los principales usos del suelo de la cuenca.	52
Figura 33. Cargas anuales (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) de NT aportadas a la Laguna de Rocha por los principales usos del suelo de la cuenca.	52
Figura 34. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de temperatura (A), pH (B), oxígeno disuelto (C) y Conductividad (D) de la Laguna de Castillo.....	53
Figura 35. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de turbidez (A), sólidos suspendidos totales (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Castillos.....	54
Figura 36. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Castillos	55

Figura 37. Variación espacial y estacional de la concentración de fósforo reactivo soluble (PRS) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Castillos	56
Figura 38. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna de Castillos	56
Figura 39. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A) y clorofila a (B) del sedimento de la Laguna de Castillos	58
Figura 40. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), fósforo total (B), nitrógeno total (C) clorofila a (D) del sedimento de la Laguna de Castillos.....	58
Figura 41. Riqueza específica para cada uno de los sitios de muestreo en Laguna Castillos	61
Figura 42. Abundancia (individuos m ⁻²) de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna de Castillos	63
Figura 43. A) abundancias en ind.100 m ⁻³ de misidáceos y B) abundancia de ictioplancton en ind.100m ⁻³ en Laguna Castillos.....	64
Figura 44. Variación estacional (2017 – 2018) de la Temperatura (Temp) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos	65
Figura 45. Variación estacional (2017 – 2018) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.	66
Figura 46. Variación estacional (2017 – 2018) del Oxígeno Disuelto (OD) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.	67
Figura 47. Variación estacional (2017 – 2018) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.	68
Figura 48. Variación estacional (2017 – 2018) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	69
Figura 49. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	70
Figura 50. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	71
Figura 51. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	72
Figura 52. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos Carlos.....	73
Figura 53. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Fosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	74
Figura 54. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	75

Figura 55 Variación estacional (2017 – 2018) de la biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.	76
Figura 56. Abundancia (A) y Biovolumen (B) de las distintas clases de fitoplancton.	77
Figura 57. Abundancia relativa (A) y Biovolumen relativo (B) de las distintas clases de fitoplancton.....	78
Figura 58. Box plot de abundancia total (superior izquierda), de biovolumen total (superior derecha) y de riqueza total (inferior) de fitoplancton	78
Figura 59. Box plot de abundancia total (superior izquierda), de biovolumen total (superior derecha) y riqueza de especies (inferior) de fitoplancton	79
Figura 60. Box plot de abundancia (izquierda) y biovolumen (derecha) de cianobacterias (superior) y diatomeas (inferior) y para las distintas épocas considerando ambos años.....	79
Figura 61. Box plot de abundancia (izquierda), biovolumen (centro) y biovolumen relativo (derecha) de cianobacterias (superior) y diatomeas (inferior) para los distintos años	80
Figura 62. Cambio del uso del suelo de la laguna de Castillos en el período 1997 – 2015, determinado a partir de imágenes satelitales.	80
Figura 63. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Castillos por los principales usos del suelo de la cuenca.	81
Figura 64. Cargas anuales de NT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Catillos por los principales usos del suelo de la cuenca.....	82
Figura 65. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la temperatura (A), el pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad de la Laguna Garzón.....	83
Figura 66. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de turbidez (A), sólidos en suspensión (B) y materia orgánica (C) de la Laguna Garzón	84
Figura 67. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna Garzón.	85
Figura 68. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de Fósforo Reactivo Soluble (A) y Fósforo Total de la Laguna Garzón.....	85
Figura 69. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de clorofila a de la Laguna Garzón	86
Figura 70. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de Materia Orgánica (A), Fósforo total (B), Nitrógeno total y clorofila <i>a</i> del sedimento de la Laguna Garzón).....	87
Figura 71. Riqueza específica para cada uno de los sitios de muestreo de la Laguna Garzón ...	90
Figura 72. Abundancia (individuos m ⁻²) de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna Garzón.	91

Figura 73. A) Abundancias en ind.100m ⁻³ de misidáceos y B) abundancia de ictioplancton en ind.100m ⁻³ en Laguna Garzón.	92
Figura 74. Cambio del uso del suelo de la laguna Garzón en el período 1997 - 2015,	92
Figura 75. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Garzón por los principales usos del suelo de la cuenca.	93
Figura 76. Cargas anuales (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) de NT aportadas a la Laguna Garzón por los principales usos del suelo de la cuenca.....	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales características de la Laguna de Rocha.....	15
Tabla 2. Principales características de la Laguna de Castillos	17
Tabla 3. Principales características de la Laguna Garzón.....	18
Tabla 4. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha.....	22
Tabla 5. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Castillos.....	23
Tabla 6. Puntos de monitoreo de la Laguna Garzón	23
Tabla 7. Coeficientes de exportación de nutrientes	28
Tabla 8. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Rocha	33
Tabla 9. Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L) en la Laguna de Rocha.....	33
Tabla 10. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha.	35
Tabla 11. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha.....	36
Tabla 12. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha entre otoño de 2017 y primavera de 2018.	38
Tabla 13. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	50
Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del embalse del Arroyo La Palma.....	50
Tabla 15. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna de Rocha.....	51
Tabla 16. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Castillos.	57
Tabla 17. Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L) en la Laguna de Castillos	57
Tabla 18. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha en el período 2017 -2018o.....	59
Tabla 19. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos.	60
Tabla 20. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Castillos entre otoño de 2017 y primavera de 2018.	62
Tabla 21. .Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Castillosño	77

Tabla 22. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna de Castillos.	81
Tabla 23. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna Garzón.	86
Tabla 24. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón.	89
Tabla 25. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Garzón entre otoño de 2017 y primavera de 2018.	90
Tabla 26. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna Garzón.	93

Resumen

En la costa atlántica de Uruguay se ubica un sistema de lagunas costeras de agua salobre. Estas son sistemas someros que se conectan periódicamente con el océano a través de la apertura de un canal en la barra de arena que las separa del mar. Son sistemas muy destacados por su biodiversidad y de prioridad para la conservación a nivel nacional e internacional. Presentan además una elevada importancia social y económica, debido a que sustentan importantes servicios ecosistémicos, como ser las pesquerías artesanales continentales más destacadas de la costa y un ecoturismo creciente. 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, sumado a la apertura artificial de sus barras y a la construcción de infraestructuras rígidas sobre las mismas (puentes y viviendas).

Por este motivo, con el fin de realizar una gestión sustentable, el objetivo del presente informe es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas de Rocha, Castillos y Garzón, de los años 2017 y 2018 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 las Laguna de Rocha, Castillos y Garzón, 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 evalúan en las lagunas las comunidades biológicas como ser: el bentos, peces, íctioplancton y misidáceos. 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 se consideró el período de monitoreo comprendido entre enero 2017 y diciembre de 2018. Se tomaron muestras de agua (con frecuencia estacional) y de sedimentos de las lagunas (con frecuencia variable en función de la variable muestreada). Adicionalmente se evaluaron las comunidades bentónicas, íctioplancton, misidáceos y las especies de pesca artesanal. 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 las lagunas de Rocha, Castillos y Garzón se encuentran con buena calidad del agua y sedimentos, dado que si bien se registraron metales y agroquímicos, éstos se encontraron en su mayoría por debajo de los estándares permitidos, aunque aún para estas dos últimas variables se cuenta con pocos resultados. Por otro lado, si bien, las tres lagunas fueron clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de clorofila *a*, las concentraciones de nutrientes fueron relativamente elevadas. Estos resultados, junto con los indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica referidos en estudios específicos, sugieren que estos ecosistemas pueden volverse rápidamente eutróficos frente a un aumento en su carga de nutrientes. Respecto a las comunidades bentónicas, no se encontraron taxones indicadores de deterioro ambiental, y en cuanto a las especies de peces registradas, las mismas fueron representativas de la pesca artesanal. En cuanto a las zonas de mayor presión antropogénica, se identificaron a los arroyos 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, (no se cuenta con datos de los tributarios de la Laguna de Garzón). 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 en su costa atlántica un sistema de lagunas costeras de agua salobre compuesto por Laguna José Ignacio, Laguna Garzón, Laguna de Rocha y Laguna de Castillos. Estos son sistemas muy someros (profundidad media de 0.5 m) con la particularidad de que se conectan periódicamente con el océano a través de la apertura de un canal en la barra de arena que las separa del mar (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017, 2010). La acumulación de lluvias provoca el aumento de la profundidad de dichas lagunas y al alcanzar un determinado nivel se forma el canal por donde se descarga al mar el agua dulce acumulada. Posteriormente al descenso del nivel del agua y acompañado de vientos costeros se produce el ingreso de agua marina a las lagunas, provocando la mezcla de agua dulce y salada (Conde *et al.* 2002). Ese mecanismo natural permite eliminar contaminantes del sistema, además de que favorece el intercambio de organismos entre el mar y la laguna, lo que mantiene la calidad del agua (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017, 2010) y la alta productividad pesquera de estos sistemas (Fabiano & Santana 2006, Santana *et al.* 2018).

Este tipo de ecosistemas, se definen como lagunas obstruidas (Kjerfve 1994) y junto con su zona de inundación, se encuentran entre los ecosistemas más biodiversos y productivos del planeta (Knoppers 1994). Representan sitios de prioridad nacional e internacional para la conservación, debido a su alta diversidad de aves, singularidad de formaciones vegetales y por sus paisajes característicos. Además tienen gran importancia social, debido a que contribuyen al sustento de servicios ecosistémicos, como las pesquerías artesanales continentales, un creciente ecoturismo, junto con la atenuación del impacto del cambio climático, el control hidrológico, la generación y mantenimiento de suelos y el control de especies invasoras (Rodríguez-Gallego 2010). Por estas razones, estos sistemas integran la Reserva de Biosfera (Bañados del Este), son áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Laguna de Garzón y de Rocha, de Castillos se encuentra en proceso de ingreso) o departamentales y Sitios Ramsar (Laguna de Castillos y Laguna de Rocha).

Pese a la relevancia ambiental de estas lagunas, la calidad del agua está siendo afectada por diversas actividades en la cuenca, desde el aumento de la agricultura hasta los aportes urbanos en expansión, sumado a la apertura artificial de sus barras o la construcción de infraestructuras rígidas sobre las mismas (rutas, puentes y viviendas). En este sentido, diferentes estudios en estos sistemas muestran el aumento de los valores máximos de nutrientes, la proliferación de vegetación dentro del cuerpo de agua, así como la existencia de floraciones de cianobacterias (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). Por lo tanto, es fundamental hacer un monitoreo continuo de los principales indicadores de eutrofización en estas lagunas, tanto en agua (nutrientes totales y disueltos) como en sedimento (nutrientes totales).

Respecto a las cianobacterias, se han observado floraciones de especies potencialmente tóxicas, tanto en la Laguna de Rocha (Rodríguez-Gallego *et al.* 2008), como en la Laguna de Castillos (Perez *et al.* 1999, Fabre *et al.* 2013). En esta última, las floraciones han sido asociadas a mortandades de peces (Fabre *et al.* 2013), comprobándose toxicidad positiva para saxitoxina (neurotoxina), considerada uno de los venenos naturales más potentes (Faber 2012). En este sentido, las floraciones de cianobacterias pueden ocasionar perjuicios a los usuarios, afectando los diferentes usos del agua del sistema, como ser: toma de agua para potabilizar, recreación o el consumo de bivalvos, crustáceos y peces, debido a que estos pueden acumular toxinas en sus tejidos (Magalhães *et al.* 2003, Larson *et al.* 2014, Wood *et al.* 2014, Preece *et al.* 2017).

Asimismo, los procesos de eutrofización, pueden traer aparejados cambios en la composición de las comunidades biológicas. Por lo cual, es importante conocer las comunidades que típicamente habitan en estos sistemas, o al menos algunos de sus componentes, en particular aquellos que tengan relevancia como indicadores biológicos. En este sentido, considerando los antecedentes de estos ecosistemas costeros relacionados a floraciones de cianobacterias, es importante conocer la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica de las mismas.

Otra comunidad importante a determinar su composición es la bentónica. Esta comunidad constituye un componente sustancial en las lagunas costeras, debido a que ejerce un rol central en la alimentación de peces y aves (Van-der Zandel & Vandeboncoeur 2002), a la vez que participan activamente en el flujo de materia y energía entre los componentes del sistema (Wallace & Webster 1996). Adicionalmente, estos organismos son utilizados como indicadores de calidad ambiental, debido a que tienen baja movilidad, ciclos de vida medianamente largos y distribución cosmopolita.

Respecto a los bioindicadores los misidáceos son utilizados como un indicador biológico clave. Estos organismos son crustáceos componentes del zooplancton, que desempeñan un rol importante en las tramas tróficas “pesqueras” (Boschi 2016) ya que son presa fundamental de varios de los peces que se crían en estos ecosistemas (López Cazorla 1996, 2004), así como de aves (Schneider 1981) entre otros grupos zoológicos, además de ser buenos para la detección de toxicidad en estuarios (Brandt *et al.* 1993) entre otras aplicaciones. La medición y el seguimiento de la abundancia de estos organismos permite relevar la disponibilidad de alimento para las especies, además de conocer la situación en la que se encuentran estos sistemas como zona de cría. Otro grupo bioindicador importante es el ictioplancton, que se compone por estadios tempranos de peces (huevos y larvas).

Por este motivo, con el fin de realizar una gestión sustentable, el objetivo del presente informe es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas costeras del Uruguay de los años 2017 y 2018, buscando 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 las Laguna de Rocha, Castillos y Garzón, 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 evalúan en las lagunas las comunidades biológicas como ser: el bentos, peces, íctioplancton y misidáceos (pequeños crustáceos clave en la alimentación de peces).

Se evaluará además el cumplimiento de la normativa ambiental nacional, pero se considerará normativa internacional, y a modo de orientación, en aquellos casos donde se determinen valores cuantificables de sustancias contaminantes, pero no se cuente con estándares nacionales.

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). Mediante el monitoreo regular de estos cuerpos de agua y sus principales tributarios, se vigila y controla estos ecosistemas, optimizando recursos, tanto humanos como económicos. Adicionalmente, a largo plazo se pretende realizar una evaluación de los efectos ecológicos de las actividades humanas.

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 la laguna propiamente dicha, mientras la restante superficie corresponde a lomadas, llanuras, la franja costera y parte de la plataforma oceánica. Esta área fue designada también como área importante para la conservación de aves (IBA – Laguna de Rocha (UY019), e integra desde el 2015 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.

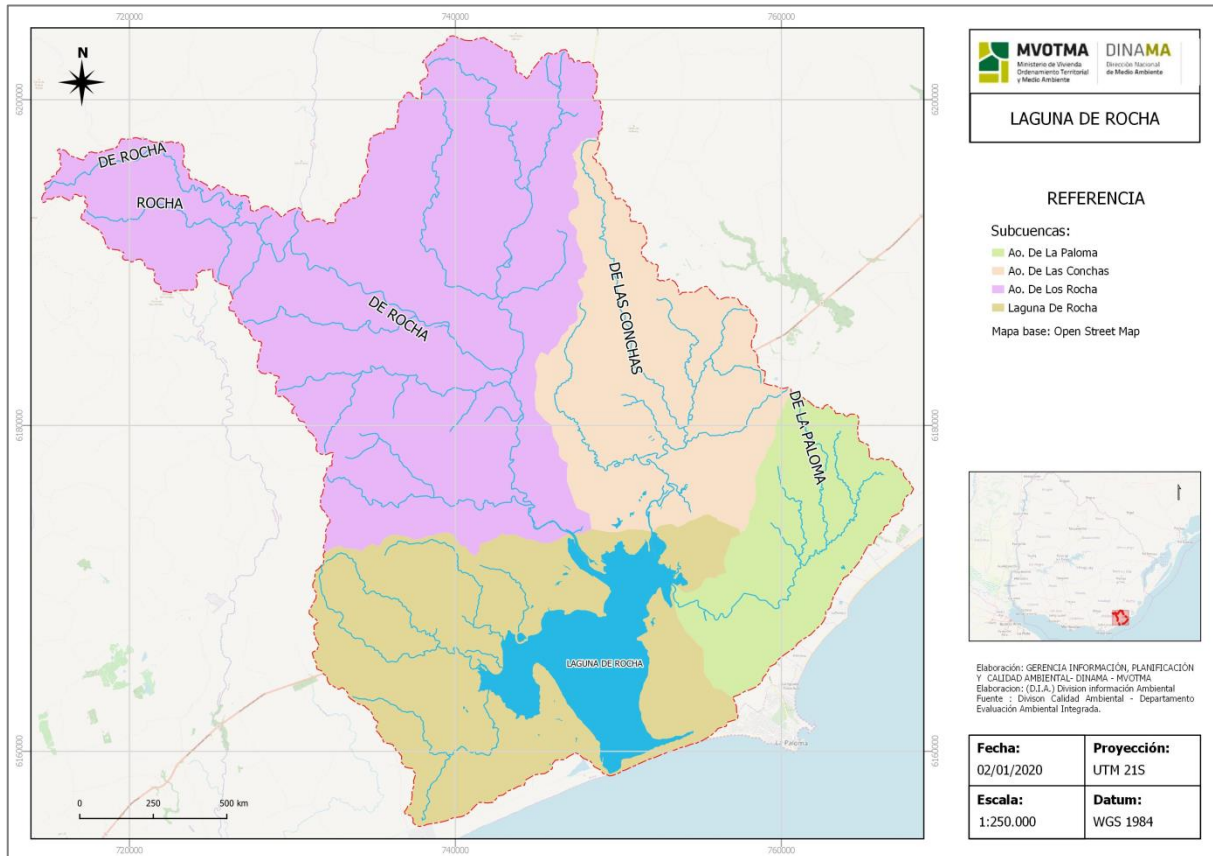


Figura 1. Cuenca de la Laguna de Rocha indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Los Noques (naranja), subcuenca Arroyo La Palma o La Palma (verde), subcuenca Arroyo Las Conchas (beige) y subcuenca Arroyo Rocha (violeta).

La Laguna de Rocha presenta una superficie de 73 km² y una profundidad media de 0.58 m, conectándose periódicamente con el mar a través de una barrera arenosa (Bonilla & Conde 2000) (abla 1). Esta se abre de forma natural, o artificial con fines económico-productivos (zafra camaronera, inundación de campos vecinos) (Rodríguez-Gallego *et al.* 2008, Conde *et al.* 2019). 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 *et al.* 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

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 residuales 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 proceso de cierre y traslado). 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 m³) del agua para la temporada (Ing. F. Recuero¹ 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. Recuero¹ 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 oeste), 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.

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. El área está en proceso de ingreso al SNAP.

En el área se desarrollan actividades económicas relacionadas principalmente con la ganadería, la pesca, el turismo, la forestación (Rivas *et al.* 2010) y más recientemente la plantación de olivos, 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.

¹ Jefe Técnico de OSE Rocha

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, Don Carlos
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

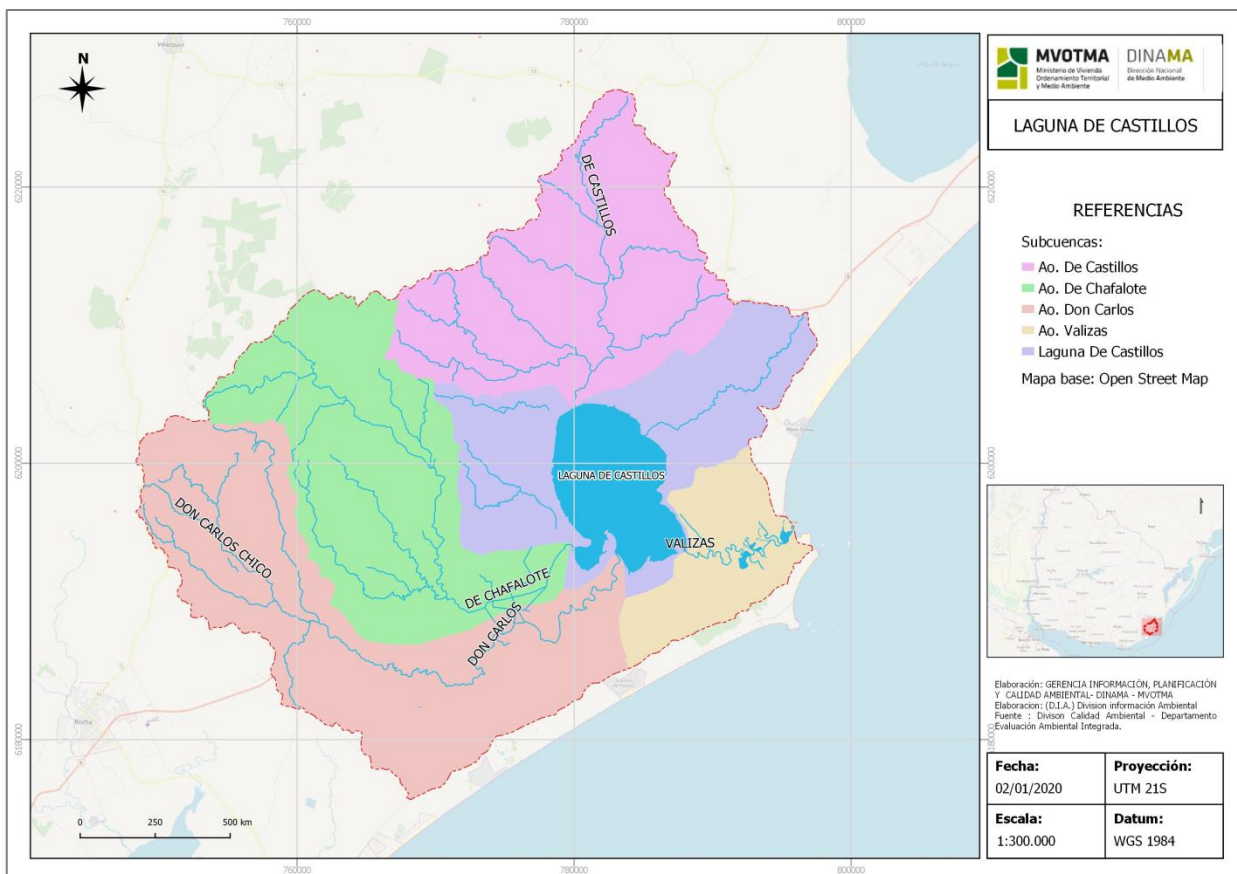


Figura 2. Cuenca de la Laguna de Castillos indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Don Carlos (naranja), subcuenca Arroyo Castillos (rosa), subcuenca Arroyo de Chafalote (verde) y subcuenca Valizas (beige).

Cuenca de la Laguna de Garzón

La Laguna Garzón (34°46'00"S 54°33'00"W), está ubicada en el límite entre los departamentos de Maldonado y Rocha. Presenta una cuenca hidrográfica que abarca una superficie de 560 km², cuyas principales características se describen descritas en la Tabla 3. Gracias a la alta conectividad que presenta con el Océano Atlántico, presenta un mosaico de ambientes singulares de elevado valor paisajístico, con una diversidad de ambientes representativos de la costa atlántica de nuestro país, con fuerte valor natural y patrimonial, así como la presencia de especies prioritarias para la conservación, tanto a nivel nacional como internacional. A su vez, es un Área de Importancia para las Aves (AIA), destacada para la conservación de las aves reconocida a nivel internacional. Por lo cual, desde el 2014 es parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en la categoría: "Área de manejo de hábitats y/o especies".

Las principales actividades económicas que se desarrollan en el área son la ganadería extensiva, la pesca, el turismo y la forestación, mientras que el uso urbano representa un pequeño porcentaje del área total (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Al igual que para las Lagunas de Rocha y Castillos, en esta cuenca tuvo lugar un cambio en el uso del suelo. Observándose en el 2005 una disminución del 8.9 % en las praderas y del 1.9 % del bosque nativo, aumentando la forestación en un 3.3% y la agricultura en un 4.6% (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Tabla 3. Principales características de la Laguna Garzón (modificado de Rodríguez-Gallego 2017).

Área de la laguna (ha)	1503
Área de la cuenca (ha)	56055
Profundidad media (m)	0.9
Principales tributarios	Arroyos Anastasio, de la Cruz, Garzón, de Moleras
Distancia a la costa (km)	0.1
Conexión con el océano	Alta periodicidad
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales periódicas
Asentamientos humanos	Pueblo Garzón, con influencia turística de Punta del Este y José Ignacio
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesquerías, turismo.

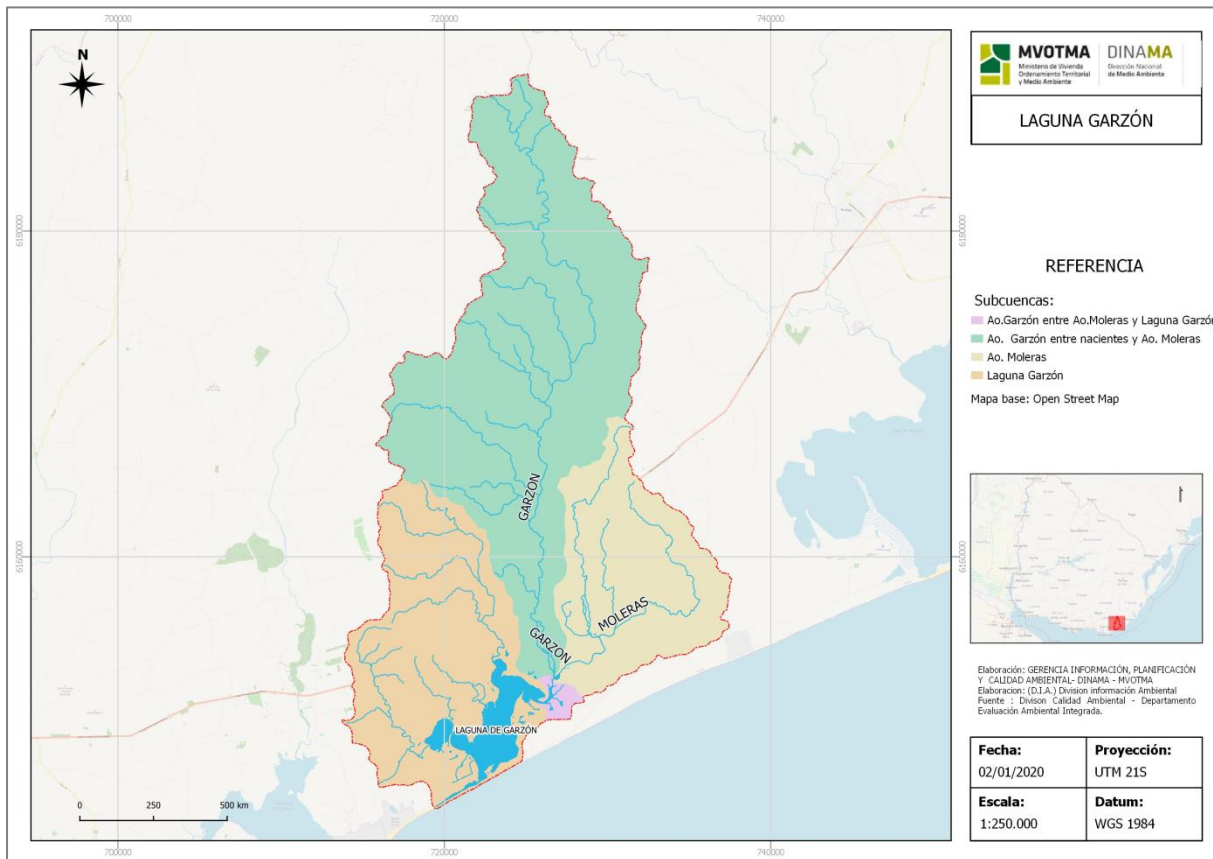


Figura 3. Cuenca de la Laguna Garzón indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca de la Laguna Garzón (naranja), subcuenca arroyo Garzón (verde), subcuenca arroyo de Moleras (beige) y subcuenca entre Arroyo Moleras y Laguna Garzón (rosa).

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 4, Anexo 2). Los equipos de campo utilizados, así como los análisis de laboratorio empleados por cada institución se detallan en el Anexo 3.

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

El período de estudio considerado estuvo comprendido entre enero 2017 y diciembre de 2018. La frecuencia e monitoreo es estacional, tanto para los arroyos como para las lagunas. Sin embargo debe tenerse en cuenta que al comienzo del Programa (año 2017) hubo un desfase y los monitoreos de los tributarios se iniciaron en otoño de ese año. El monitoreo de comunidades (ícticas y fitoplanctónicas), no se ha podido realizar hasta el momento, pero se presentan monitoreos de desembarque de peces de importancia comercial como información adicional (ver informe en Anexo 1).

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 los parámetros en los cuales no se contaba con normativa

nacional, se recurrió a normativa internacional (ejemplo: 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 el cuerpo de la Laguna de Rocha se seleccionaron tres estaciones de monitoreo (norte, centro y sur) (Figura 5, Tabla 4), en el cuerpo de la Laguna de Castillos cuatro (norte, centro, sur, y una estación en el bolsón del Chafalote) (Figura 5, Tabla 5), y en el cuerpo de la Laguna de Garzón tres (norte, centro, sur) (Figura 7, Tabla 6).



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

Tabla 4. 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	Arroyo Tres Afluentes, bajo ruta 9.	34°37'07.2"S. 54°23'38.4"W



Figura 6 . Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Castillos.

Tabla 5. 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

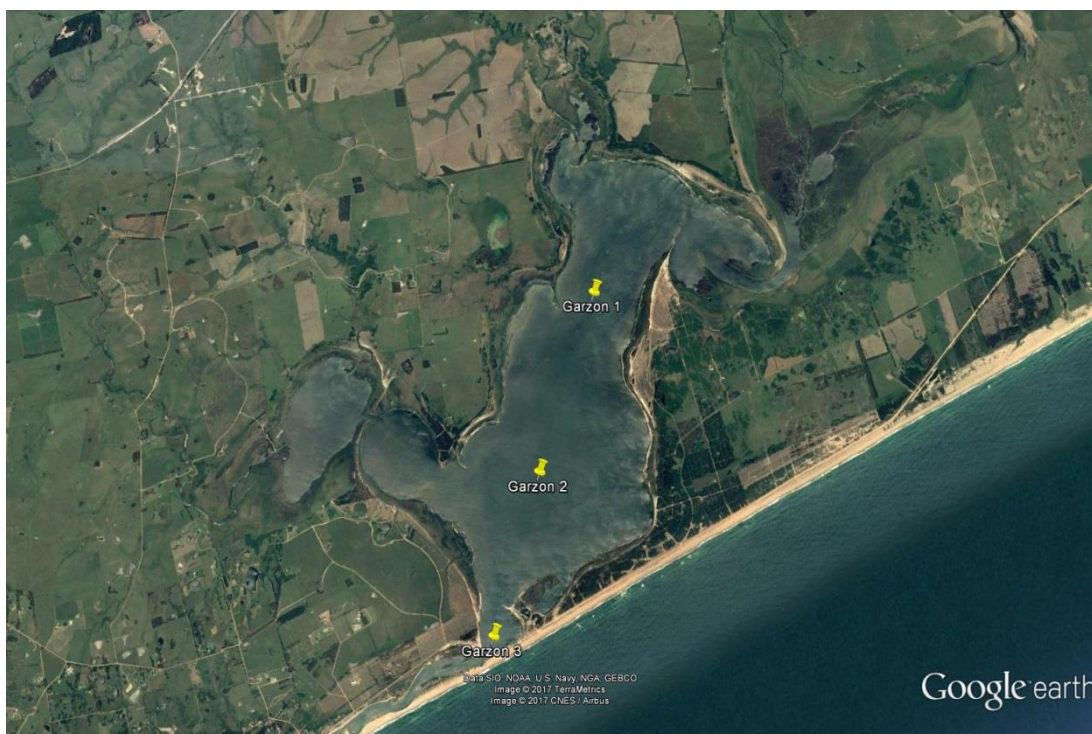


Figura 7. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna Garzón.

Tabla 6. Puntos de monitoreo de la Laguna Garzón

Puntos	Observaciones	Coordenadas
G1	Punto al norte de la laguna	34°45'39.87"S, 54°33'26.52"W
G2	Punto central laguna	34°46'57.45"S, 54°33'54.76"W
G3	Punto sur de la laguna (antes del puente)	34°48'6.43"S, 54°34'17.70"W

2.1.1 Matriz agua

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

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 (mg N/L), nitrito (mg N/L), amonio (mg N/L), nitrógeno total (mg N/L), ortofosfato ($\mu\text{g P/L}$), fósforo total ($\mu\text{g P/L}$), demanda bioquímica de oxígeno (mg O_2/L), clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$), 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. A su vez, fueron señalados en los gráficos, los estándares de calidad ambiental (Decreto 253/79), en caso no se contaba con normativa nacional en primer lugar se utilizó la propuesta de modificación del decreto 253/79 (GESTA-AGUA), y la propuesta de valores objetivo ambiental de la Mesa Técnica del Agua (MVOTMA 2017).

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 2017). Los resultados de estos análisis fueron presentados como tablas.

Parámetros biológicos

Fitoplancton

Se tomaron muestras de agua subsuperficial para análisis de composición y abundancia de fitoplancton (riqueza, morfología y biovolumen) en el arroyo Valizas. Para el análisis cualitativo (identificación de especies) se realizaron arrastres con red de 25 μm , donde las muestras fueron fijadas con formol al 4%. Las muestras de fitoplancton para el análisis cuantitativo se fijaron con Lugol ácido (Thronsdén, 1978) y

se analizaron mediante el procedimiento de Üthermol (1958). Para este informe se consideraron los muestreos en las semanas correspondientes a los muestreos estacionales llevados a cabo por el CURE.

Misidáceos e Ictioplancton

Las muestras fueron colectadas realizando arrastres con una rastra de 500 μm . La rastra tiene una boca de 0.37 m x 0.4 m y se desliza a 0.15 m del fondo de la laguna apoyada sobre unos patines deslizantes (tipo trineo), la cual se arrastra con el bote. A la red se les agregó un flujómetro para obtener el volumen de agua filtrada y así estimar la abundancia de organismos. Las muestras fueron fijadas en formaldehído al 4% para su posterior procesamiento y análisis en el laboratorio de microscopía óptica del CURE, sede Rocha.

Para este caso, se trabajó a nivel de grupos taxonómicos previamente fijados, estos fueron: íctioplancton (suma de huevos y larvas de peces) y misidáceos. Las abundancias fueron estandarizadas en 100m^{-3} y se presentan como gráficos de barras.

2.1.2 Matriz sedimento

Parámetros físicos y químicos

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.

Parámetros biológicos, metales y agroquímicos

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 Laboratorio de DINAMA, donde se 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.

Comunidad bentónica

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 al 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 con gráficos de barras en cada una de las lagunas. Y para cada punto dentro de las lagunas se realizó un estimativo de abundancia de individuos/m².

2.2 Monitoreo de arroyos tributarios de las lagunas

En la cuenca de la Laguna de Rocha se monitorearon 4 tributarios (Figura 5, Tabla 4): el arroyo Las Conchas (en 1 punto), el arroyo La Palma (en 4 puntos), el arroyo Rocha (en 2 puntos) y un tributario denominado “Arroyo Tres afluentes” (en 1 punto). En la cuenca de la Laguna de Castillos se monitorearon 6 tributarios (figura X, Tabla X): Arroyo Valizas, Cañada de los Olivera, Arroyo Castillos, Arroyo Sarandí del Consejo, Arroyo Chafalote y Arroyo Don Carlos. En la cuenca de la Laguna Garzón para éste período no se realizó monitoreo de tributarios.

2.2.1 Matriz agua

Parámetros físicos, químicos y biológicos

Las variables registradas in situ fueron las siguientes: temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (mg/L), % de saturación de oxígeno (%), conductividad (μS/cm), salinidad (UPS) y turbidez (NTU). Se tomaron muestras de agua para posteriormente analizar en laboratorio: nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), amonio (NH₄), nitrógeno total (NT), fosfato (PO₄), fósforo total (PT), DBO₅, clorofila *a* (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 Matriz sedimento

Parámetros físicos, químicos y agroquímicos en sedimento (Embalse del Aº La Palma)

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

2.3 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo

2.3.1 Determinación de áreas de usos del suelo

Para los años 1997 y 2005, se utilizaron las áreas de los diferentes usos determinadas por Rodríguez-Gallego (2010). Para el año 2015, las áreas de los diferentes usos del suelo se calcularon utilizando la metodología del proyecto Land Cover (DINOT – FAO, 2011).

2.3.2 Estimación de cargas de nitrógeno y fósforo:

Para la estimación de cargas de nitrógeno y fósforo de las diferentes subcuencas presentes en las cuencas de las lagunas de Rocha, Castillos y Garzón se utilizó el método de los coeficientes de exportación (Perdomo (2013) y Rodríguez-Gallego (2010)).

Metodología: La cantidad de carga de un nutriente (ejemplo: fósforo) que llega a un curso de agua, desde determinado uso del suelo radicado en la cuenca, es igual al producto de la cantidad de hectáreas (afectadas por ese uso determinado) por un coeficiente de exportación calculado de forma empírica para ese uso en concreto. De la sumatoria de todas estas multiplicaciones realizadas para todos los usos de suelo por sus correspondientes coeficientes de exportación, se obtiene la carga total de ese nutriente, aportada a determinada cuenca en cuestión.

Los coeficientes de exportación utilizados (Tabla 7) fueron tomados de Perdomo (2013) y Rodríguez-Gallego (2010). La superficie de cada uso de suelo para los años 1997 y 2005 fue tomada de Rodríguez-Gallego (2010), mientras que para el año 2015 fue provista por la División de Información Ambiental de DINAMA a partir de imágenes satelitales Landsat.

Tabla 7. Coeficientes de exportación de nutrientes, valores más probables para Uruguay, tomados de Perdomo (2013) y Rodríguez-Gallego (2010).

Uso de Suelo/Clase	NT (kg/ha/año)	PT (kg/ha/año)	Referencias
Campo natural	1.3	0.24	Adaptado de Drewry et al. (2006)
Cultivos	15.4	4.11	Marston et al. (1995)
Monte nativo	0.44	0.01	U.S. EPA (2002)
Forestación	1.85	0.29	Barreto, P. (2008)
Suelo desnudo	3.20	1.10	Jones et al. (1985) en Marston et al. (1995)
Urbano	9.97	0.24	Lin, J.P. (2004) tomado de U.S. Army Corps of Engineers.
Frutales	4.50	0.22	Wood, G. (1998)

Adicionalmente, al no disponer de algunos coeficientes de exportación aplicables a los usos de suelo nacionales, se realizaron algunos supuestos en la asignación de determinados coeficientes de exportación, los cuales se detallan a continuación:

- Al no poderse diferenciar entre cultivos de invierno y de verano, se asumió a todos los cultivos como de verano, ya que estos son los que más frecuentemente se realizan en el país (ej: soja).
- Al no contarse con coeficientes de exportación para las categorías “arbustos” y “áreas naturalmente inundadas” se las asimiló al coeficiente de exportación “monte nativo”, debido a la similitud de sus ciclos biogeoquímicos para los tres nutrientes estudiados.
- Al no poderse diferenciar entre cultivos y praderas (cultivos forrajeros, praderas artificiales, etc.) , se utilizó uno u otro coeficiente dependiendo del uso predominante en la zona.
- Por no contarse con un coeficiente de exportación para “áreas urbanas dispersas” se las asimiló con “herbáceo natural” (campo natural) por la similitud de sus ciclos biogeoquímicos.
- Por no tenerse coeficientes de exportación para el uso “equipamiento urbano” se lo asimiló a “uso urbano” por considerarse que era el coeficiente que mejor reflejaba este uso.

Es importante destacar que en relación a los tambos, los aportes de los efluentes de la sala de espera y la sala de ordeño, se consideraron como aportes puntuales o sea que no entran en este cálculo. El aporte vía estiércol y los aportes de las praderas naturales, artificiales y cultivos forrajeros si están dentro del cálculo de aportes difusos, según los usos de suelo correspondientes. Lo mismo ocurre para los establecimientos de engorde a corral o feedlots, donde los efluentes directos de las instalaciones de engorde son considerados fuentes puntuales, pero se incluyen los cultivos forrajeros y praderas artificiales utilizados para la alimentación de estos animales como fuentes difusas.

3 Resultados

3.1 Cuenca de la Laguna de Rocha

3.1.1 Calidad del agua: Laguna de Rocha

La **temperatura** del agua en la Laguna de Rocha presentó valores entre 9.3 y 28.4 °C, registrándose los máximos en verano y los mínimos en invierno. El valor promedio para el período estudiado fue de 18.8 ± 4.95 °C (Figura 8A). La zona norte presentó valores algo más elevados que los otros dos sitios muestreados. El **pH** varió entre 6.64 y 8.65 (Figura 8B), superando en una ocasión el nivel establecido por el Decreto 253/79 (6.5-8.5). El valor promedio para el período estudiado fue de 7.64 ± 0.52 .

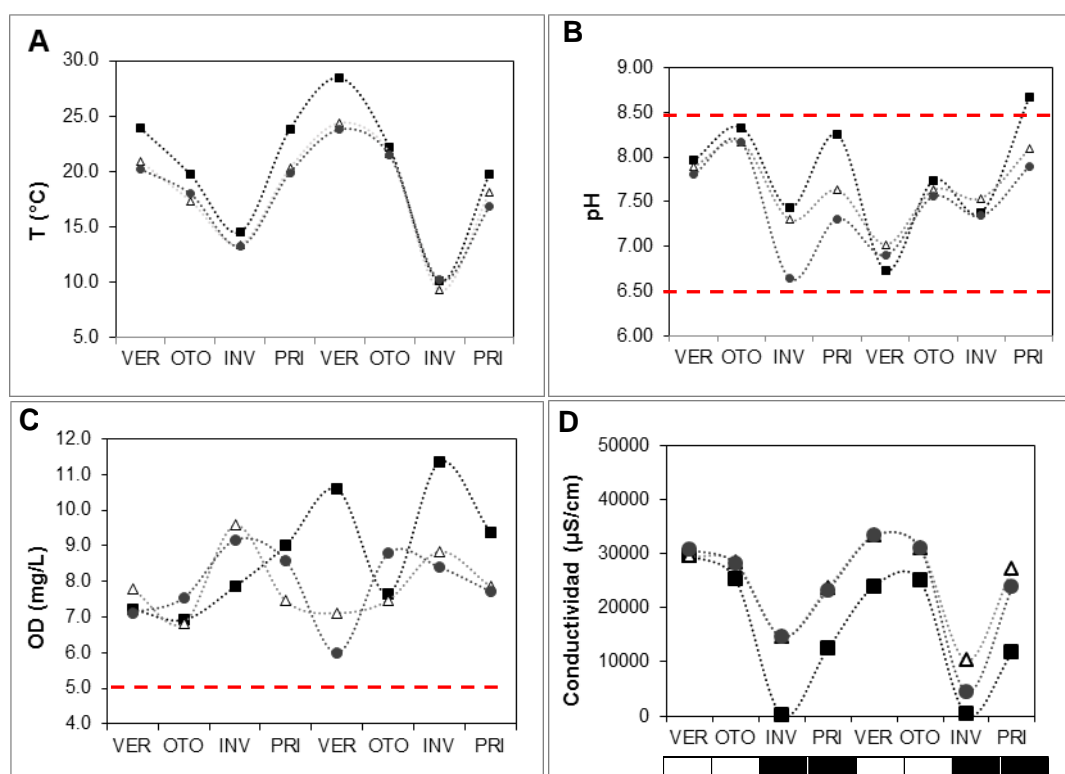


Figura 8. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la temperatura (A), el pH (B), el oxígeno disuelto (C) y la conductividad (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta un esquema del estado de la barra (blanco = barra cerrada, negro = barra abierta). La línea roja entrecortada indica los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) y oxígeno disuelto (≥ 5 mg O_2/L) según el Decreto 253/79.

El **oxígeno disuelto** presentó una variación entre 5.99 y 11.34 mg/L, con un promedio de 8.17 ± 1.24 , cumpliendo con el estándar establecido por el Decreto 253/79 (Figura 8C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio para el período fue de 96.8%. La **conductividad** presentó valores entre 198 y 33300 $\mu S/cm$. Los valores menores se observaron en invierno y en segundo lugar en primavera para

toda la laguna y en general en la zona norte, coincidiendo con periodos **barra** abierta (descarga de agua dulce). Por el contrario los mayores valores se registraron durante los muestreos de verano y otoño cuando la barra estaba cerrada (Figura 8D). El promedio de éste parámetro para el período estudiado fue de $21521 \pm 10293 \mu\text{S/cm}$ (Figura 8D).

La **turbidez** registró valores en el rango de 0 a 132 UNT, con un promedio de 46.0 ± 41.4 UNT. Los valores más elevados se observaron en centro y norte de la laguna (Figura 9A). El estándar establecido por el Decreto 253/79 (máx 50 UNT) fue superado en varias ocasiones.

Los **sólidos totales (SST)** en suspensión mostraron un perfil similar a turbidez, con una variación entre 8.2 y 205.7 mg/L, un promedio para el período de estudio de 56.7 ± 49.2 mg/L (Figura 9 B).

La **materia orgánica** de los sólidos en suspensión varió entre 1.7 y 42.9 mg/L, correspondiendo el valor máximo a la zona norte en verano de 2017. El valor promedio para toda la laguna y durante el período estudiado fue de 9.3 ± 8.5 mg/L (Figura 9 C).

El **amonio (NH_4)** presentó un rango de variación entre valores menores al límite de detección (<0.010 mg N/L) y 0.369 mg N/L, presentando su máximo de concentración en punto de monitoreo central en otoño de 2017 y un valor promedio para toda la laguna de 0.068 ± 0.088 mg N/L (Figura 10A). Los valores de **nitrito (NO_2)** variaron entre 0.001 mg N /L y 0.014 mg N /L, con un promedio para toda la laguna de 0.0028 ± 0.0033 mg N/L (Figura 10B). El **nitrato (NO_3)** fluctuó entre valores por debajo del límite de detección (<0.010 mg N/L) y 0.15 mg N/L, siendo el promedio para toda la laguna de 0.033 ± 0.045 mg N/L (Figura 10C). Cabe destacar que las concentraciones más altas se registraron en invierno para los tres sitios de monitoreo.

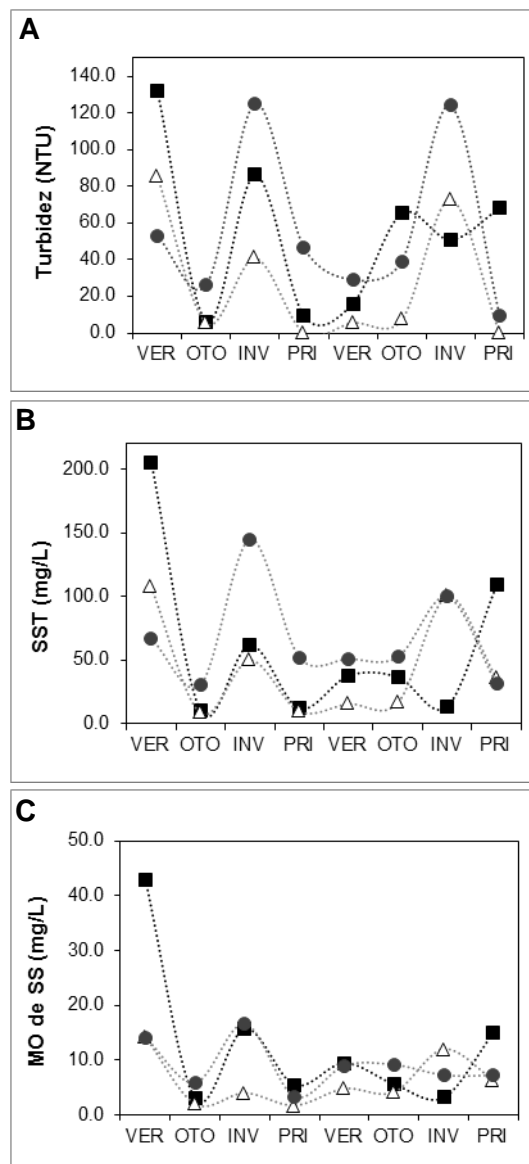


Figura 9. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la Turbidez (A), los sólidos en suspensión (SST) (B) y materia orgánica (MO) (C) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el valor estándar de turbidez (50 UNT) según el Decreto .253/79.

Para las tres formas disueltas de nitrógeno se observa un aumento de la concentración en invierno en todas las estaciones de monitoreo. La concentración de **nitrógeno total (NT)** varió entre 0.15 y 1.28 mg N/L. Los valores más altos de este nutriente se observaron en las estaciones norte y centro de la laguna en invierno de 2017. Si bien existe variabilidad, parece haber una reducción de la concentración de **NT** a lo largo del período estudiado. El valor promedio para toda la laguna en ese período fue de 0.61 ± 0.30 mg N/L (Figura 10D).

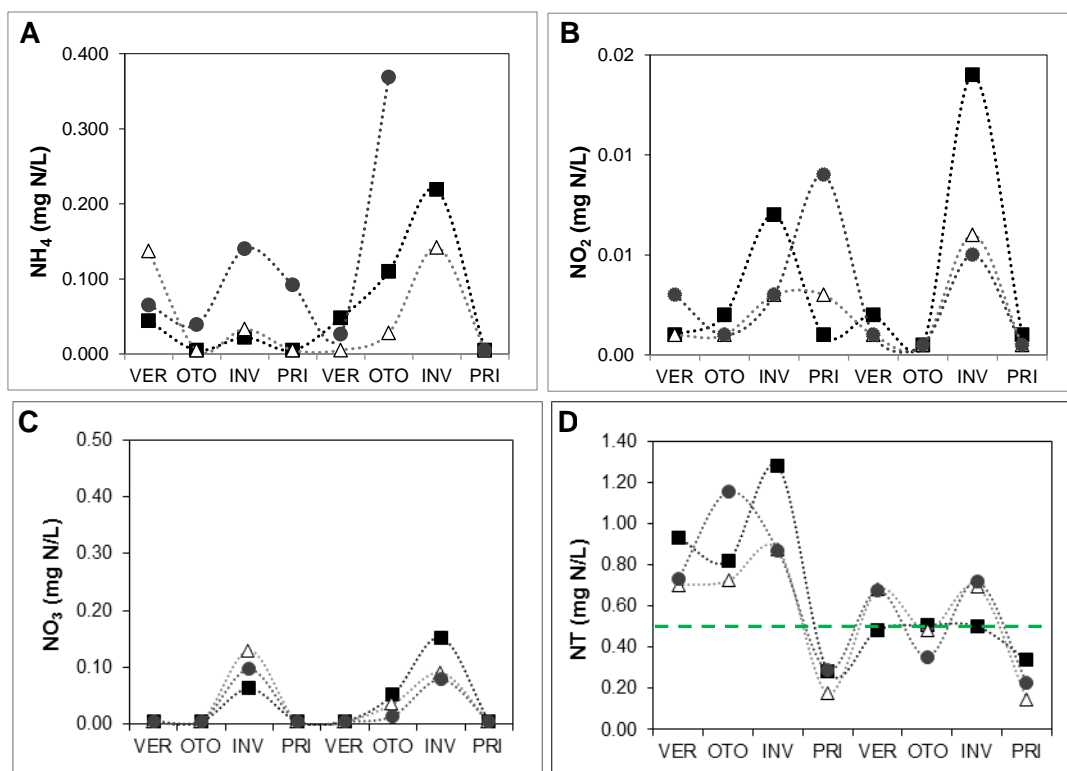


Figura 10. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de amonio (NH_4) (A), nitrito (NO_2) (B), nitrato (NO_3) (C) y nitrógeno total (NT) (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017).

La concentración de **ortofósforo (PO_4)** varió entre valores menores al límite de detección (LD: $10 \mu\text{g P/L}$) y $95.7 \mu\text{g P/L}$, con un promedio para toda la laguna durante todo el periodo de $37.8 \pm 19.9 \mu\text{g P/L}$, presentándose los máximos de concentración en la zona norte tanto para 2017 como para 2018 (Figura 10A). El **fósforo total (PT)** varió entre 35.78 y $175.0 \mu\text{g P/L}$, con un promedio para toda la laguna de $98.6 \pm 41.9 \mu\text{g P/L}$, registrándose los valores mínimos de concentración en primavera de 2017 (estaciones norte y sur) y 2018 (estaciones centro y sur). Todos los valores superaron el estándar admitido por la normativa vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$) (Figura 10B). En general las mayores concentraciones de fósforo total se encontraron en centro y/o norte de la laguna.

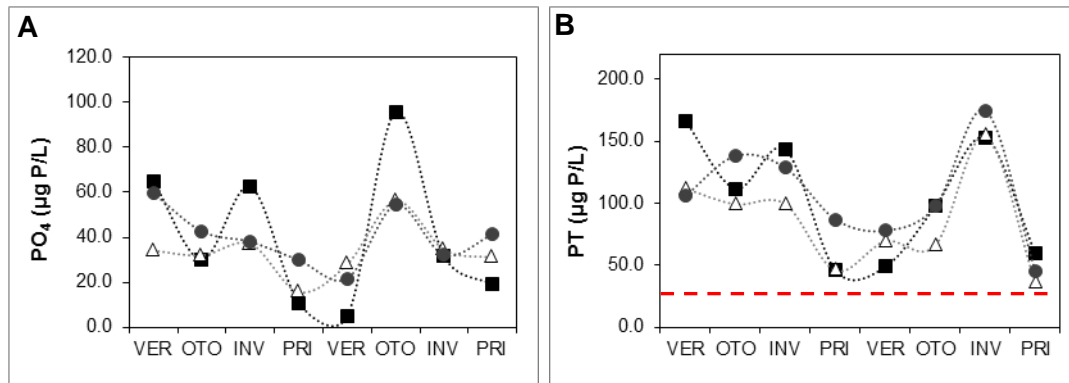


Figura 11. Variación espacial y estacional de la concentración (2017 – 2018) de fósforo reactivo soluble (PRS) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Rocha durante los años 2017 – 2018. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el estándar de fosforo total (25µg P/L) según el Decreto 253/79.

Los valores de biomasa de fitoplancton estimada como la concentración de **clorofila a** del agua variaron entre 1.0 y 12.2 ug/L, el máximo valor fue registrado en la zona norte durante el verano de 2017. El valor promedio para toda la laguna durante el período estudiado fue de 4.0 ± 2.5 ug/L (Figura 12).

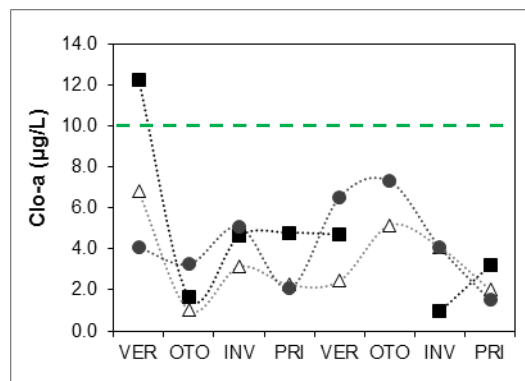


Figura 12. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la clorofila a (Clo a) de la Laguna de Rocha para el período 2017- 2018. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua ($\leq 10\mu\text{g/L}$).

Los **coliformes termotolerantes** presentaron valores de concentración de entre <5.0 y 2400 UFC/100ml (Tabla 8). Los máximos coinciden con los muestreos de invierno y son más elevados en la estación Norte (R1), la cual es la más urbana de la laguna. Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml), a excepción de la muestra del norte tomada en invierno de 2017.

Tabla 8. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Rocha registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Norte	Centro	Sur
2017	Verano	5	<5	<5
	Otoño	5	<5	<5
	Invierno	2400	30	20
	Primavera	5	<5	<5
2018	Verano	10	<5	<5
	Otoño	60	<5	<5
	Invierno	900	650	700
	Primavera	5	<5	<5

La **demanda bioquímica de oxígeno** (DBO₅) presentó valores entre <2 y 4 mg O₂/L. Todos los datos fueron menores al límite establecido por el Decreto 253/79 (10 mg O₂/L) (Tabla 9).

Tabla 9. Demanda bioquímica de oxígeno (mg O₂/L) en la Laguna de Rocha registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Norte	Centro	Sur
2017	Otoño	2	2	2
	Invierno	3	2	<2
	Primavera	2	<2	<2
	Verano	2	3	4
2018	Otoño	3	2	2
	Invierno	<2	<2	2
	Primavera	8	8	8

3.1.2 Calidad de sedimentos: Laguna de Rocha

La concentración de **materia orgánica** en sedimento osciló entre 2.5 y 87.2 mg/g de peso seco, con un promedio para toda la laguna y durante el período de estudio de 32.1 ± 26.1 mg/g PS. En general los valores máximos se observaron en la zona centro (R3) y los mínimos en el sur de la laguna (R2) (Figura 13A). La biomasa de fitobentos estimada como la concentración de **clorofila a** en sedimento presentó un rango de valores entre 4.3 y 86.0 mg/Kg. Los valores más elevados fueron registrados en el norte (R1) en verano y otoño de 2018, y en el sur (R2) en verano de 2017. El valor promedio para toda la laguna fue de 20.9 ± 21.8 mg/Kg (Figura 13B).

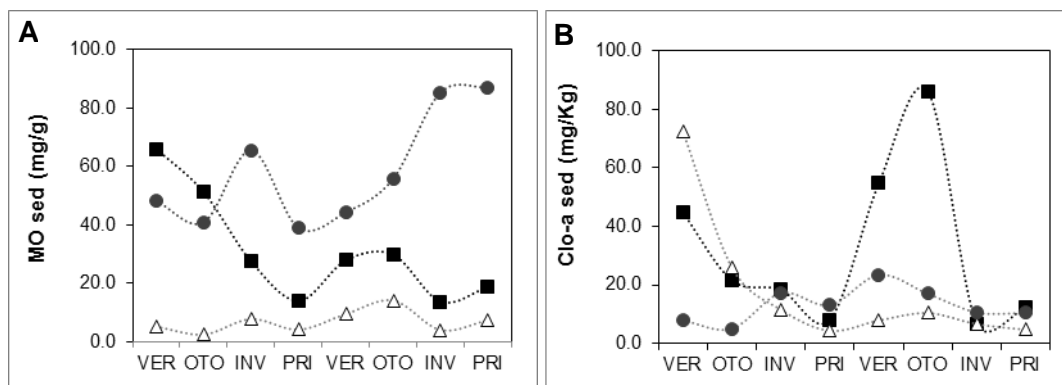


Figura 13. Variación espacial y estacional de la concentración (2017 – 2018) de materia orgánica (MO) y clorofila *a* del sedimento de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo).

Los valores de concentración del **nitrógeno total del sedimento** fluctuaron entre valores menores al límite de detección analítica (LD: 50 mg/Kg) en el sur (R2) y los 654.0 mg/Kg en el norte (R1), con un promedio de 138.2 ± 156.8 mg/Kg para toda la laguna (Figura 14A). La concentración de **fósforo total** en el sedimento presentó un rango de variación entre 14.8 mg/Kg (R3) y 262.5 mg/Kg, siendo mayores en la estación Norte y Centro (Figura 14B). El promedio para toda la laguna en el período estudiado fue de 107.8 ± 66.7 mg/Kg.

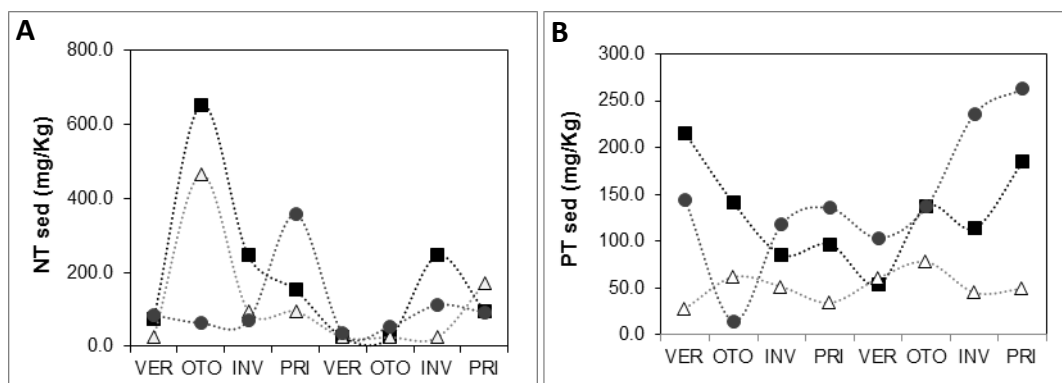


Figura 14. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la concentración de fósforo total (PT) y nitrógeno total (NT) del sedimento de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo).

Respecto a los metales analizados (Tabla 10), si bien se obtuvieron valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, éstos están muy por debajo de los valores indicados en los estándares ambientales internacionales, como las guías canadienses (Cr: 37.3 mg/kg, Cu: 35.7 mg/kg, Hg: 0.17 mg/kg).

Todas las concentraciones determinadas para los agroquímicos (Tabla 10), a excepción de los clorpirifos, estuvieron por debajo de los límites analíticos. Clorpirifos presentó valores cuantificables en el verano del 2018, en la estación centro (R3) y sur (R2) de la laguna. Sin embargo, no pudo ser evaluado ya que no se cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles.

Tabla 10. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha en el período 2017 -2018. NA: no aplica; el (-): corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Primavera 2017			Verano 2018					Primavera 2018				
	Norte	LD	LC	Norte	Sur	Centro	LD	LC	Norte	Sur	Centro	LD	LC
As mg/Kg	<LD	5	10	<5	<5	<10	5	10	<5	<5	<10	5	10
Cd mg/Kg	<LD	1	2.5	<LD	<LD	<LD	0.2	1	<LD	<LD	<LD	0.2	1
Cu mg/Kg	<LC	2	5	3.5	<LC	10	0.4	2	4,3	<LC	12	0.4	2
Cr mg/Kg	<LD	0.05	0.28	5.7	2,5	15	1	3	5,2	<LC	<LC	1	3
Hg mg/Kg	<LD	0.1	0.25	0.016	<LC	0.028	-	-	0.018	<LC	0.056	0.004	0.02
Pb mg/Kg	<LD	8	15	<LD	<LD	<LC	2	7	<LD	<LD	<LC	2	7
Glifosato mg/Kg	<LC	0,40	1,00	<LD	<LD	<LD	0,12	0.3	<LD	<LD	<LC	0,09	0,23
Aldrin µg/Kg	-			<LD	<LD	<LD	0.1		-	-	-		
Dieldrin µg/Kg	-			<LD	<LD	0,35	0.1		-	-	-		
Endrin µg/Kg	-			<LD	<LD	<LD	0.1		-	-	-		
p,p'DDD µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.08		-	-	-		
p,p'DDE µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	0,11	0.09		-	-	-		
p,p'DDT µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.09		-	-	-		
o,p DDD µg/g	-			<LD	<LD	<LD	0.11		-	-	-		
o,p DDE µg/g	-			<LD	<LD	<LD	0.1		-	-	-		
o,p DDT µg/g	-			<LD	<LD	<LD	0.09		-	-	-		
EndosulfanAlfa µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.09		<LD	<LD	<LD	0,08	
EndosulfanBeta µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.09		<LD	<LD	<LD	0,05	
Endosulfansulfato µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.11		<LD	<LD	<LD	0,09	
Heptacloro µg/Kg	-			<LD	<LD	<LD	0.1		-	-	-		
Heptacloroepoxido µg/Kg	-			<LD	<LD	<LD	0.1		-	-	-		
Metoxicloro µg/Kg	-			<LD	<LD	<LD	0.12		-	-	-		
Lindano µg/Kg	-								-	-	-		
Cipermetrina µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.2		<LC	<LC	<LC	N/A	0.5
Atrazina µg/Kg	0,1	N/A		<LD	<LD	<LD	3.1		-	-	-		
Clorpirifos µg/Kg	0.2	0,1		<LD	0,15	0,24	0.09		<LC	<LC	<LC	N/A	0.1
Malation µg/Kg	<LD	0,1		<LD	<LD	<LD	0.13		<LD	<LD	<LD	0.1	

Los compuestos **Bifenilos policlorados (PCB)** indicadores, al igual que los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)** fueron analizados únicamente en el verano del 2017. Los **PCBs indicadores** a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg). El PCB 028 presentó un valor de 0.2 ug/kg para las tres estaciones de monitoreo (Tabla 11). Respecto a los **PAHs** si bien algunos registraron valores cuantificables, ninguno de éstos supera los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014) (Tabla 11).

Tabla 11. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha en el verano 2018. Límite de detección analítico (LD) de PAHs: 1 µg/kg. *En el caso de los PAHs totales, no existe normativa nacional por lo cual se utilizó el estándar de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Límite de detección analítico (LD) de PCBs: 0.1 µg/kg.

Parámetro	R1	R2	R3	Estándar GESTA-AGUA
Naftaleno (µg/kg)	6	6	6	34.6
Acenaphileno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	5.87
Acenaftaleno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	6.71
Fluoreno (µg/kg)	2	2	2	21.2
Fenantreno (µg/kg)	7	7	8	41.9
Antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	46.9
Fluorantreno (µg/kg)	2	2	4	111
Pireno (µg/kg)	2	2	3	53
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	1	31.7
Criseno (µg/kg)	<LD	<LD	1	57.1
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	<LD	<LD	3	-
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	-
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<LD	<LD	2	-
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	6.22
Benzo(ghi)pireleno (µg/kg)	<LD	<LD	3	-
PAHS Totales (µg/kg)	30	30	39	22800*
PCB 28	0.2	0.2	0.2	-
PCB 52	<LD	<LD	<LD	-
PCB 101	<LD	<LD	<LD	-
PCB 105	<LD	<LD	<LD	-
PCB 118	<LD	<LD	<LD	-
PCB 138	<LD	<LD	<LD	-
PCB 153	<LD	<LD	<LD	-

3.1.3 Parámetros biológicos: Laguna de Rocha

Comunidad bentónica

En la Laguna de Rocha se identificaron 25 taxa, de los cuales 13 fueron clasificados a nivel de especie, uno a nivel de género, tres a nivel de familia, siete a nivel de superfamilia y uno a nivel de clase (Tabla 12). A lo largo del período muestreado, los puntos de monitoreo usualmente presentaron una riqueza específica superior a 9 taxa, siendo el punto más diverso la estación Sur, con una riqueza que alcanzó los 16 taxa hacia el verano de 2018 (Figura 15). La clase con mayor abundancia en todas las estaciones de muestreo, independientemente de la estación del año, fueron los Gastropoda, seguidos de Malacostraca, Polychaeta y Bivalvia (Figura 16). No se apreció una relación clara entre el estado de la barra, o de la salinidad del agua y la riqueza o abundancia del bentos.

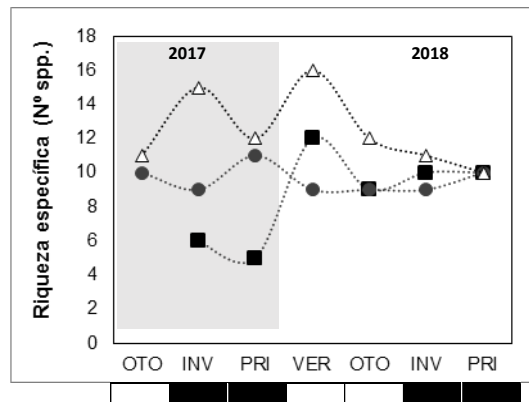


Figura 15. Riqueza específica de bentos para cada uno de los sitios de muestreo en Laguna de Rocha a lo largo del período de monitoreo. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo). En la parte inferior del gráfico se presenta un esquema del estado de la barra (blanco = barra cerrada, negro = barra abierta).

Tabla 12. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha entre otoño de 2017 y primavera de 2018.

Phylum	Clase	Superfamilia	Familia	Genero	Especie
Mollusca	Gastropoda		Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>
			Pyramidellidae	Indeterminado	
	Bivalvia		Corbulidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>
			Solecurtidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>
			Mactridae	<i>Mactra</i>	<i>Mactra isabelleana</i>
Annelida	Polychaeta		Mytilidae	<i>Mytella</i>	<i>Mytella charruana</i>
			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</i> <i>Pandoensis</i>
		Sabellidae	Indeterminado		
	Hirudinea		Indeterminada		
Arthropoda	Ostracoda		Cypridae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus</i> <i>improvisus</i>
	Malacostraca		Sphaeromatidae	Indeterminado	<i>Cassinidea</i> <i>Fluminensis</i>
					<i>Cyrtograpsus</i> <i>Altimanus</i> <i>Cyrtograpsus</i> <i>Angulatus</i>
			Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	
Briozoa	Gymnolaemata	Membraniporidae			Del sp.1 al sp. 6
				Tanaididae	<i>Sinelobus</i>

Considerando los puntos de muestreo por separado (Figura 16), se observa un patrón similar al de la laguna en su conjunto, donde los Gastropoda (principalmente *Heleobia* aff. *australis*) son el grupo más abundante, llegando a densidades de 94.440 individuos/m² (primavera 2018 punto sur). La excepción se observó en otoño e invierno de 2018 en el punto norte, donde el fondo quedó cubierto por una capa de algunos centímetros de algas gelatinosas bentónicas propiciando el establecimiento del crustáceo tanaíáceo *Sinelobus stanfordi* (ver clase Malacostraca en Figura 16A), con densidades de más de 13.000 individuos/m². La densidad de *H. australis* fue considerablemente menor en la zona norte, con una abundancia más estable a lo largo del año, mientras que en la estación sur se registraron las máximas abundancias pero con una fluctuación de abundancia muy destacadas. La zona centro presentó un patrón intermedio entre las otras dos estaciones (Figura 17).

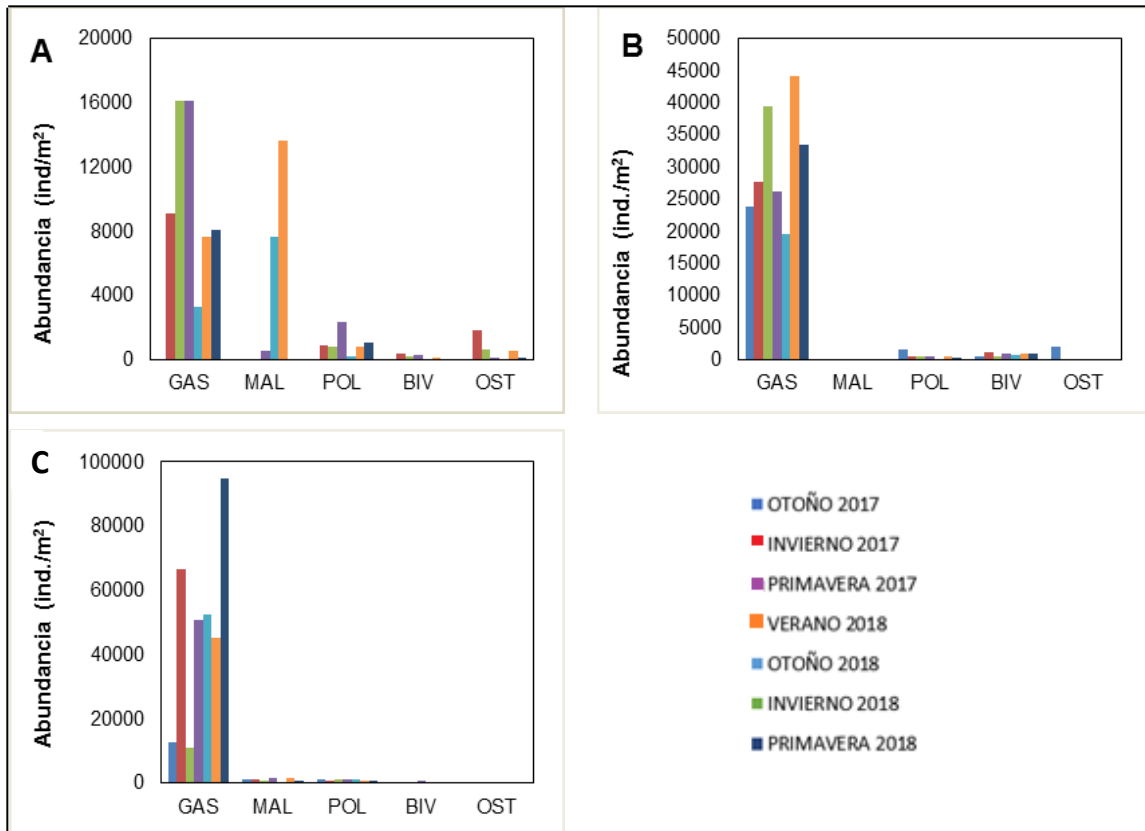


Figura 16. Abundancia (individuos m^{-2}) de las clases taxonómicas del bentos identificadas en la Laguna de Rocha para todo el período de monitoreo y por sitio: A) Norte, B) Centro y C) Sur. Se presentan los grupos que tuvieron abundancias mayores a 100 ind. m^{-2} en al menos un muestreo. GAS: Gastropoda, MAL: Malacostraca, POL: Polychaeta, BIV: Bivalvia y OST: Ostracoda.

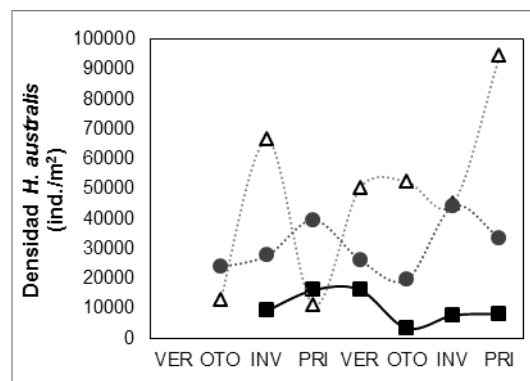


Figura 17. Abundancia de *H. australis* (individuos m^{-2}) en la Laguna de Rocha a lo largo del período de monitoreo, para cada uno de los sitios de muestreo. Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (triángulo).

Misidáceos e Ictioplancton

Se determinaron misidáceos durante todo el período analizado, registrándose la mayor abundancia en invierno 2017 en el centro de la laguna ($1262 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) (Figura 18A). En este sitio los misidáceos se registraron con mayor frecuencia (invierno 2017, verano y otoño 2018). La segunda mayor abundancia de todo el período se registró en el Norte de la laguna en primavera 2018 ($1130 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$).

El ictioplancton (Figura 18B) presentó las mayores abundancias a partir de primavera 2017, en la estación central de la laguna. Para su correcta visualización todos los datos pertenecientes al centro (barras grises) deben mirarse con respecto al eje de la derecha (0-2500). Las abundancias en el sur en general fueron menores, destacándose en verano de 2018 ($194 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$) y en primavera 2017 ($64 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$). En el norte de la Laguna no se registraron grandes abundancias, siendo la mayor de $16 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ en primavera 2018 (Figura 18B). En ambos años predominaron los huevos dentro del ictioplancton, los cuales usualmente alcanzan las mayores abundancias en comparación a las larvas.

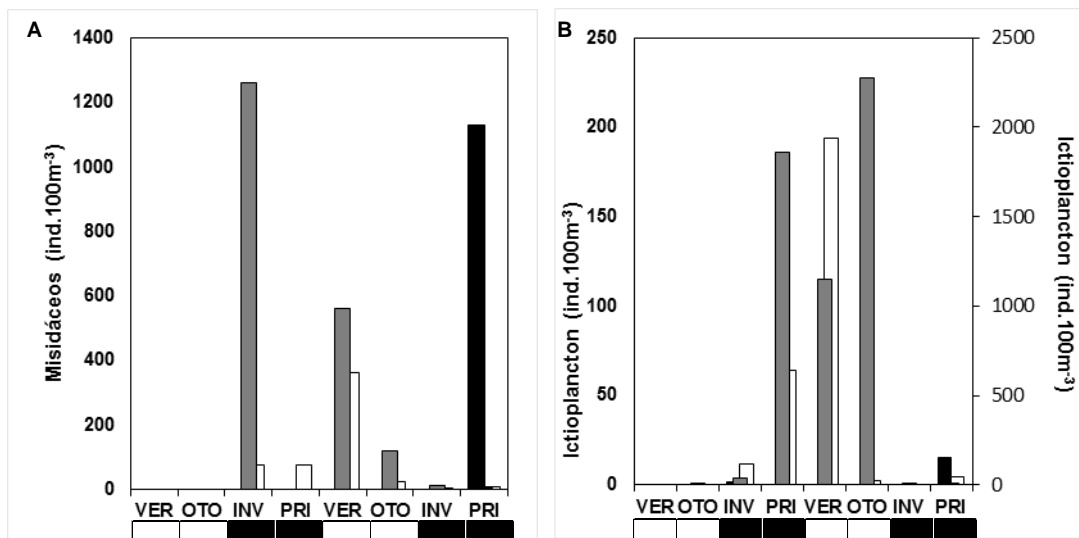


Figura 18. (A) abundancias en $\text{ind.}100\text{m}^{-3}$ de misidáceos y (B) abundancia de ictioplancton en $\text{ind.}100\text{m}^{-3}$ en Laguna Rocha. Norte (negro), Centro (gris) y Sur (blanco). La banda indica el estado de la barra por estación del año, negro (abierto), blanco (cerrado).

3.1.4 Calidad de agua: Arroyos

En los tributarios de la Laguna de Rocha la **temperatura** mínima (8.9°C) se registró en invierno del 2018 en el Arroyo las Conchas (R8), mientras que la máxima (27.9°C) se registró en el Arroyo La Palma, en el punto del monitoreo del centro del embalse (R5), en el verano de 2018 (Figura 18A). Para el período de estudio éste parámetro mostró una marcada estacionalidad.

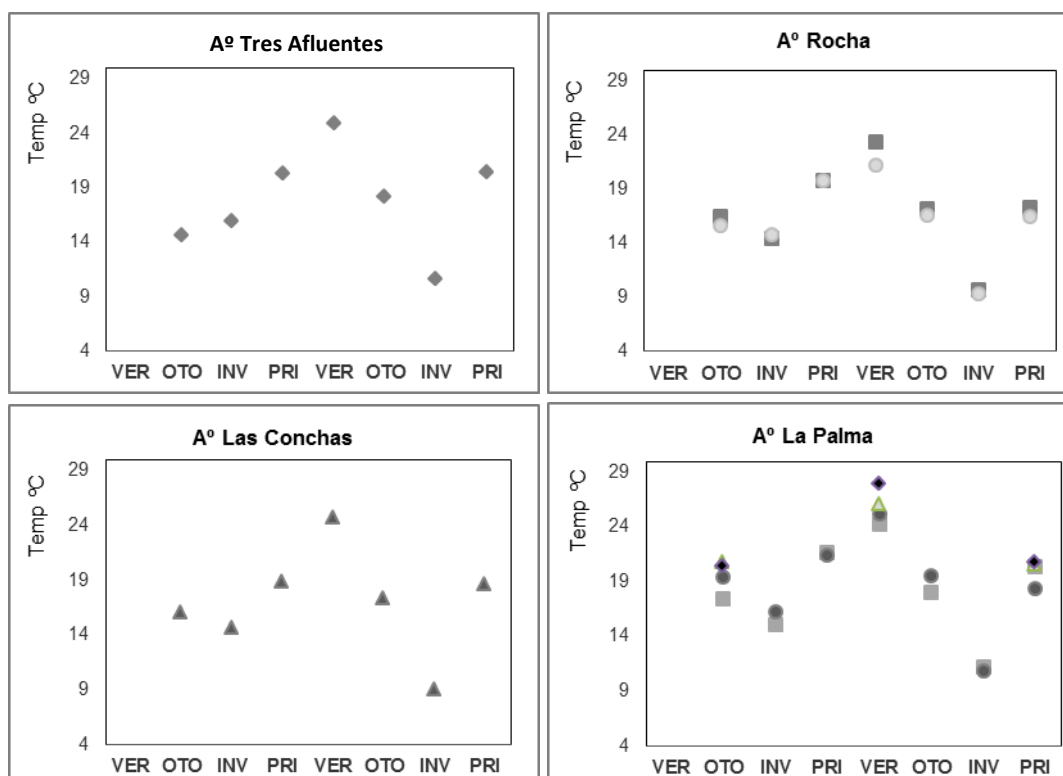


Figura 14. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= círculo, R5=rombo, R6=triángulo, R7=cuadrado).

Los valores de **pH** para todos los tributarios y durante todo el período de estudio se mantuvieron dentro del estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5) (Figura 18). En relación a los valores de **oxígeno disuelto** únicamente el arroyo Rocha cumplió durante todo el período, con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L), (Figura 19). Las concentraciones mínimas se registraron en otoño, en el embalse de arroyo La Palma (R4) y en el punto R11 del arroyo Tres Afluentes (1.36 mg/L y 3.47 mg/L, respectivamente).

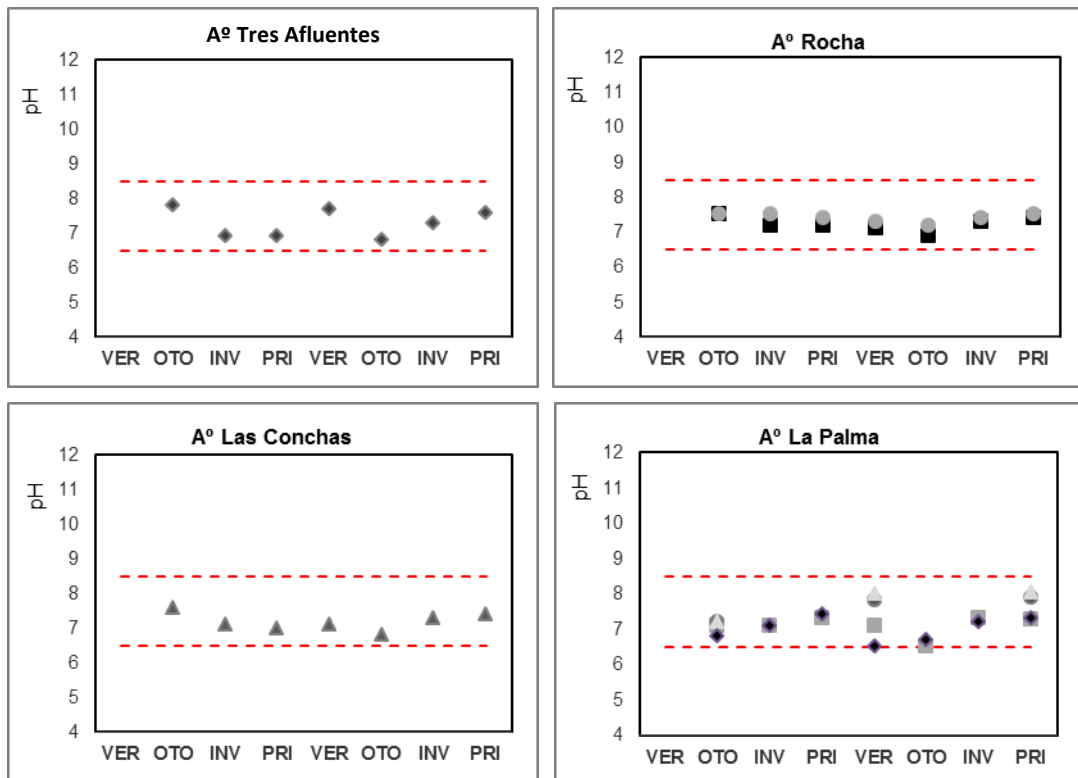


Figura 20. Variación estacional (2017 – 2018) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado).

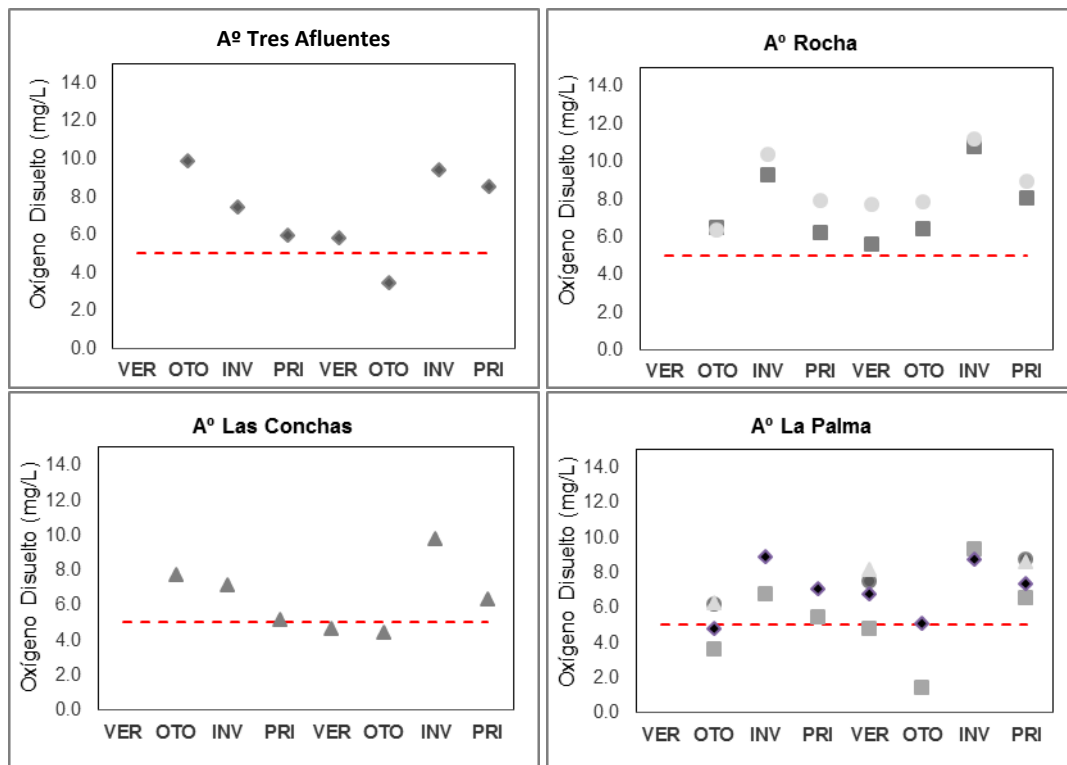


Figura 2115. Variación estacional (2017 – 2018) de la oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= círculo, R5=rombo, R6=triángulo, R7=cuadrado). La línea roja entrecortada indica el estándar (≥ 5 mg O_2/L) según el Decreto 253/79.

El máximo de **conductividad** (17170 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se registró en el Arroyo La Palma (no se muestra en el gráfico por cuestiones de escala), a la altura del puente sobre ruta 15 (R7) en verano 2018. Este valor fue varios órdenes de magnitud superior al resto de los valores registrados. El mínimo de esta variable (0.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se registró en el arroyo Tres Afluentes (R11), en otoño 2017 (Figura 22).

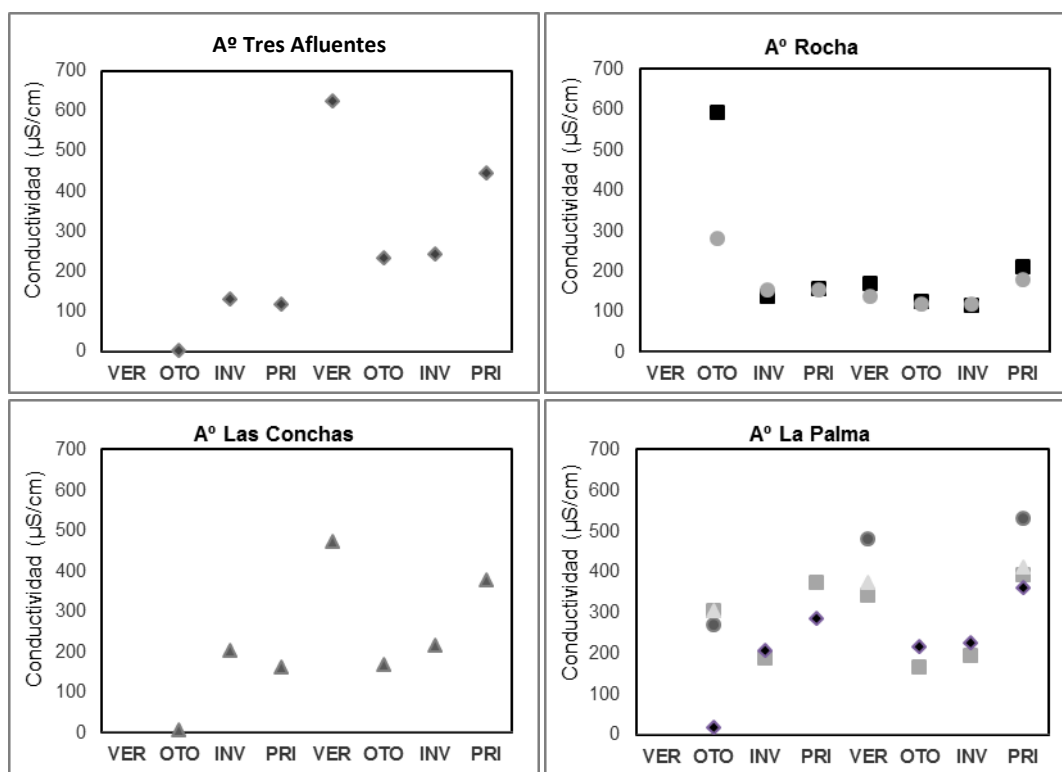


Figura 17. Variación estacional (2017 – 2018) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= círculo, R5=rombo, R6=triángulo, R7=cuadrado).

La **turbidez** presentó valores entre 4.7 NTU (Arroyo Tres Afluentes; R11) y 87.1 NTU (Arroyo La Palma; R5). Los mínimos de cada estación de monitoreo se registraron generalmente en otoño del 2018, en los sitios desde el R7 al R11, mientras que los máximos ocurrieron principalmente en invierno. El arroyo Tres Afluentes y el arroyo La Palma presentaron valores superiores a la normativa ambiental (<50.0 NTU) (Figura 22).

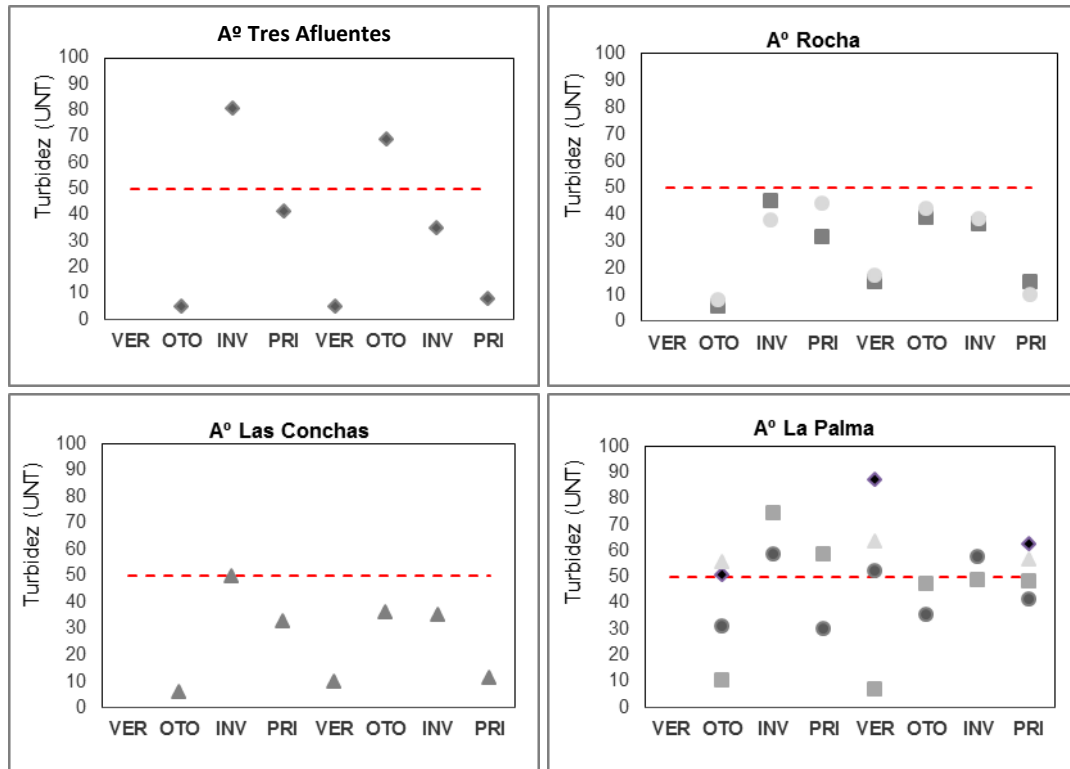


Figura 18. Variación estacional (2017 – 2018) de la Turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado). La línea roja entrecortada indica el estándar de turbidez (50 UNT) según el Decreto 253/79.

En cuanto a los nutrientes nitrogenados, el **amonio** (Figura 24) presentó un rango de concentración de entre 8.0 $\mu\text{g N/L}$ y 363.0 $\mu\text{g N/L}$. Este último valor tuvo lugar en el embalse del arroyo La Palma (R4), en otoño de 2018. El arroyo Rocha también registró un valor elevado en el punto R10 en la primavera 2017 (179 $\mu\text{g N/L}$). Los valores de **nitrito** variaron entre 1.0 $\mu\text{g N/L}$ (R11) y 60.0 $\mu\text{g N/L}$ (R6), registrándose el máximo en el arroyo La Palma, durante la primavera del 2018 (Figura 20.).

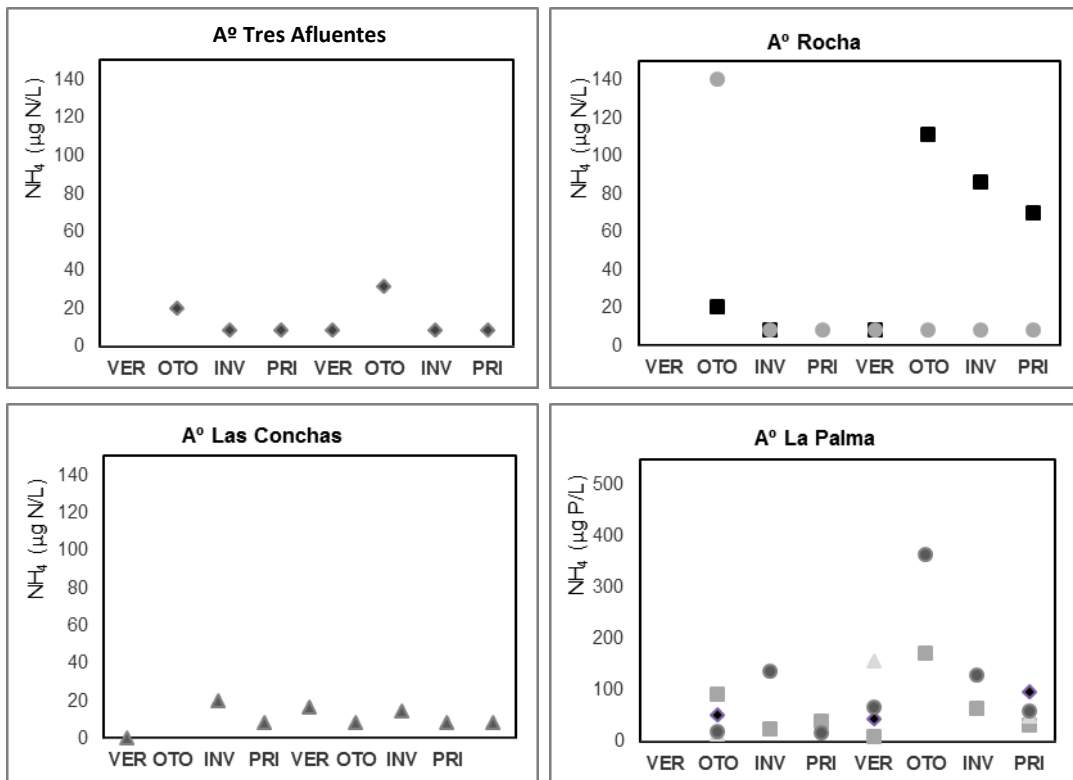


Figura 19. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) del amonio (NH₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado).

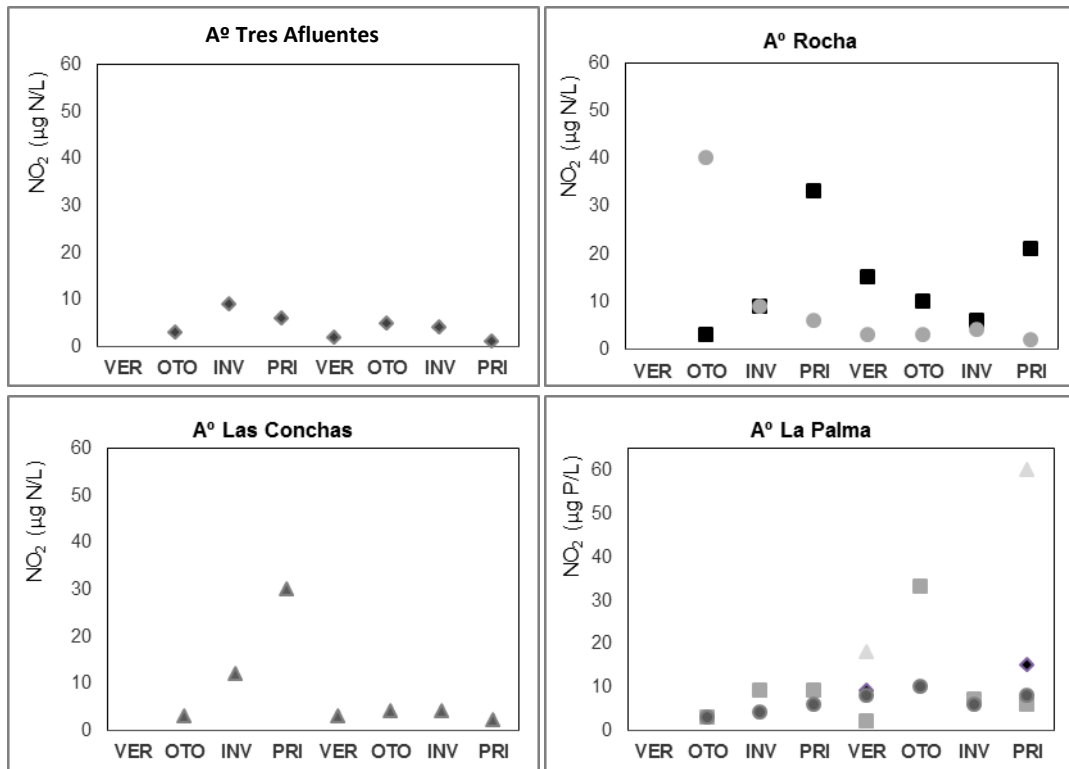


Figura 20. Variación estacional de la concentración (2017 – 2018) del nitrito (NO₂) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado).

El **nitrato (NO₃)** fluctuó entre 70 µg N/L y 3760 µg N/L (Figura 21). Este valor máximo se observó en el arroyo La Palma en primavera del 2017 (no se registra en la gráfica por cuestiones de escala). Para esta variable, también se registraron valores elevados en los arroyos La Palma (otoño 2018) y Tres Afluentes (verano 2018). Para éste parámetro ningún valor incumplió con el estándar del decreto ($\leq 10,0$ mg de NO₃). Por último el **nitrógeno total (NT)** presentó valores entre 160 µg N/L (R9) y 5830 µg N/L (R6), coincidiendo el máximo de NT con el de NO₃ ambos valores registrados en el arroyo La Palma para la primavera de 2017 (Figura 26 y Figura 21.).

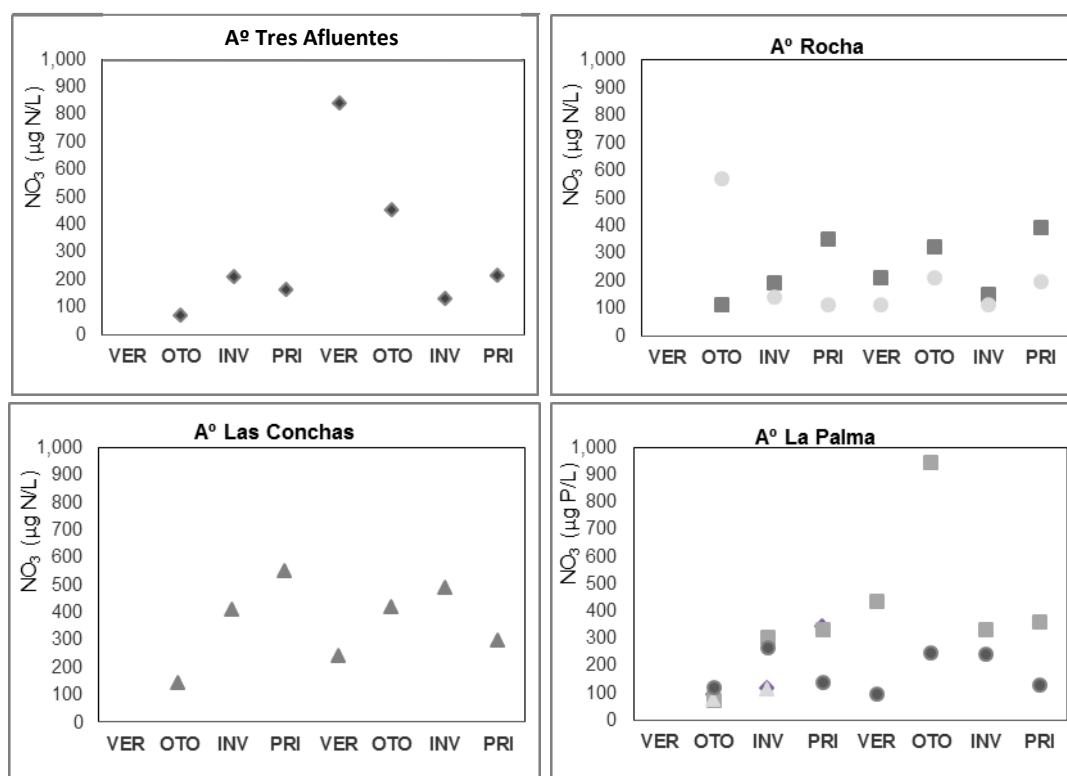


Figura 21. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del nitrato (NO₃) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado).

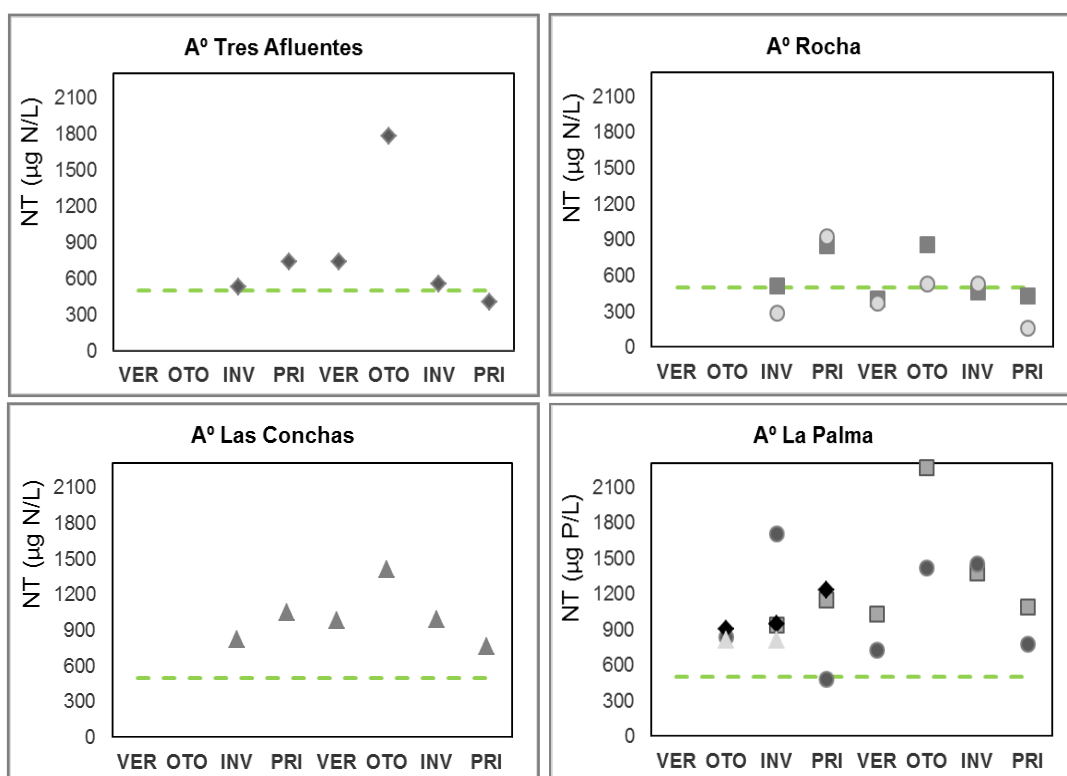


Figura 22. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado). La línea verde entrecortada indica el valor guía para el NT propuesto por la mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

El **fosfato (PO_4)** presentó un rango de valores de entre $7.0 \mu\text{g P/L}$ (R7, R11) y $580 \mu\text{g P/L}$ (R8), registrándose las mayores concentraciones en los arroyos La Palma y Las Conchas (Figura 28). El **Fósforo Total (PT)** mostró un rango de concentración de entre $20 \mu\text{g P/L}$ (R10) y $650 \mu\text{g P/L}$ (R7), el máximo se registró en el arroyo Las Conchas (R8), en otoño del 2018 (Figura 23.). Al igual que el PO_4 , los valores más altos se observaron en los arroyos La Palma y Las Conchas. Todos los registros, salvo el mínimo de fósforo total, incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$).

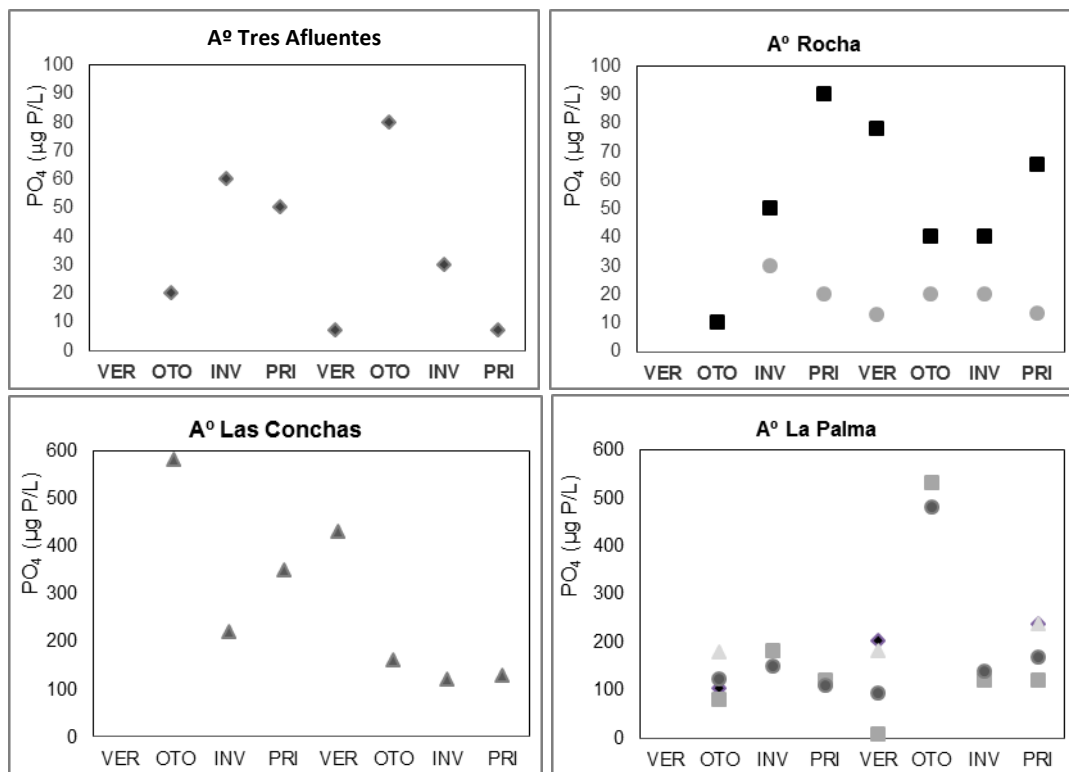


Figura 23. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del fosfato (PO_4) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado). Los arroyos La Palma y Las Conchas presentan una mayor escala en el gráfico que los arroyos de Rocha y Tres Afluentes

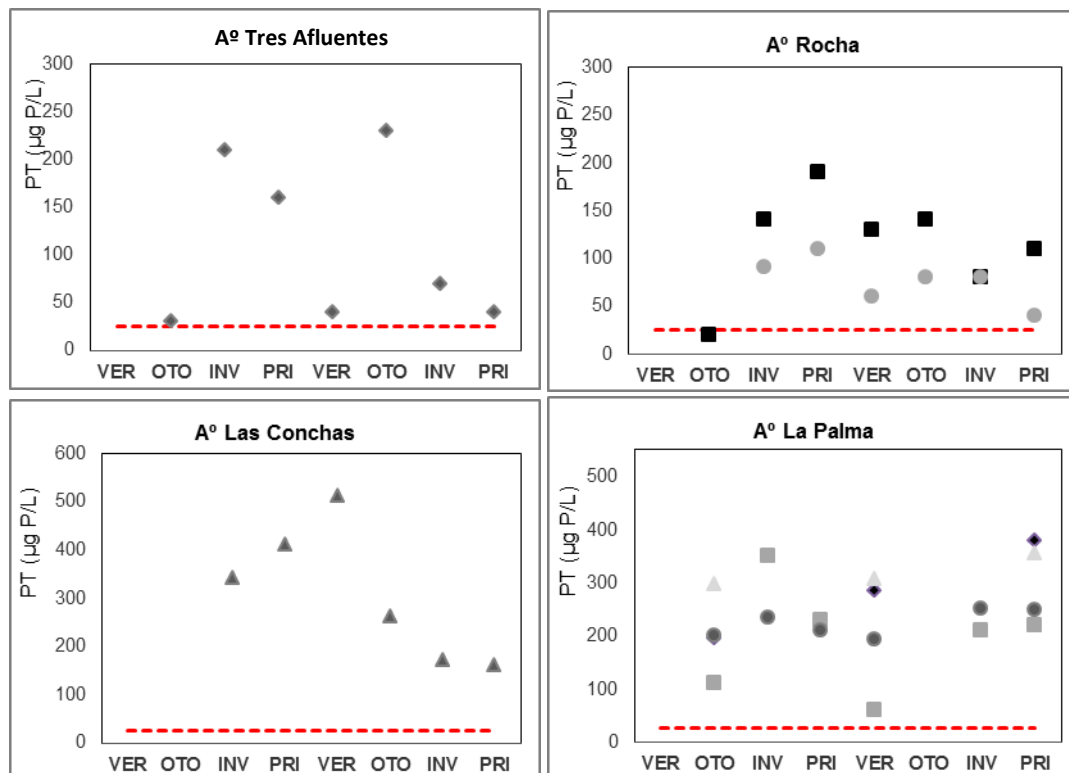


Figura 24. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración del fosfato total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado). La línea roja entrecortada indica el estándar de fósforo total ($25\mu\text{g P/L}$) según el Decreto 253/79.

Cabe destacar que el arroyo Rocha presentó un evidente efecto de la ciudad, mostrando concentraciones más elevadas de nutrientes en el punto que se encuentra aguas debajo de la ciudad de Rocha, en relación al que se encuentra aguas arriba de la misma. Los arroyos La Palma y Las Conchas fueron los tributarios que presentaron las mayores concentraciones de PT (Figura 23.). Por otro lado, la concentración de PT, a excepción del A° La Palma, en general fue mayor en el año 2017 que en el 2018.

La **clorofila a** fluctuó entre 0.41 µg/L y 21.8 µg/L, registrándose el máximo en el centro del embalse del arroyo La Palma. Los máximos de concentración de todos los puntos de monitoreo ocurrieron en verano y primavera (Figura 30).

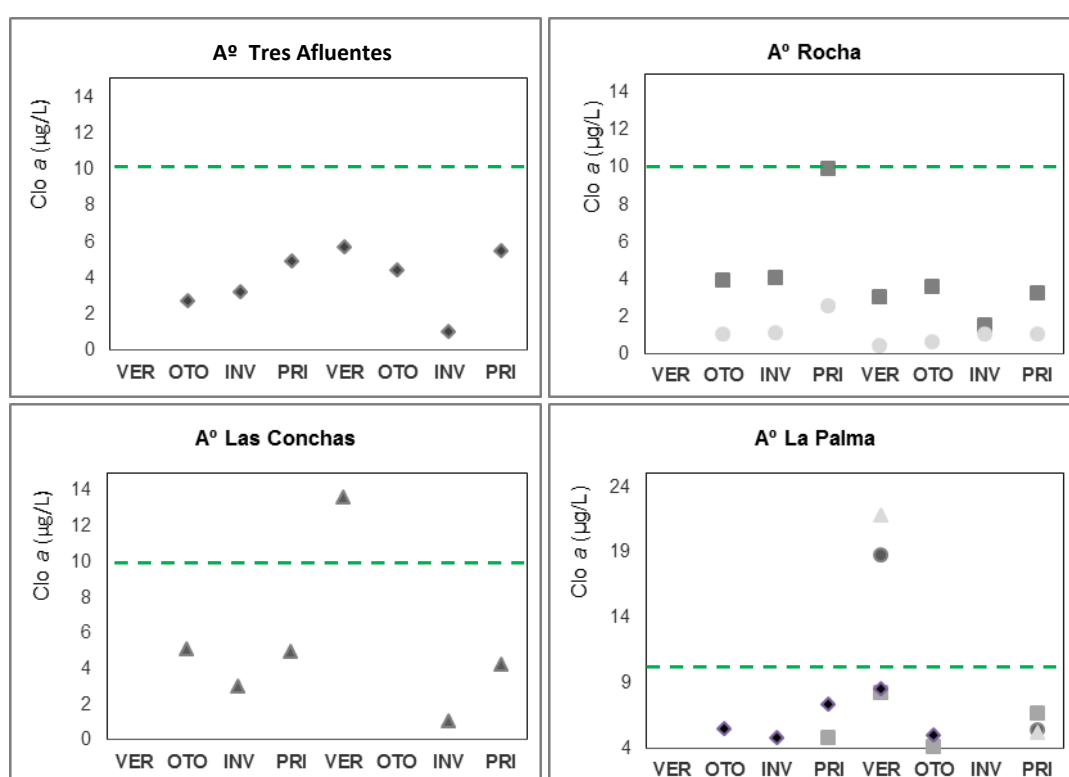


Figura 25. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Clorofila *a* (Clo *a*) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (círculo) y R10 (cuadrado)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4: círculo, R5: rombo, R6: triángulo, R7: cuadrado). La línea verde entrecortada indica el valor guía de clorofila *a* (10 µg/L) propuesto por la mesa técnica del agua.

Los valores puntuales de **coliformes termotolerantes** variaron entre <5 y 1250 UFC/100ml (Tabla 13), observándose los máximos en los arroyos de La Palma y Las Conchas (Tabla 13). Asimismo ninguno superó el estándar admitido por la normativa ambiental nacional para muestras puntuales (≤2000 UFC/100ml).

Tabla 13. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los principales tributarios de la Laguna de Rocha

Fecha Muestreo	Aº Palma embalse	Aº Palma centro	Aº Palma cola	Aº Palma puente	Aº Las Conchas	Aº Rocha toma	Aº Rocha puente	Aº Los Noques
Otoño	<5	<5	5	120	210	163	205	200
Invierno	100			1250	1230	130	280	900
Primavera	100			230	1100	500	730	500
Verano	15	35	218	90	100	210	180	230
Otoño	150			270	230	190	550	190
Invierno	320			20	100	250	270	30
Primavera	10	150	230	10	20	10	410	10

3.1.4.1 Toma OSE (embalse del arroyo La Palma): parámetros físicos, químicos y agroquímicos en sedimento

La concentración de nutrientes determinados en el sedimento del arroyo La Palma presentó un rango de variación en el período (2017 - 2018) de entre 50 mg/Kg y 335 mg/Kg para el **fósforo total** y de entre 91 mg/Kg y 867 mg/Kg para el **nitrógeno total**, ambas concentraciones se registraron en invierno 2018 en el punto de monitoreo del embalse (R4). La **clorofila a** presentó un máximo de 12.9 mg/Kg, al igual que los nutrientes en invierno de 2018 en el punto R4. En cuanto a la atrazina, todos los valores determinados se encontraron por debajo del límite de detección analítico (Tabla 14).

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del embalse del Arroyo La Palma.

Año	Nombre Estación	Fecha Muestreo	Clorofila a (mg/Kg)	MO (mg/g peso seco)	PT (mg/Kg)	NT (mg/Kg)	Atrazina	
							(µg/Kg)	LD
2017	Embalse	10/08/2017					<LD	0.8
	Embalse	09/11/2017	7.7	33.126	100	189.1	<LD	0.1
	Embalse	18/12/2017	6.984	62.077	169.148	488.631		
	Centro	18/12/2017	3.608	21.223	104.245	205.757		
	Cola	18/12/2017	4.293	7.891	50.046	91.068		
	Embalse	19/12/2017					<LD	0.1
	Cola	19/12/2017					<LD	0.1
2018	Embalse	30/01/2018	12.99	75.244	158.337	299.004	<LD	3.1
	Centro	30/01/2018	3.564	17.712	94.091	133.315		
	Cola	30/01/2018	5.275	19.409	77.082	114.78	<LD	3.1
	Embalse	04/05/2018	9.1	68.3	183.6	449	<LD	3.06
	Embalse	10/08/2018	24.3	206.2	335.2	867.4	<LD	0.9
	Embalse	17/12/2018	7.513	139.1	247.7	713.2	<LD	0.8
	Centro	17/12/2018	7.7	20.1	110.8	223.8		
	Cola	17/12/2018	6.6	13.7	73.4	171.5	<LD	0.8

3.1.5 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo

El análisis temporal de las áreas con diferentes usos del suelo en la cuenca de la Laguna de Rocha, obtenidas a partir de las imágenes satelitales, muestra un claro aumento de los cultivos y la forestación en detrimento del campo natural a lo largo del tiempo (Figura 26). El uso urbano se mantuvo en el tiempo y el bosque nativo mostró cierta variación aumentando hacia el final del período.

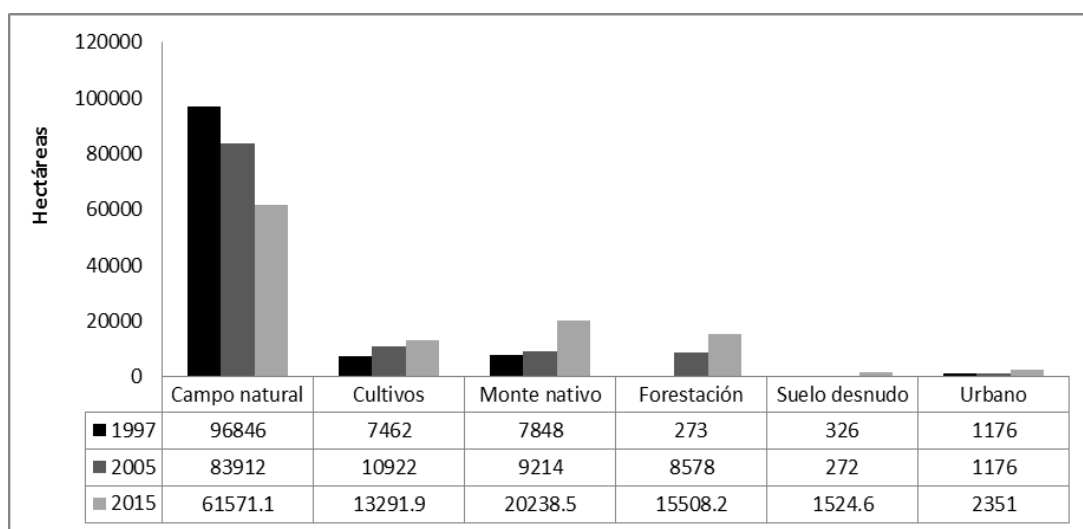


Figura 26. Cambio del uso del suelo de la laguna de Rocha en el período 1997 – 2015, determinado a partir de imágenes satelitales.

Por otro lado, la estimación de cargas anuales (ton/año), realizada para fósforo total (PT) y para nitrógeno total (NT), (obtenidas a partir de imagen Landsat del año 2015), indicó que las subcuencas del arroyo Las Conchas y del arroyo Rocha fueron las que más carga de estos nutrientes aportaron a la Laguna de Rocha. Para el caso del PT, la subcuenca del arroyo Las Conchas fue la que más aportó (21.3 ton/año), seguida de la subcuenca del arroyo Rocha (20.3 ton/año) (Tabla 15). Para el caso del NT los resultados indicaron que la subcuenca del arroyo Rocha fue la que más carga aportó a la laguna (108.1 ton/año), (probablemente debido a su gran tamaño), seguida de la subcuenca del arroyo Las Conchas (92.9 ton/año) (Tabla 15).

Tabla 15. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna de Rocha, estimada según la metodología de los coeficientes de exportación según Perdomo (2013).

	Aº Rocha	Aº Las Conchas	Aº La Palma	Aº Tres afluentes
Superficie (ha)	53956	20602	12346	25934
Carga PT (ton/año)	20.3	21.3	15.1	16.1
Carga NT (ton/año)	108.1	92.9	57.3	71.1

Asimismo, al realizar el análisis de carga por unidad de superficie (kg/ha/año), las subcuencas que presentaron más intensidad de carga en términos de PT y NT en la Laguna de Rocha fueron las del arroyo La Palma y el arroyo Las Conchas (Figura 32 y Figura 33). Esto coincide con que estas subcuencas son la que presentan la mayor intensidad de uso agrícola de la cuenca de la Laguna de Rocha.

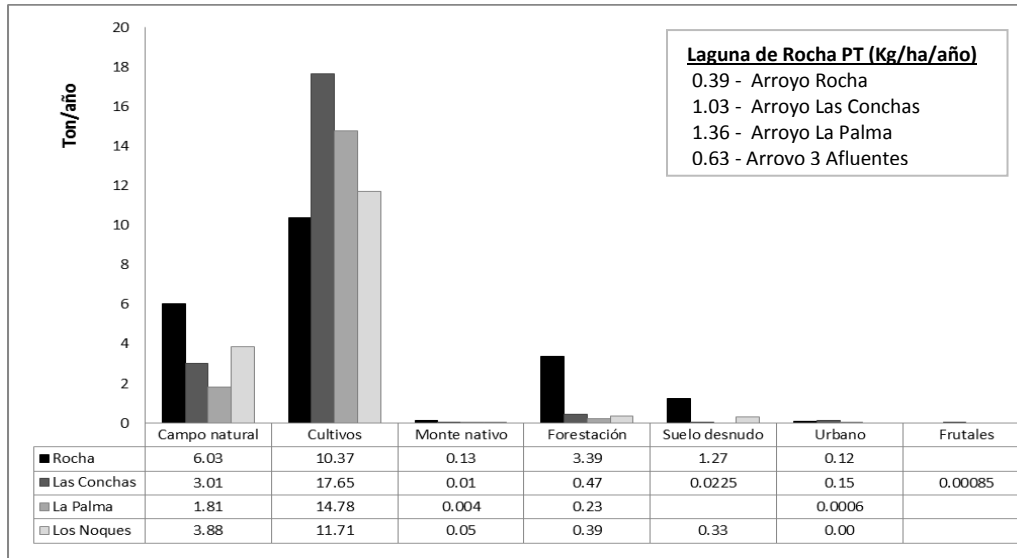


Figura 27. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Rocha por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

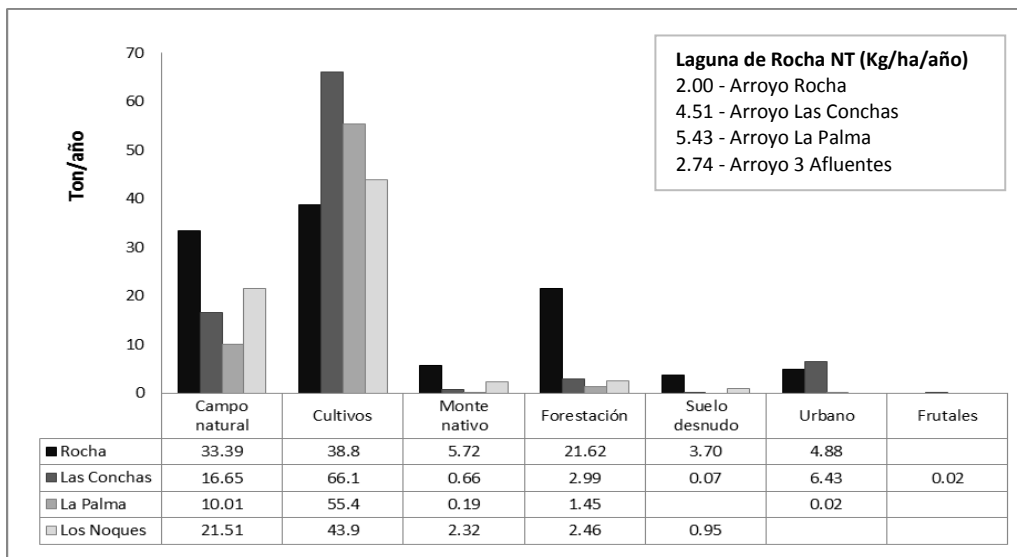


Figura 28. Cargas anuales (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) de NT aportadas a la Laguna de Rocha por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

3.2 Cuenca de la Laguna Castillos

3.2.1 Calidad del agua: Laguna de Castillos

En las figuras se indican los sitios de muestreo de la laguna propiamente dicha (norte, centro y sur), pero además se incluyen el Bolsón del Chafalote y el A° Valizas. El Bolsón del Chafalote es la zona de descarga del agua proveniente de un amplio sistema de humedales de agua dulce, pero tiene características lénticas y el A° Valizas es el canal de descarga de la laguna al mar y de ingreso de agua marina, por lo que presenta características estuarinas, diferenciándose de los tributarios que aportan agua a la laguna. Teniendo en cuenta estas características se optó por presentar gráficamente los datos juntos, pero cuando se realizan promedios se incluyen únicamente los sitios norte, centro y sur de la laguna.

La **barra arenosa** que separa el A° Valizas del mar se encontró abierta en los muestreos de verano y primavera de 2017, y en verano, invierno y primavera de 2018. No se obtuvo información del estado de la barra para el muestreo de otoño de 2018 (Figura 29D).

La **temperatura** del agua en la Laguna de Castillos presentó valores entre 10.0 y 25.9 °C, observándose un claro patrón estacional, registrando los máximos en verano y los mínimos en invierno (Figura 29A). El valor promedio para el período estudiado fue de 19.3 ± 4.6 °C.

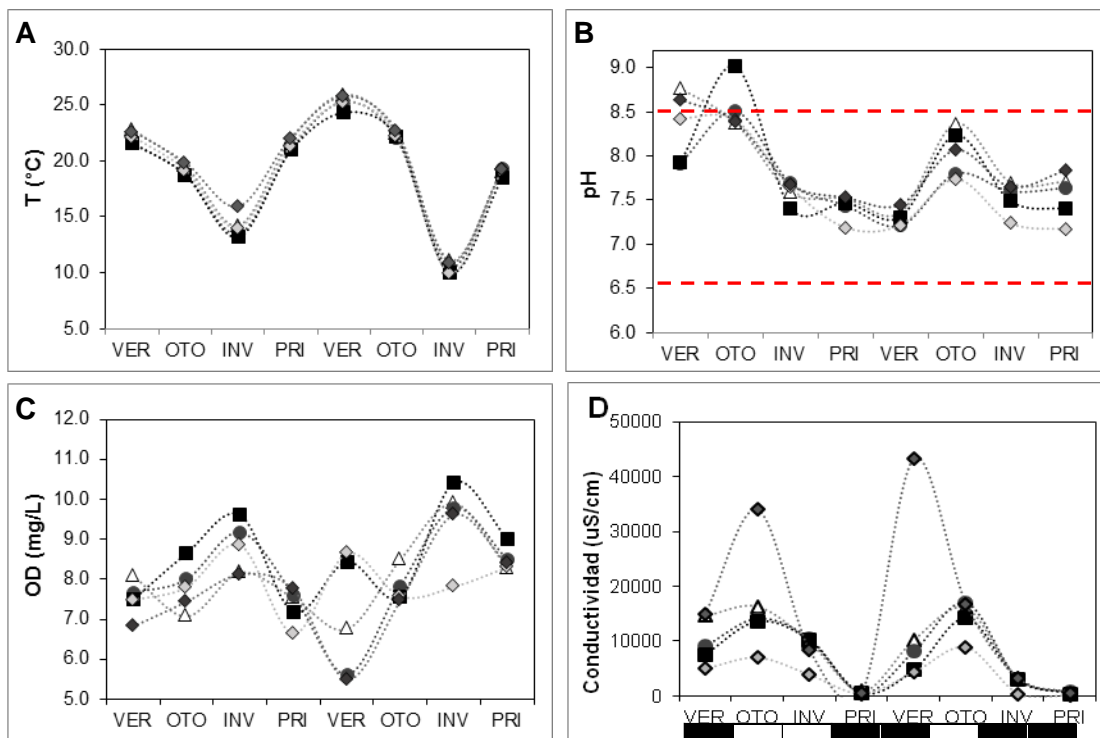


Figura 29. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de temperatura (A), pH (B), oxígeno disuelto (C) y Conductividad (D) de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). En la parte inferior se presenta esquema del estado de la barra arenosa el día del muestreo: negro (abierto), blanco (cerrado). La línea roja entrecortada indica los valores del estándar de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) según el Decreto 253/79.

El **pH** varió entre 7.17 y 9.02, superando en una ocasión el nivel establecido por el Decreto 253/79 (6.5-8.5). El valor promedio para el período estudiado fue de 7.8 ± 0.48 (Figura 29B). El **oxígeno disuelto** presentó variaciones entre 5.49 y 10.42 mg/L, con un promedio de 8.02 ± 1.05 mg/L (Figura 29C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio para el período fue de 91.3%. La **conductividad** presentó el valor máximo en A° Valizas (43300 uS/cm) y el mínimo en Bolsón del Chafalote (136 uS/cm), mientras que para norte, centro y sur de la laguna se observaron valores más homogéneos, con un promedio de 7882 ± 5931 uS/cm, siendo algo mayores para el sur (Figura 29D). Los menores valores de conductividad se observaron en primavera 2017, invierno y primavera de 2018.

Los valores de **turbidez** superaron en varias ocasiones el límite establecido por el Decreto 253/79 (máx 50 NTU), y el valor promedio (considerando norte, centro y sur) fue de 59.2 ± 68.7 NTU (Figura 30A). Los **sólidos suspendidos totales** (Figura 30B) promediaron 38.4 ± 42.2 mg/L y la **materia orgánica** de los sólidos en suspensión 5.0 ± 4.2 mg/L.

La turbidez, sólidos totales en suspensión y materia orgánica de los sólidos en suspensión presentaron los máximos generalmente en primavera y verano, y los mínimos en otoño e invierno. Este patrón es inverso al de la conductividad a lo largo del tiempo. El Bolsón del Chafalote presentó los menores valores de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica de los sólidos en suspensión, mientras que los máximos de turbidez y materia orgánica de los sólidos en suspensión se registraron en el A° Valizas (Figura 30).

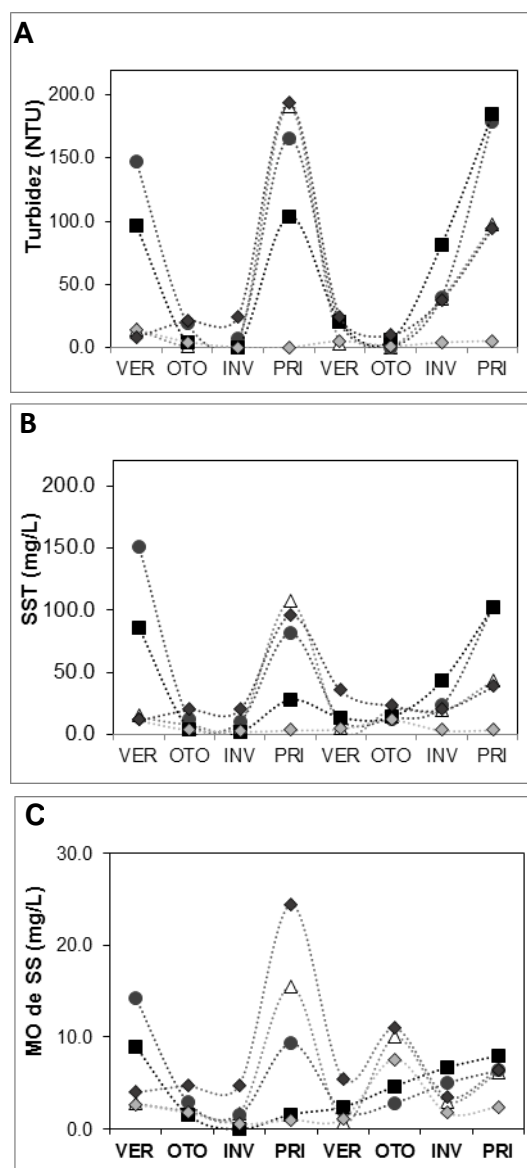


Figura 30. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de turbidez (A), sólidos suspendidos totales (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

Los máximos valores de **amonio** se registraron en otoño 2018 en el Bolsón del Chafalote, y en invierno de 2018, en sur de la laguna (Figura 31A). El valor promedio (considerando norte, centro y sur) fue de 0.04 ± 0.05 mg N/L. Para el caso de **nitrito** se produjo un pico en verano de 2018 (Figura 31B), que se observó en todos los sitios, siendo el valor máximo alcanzado en el norte y en el Bolsón del Chafalote (0.017 mg N/L). El promedio de los sitios norte, centro y sur en el período estudiado fue de 0.003 ± 0.004 mg N/L.

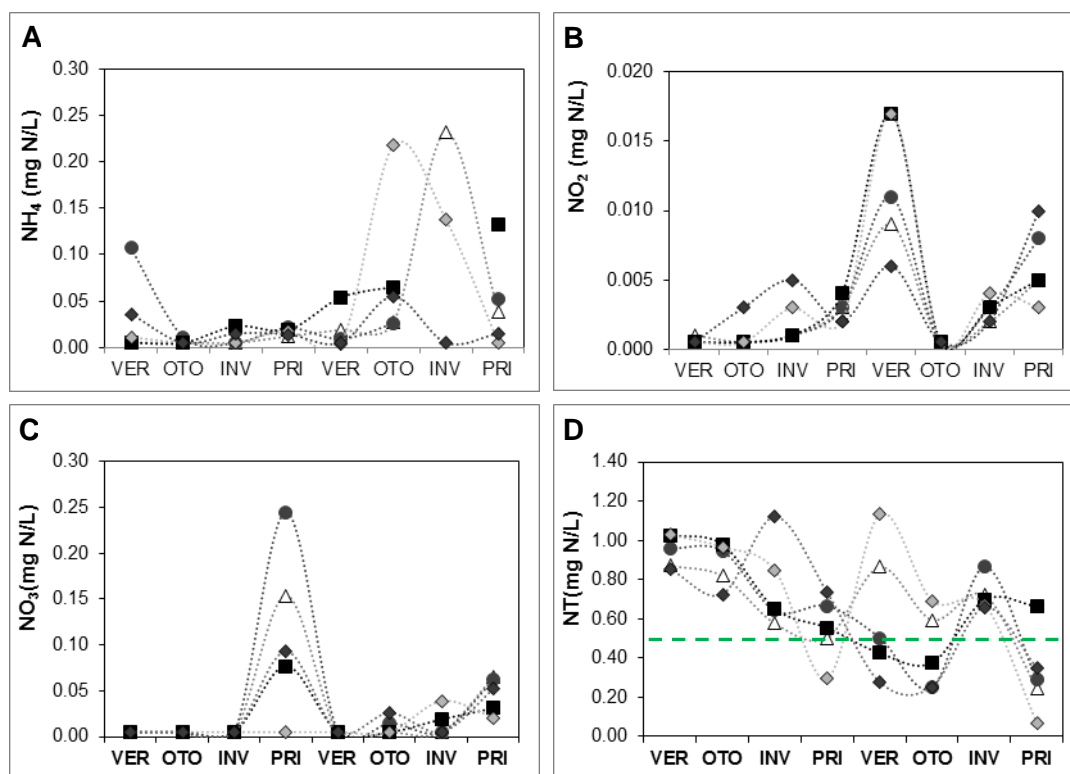


Figura 31. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto de NT ($500 \mu\text{g/L}$) según la mesa técnica del agua.

La concentración de **nitrato** tuvo un pico en primavera de 2017, alcanzando los valores máximos en zona centro (0.245 mg N/L), siendo los valores mínimos en el Bolsón del Chafalote y norte de la laguna (Figura 31C). El promedio de los sitios (norte, centro y sur) fue de 0.031 ± 0.058 mg N/L. Los valores máximos de **nitrógeno total** (Figura 31D) se observaron en Bolsón del Chafalote y A° Valizas (1.13 mg N/L aprox.). Si bien se observa una oscilación en la concentración de dicho nutriente a lo largo del período de estudio, parece haber una tendencia descendente. El valor promedio para las zonas norte, centro y sur fue de 0.65 ± 0.23 mg N/L.

Los valores máximos de **ortofosfato** y **fósforo total** (72.9 $\mu\text{g P/L}$ y 397.8 $\mu\text{g P/L}$, respectivamente) se observaron en el A° Valizas, en primavera de 2017, mientras que en primavera de 2018 se registró un nuevo máximo para ambas variables en A° Valizas y centro de la laguna. El promedio para el PO_4 fue de $22.7 \pm 22.0 \mu\text{g P/L}$, mientras que para el **fósforo total** fue de $75.6 \pm 44.2 \mu\text{g P/L}$. El Bolsón del Chafalote presentó en general los valores mínimos para ambas variables (Figura 33.).

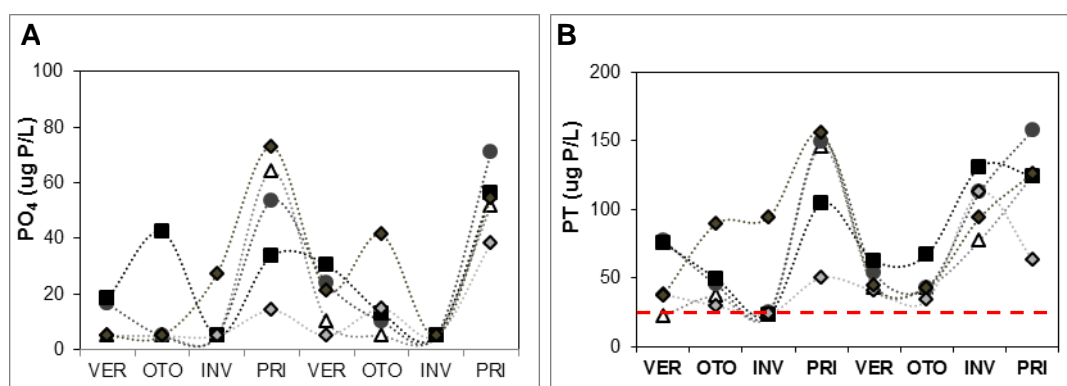


Figura 32. Variación espacial y estacional de la concentración de fósforo reactivo soluble (PRS) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Castillos durante los años 2017 - 2018: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). a línea roja entrecortada indica el estándar de fósforo total (25 $\mu\text{g P/L}$) según el Decreto 253/79.

El valor máximo de **clorofila a** (11.9 $\mu\text{g/L}$) registrado al igual que el ortofosfato y fósforo total se observó en el A° Valizas, en primavera de 2017, observándose también y en primavera de 2018 un nuevo valor máximo en A° Valizas y en el centro de la laguna. Los valores de **clorofila a** en norte, centro y sur de la laguna promediaron $4.8 \pm 3.4 \mu\text{g/L}$, para el período de estudio (Figura 38), siendo similares a los promedios históricos (2002 - 2016), (ver Anexo 4).

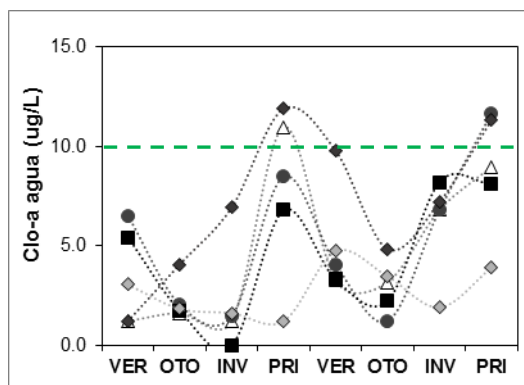


Figura 33. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto de Clorofila a (10 $\mu\text{g/L}$) según la mesa técnica del agua.

Los mayores valores de **coliformes termotolerantes** se cuantificaron en el A° Valizas, en otoño e invierno de 2017 (Tabla 16). El promedio para norte, centro y sur de la laguna fue de $16 \pm 15 \text{ UFC}/100 \text{ ml}$. Durante el período estudiado ningún valor superó el límite establecido por el Decreto 253/79 (2000 ufc/100 ml para muestras puntuales).

Tabla 16. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Castillos registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Norte	Centro	Sur	Bolsón del Chafalote	A° Valizas
2017	Verano	<5	10	10	20	25
	Otoño	5	50	10	<5	500
	Invierno	20	10	<10	70	600
	Primavera	<10	10	<10	15	40
2018	Verano	15	<10	50	10	50
	Otoño	50	20	<10	50	80
	Invierno	20	30	10	130	50
	Primavera	15	5	10	<5	15

Para el caso de la DBO_5 , los valores máximos también se encontraron en A° Valizas y norte de la laguna (Tabla 17), siendo el promedio para norte centro y sur de la laguna <2 mg O_2/L . Durante el período estudiado ningún valor superó el límite establecido por el Decreto 253/79 (10 mg O_2/L para DBO_5).

Tabla 17. Demanda bioquímica de oxígeno (mg O_2/L) en la Laguna de Castillos registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Norte	Centro	Sur	Bolsón del Chafalote	A° Valizas
2017	Otoño	<2	<2	<2	<2	5
2017	Invierno	<2	<2	<2	<2	3
2017	Primavera	<2	<2	<2	<2	<2
2018	Verano	<2	<2	2	<2	<2
2018	Otoño	4	2	2	2	2
2018	Invierno	3	3	3	2	3
2018	Primavera	9	8	8	8	8

3.2.2 Calidad de los sedimentos: Laguna de Castillos

La **materia orgánica del sedimento (MO)** osciló entre 11.2 y 74.4 mg/gPS. Los valores máximos se registraron en el Bolsón del Chafalote, A° Valizas y norte de la laguna (Figura 39A). El valor promedio para el norte, centro y sur de la laguna fue 24.5 ± 7.9 mg/gPS. La concentración de **clorofila a** presentó su valor máximo en el arroyo Valizas en verano de 2017, seguido del norte en otoño de 2018 (Figura 39B). En ambos casos estos valores se relacionaron con un aumento de la materia orgánica. El promedio

para el norte, centro y sur de la laguna fue de 14.2 ± 18.3 mg/Kg, indicando una gran variabilidad entre sitios. El Bolsón del Chafalote presentó generalmente valores más bajos que el resto de los sitios, al igual que la zona sur.

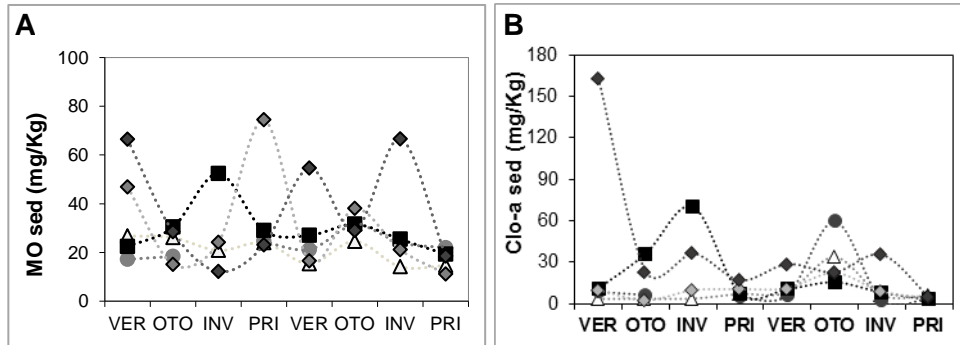


Figura 34. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A) y clorofila α (B) del sedimento de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

La concentración de **fósforo total** del sedimento (Figura 35A) presentó un primer pico en febrero de 2017, mayormente registrado en el arroyo Valizas, norte y centro de la laguna y un segundo pico en invierno de 2018 en el arroyo Valizas. El promedio para el norte, centro y sur de la laguna fue de 138 ± 39 mg/Kg, siendo en general mayor en el norte que en el sur de laguna. La concentración de **nitrógeno total** del sedimento (Figura 35B) presentó dos aumentos bien marcados, que de manera general se observan en todos los sitios, en otoño y primavera de 2017, y primavera de 2018. Los valores máximos se observaron en el sur y el arroyo Valizas. El promedio para los sitios norte, centro y sur fue de 232 ± 184 mg/Kg de PS. En general, el Bolsón del Chafalote y el A° Valizas presentaron valores intermedios a los otros tres sitios de la laguna (Figura 35B).

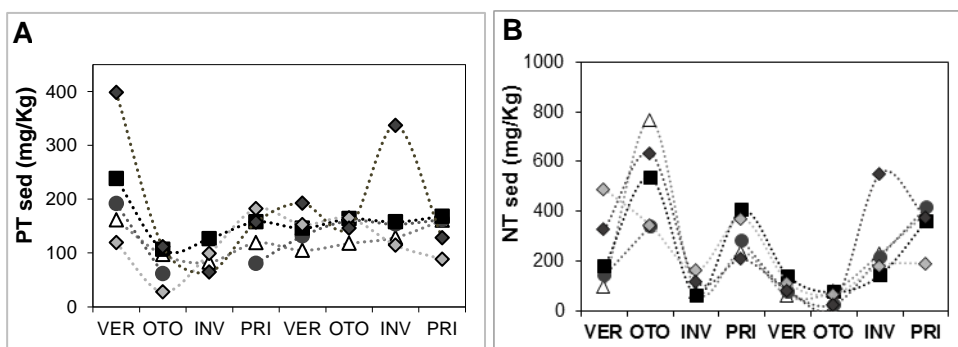


Figura 35. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), fósforo total (B), nitrógeno total (C) clorofila a (D) del sedimento de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

Tabla 18. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha en el período 2017 -2018. NA: no aplica; el (-): corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Primavera 2017						Verano 2018						Primavera 2018					
	Sur	Centro	Norte	Chafalote	LD	LC	Sur	Centro	Norte	Chafalote	LD	LC	Sur	Centro	Norte	Chafalote	LD	LC
As (mg/Kg)	<LD	<LD	<LC	<LD	5	10	<5	<10	<5	<10	5	10	<5	<10	<10	<5	5	10
Cd (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	1	2.5	<LD	<LD	<LC	<LC	0.2	1	<LD	<LD	<LD	<LD	0.2	1
Cu (mg/Kg)	5,4	<LC	6,1	<LD	2	5	3,1	13	7,5	11	0.4	2	2.1	13	9.2	<LC	0.4	2
Cr (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.05	0.28	8,4	22	15	16	1	3	<LC	16	13	<LC	1	3
Hg (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	0.25	<LD	<LD	0.011	<LD	0.004	0.02	<LC	<LD	21	19	4	20
Pb (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	8	15	<LC	9.1	<LC	8.7	-	7	<LD	8.4	<LC	<LD	2	7
Glifosato (mg/Kg)	<LC	<LC	<LC	<LC	0.4	1	<LD	<LD	<LD	3,98	0.12	0.3	<LD	3,64	1,49	<LD	0,09	0,23
Aldrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	NA	-	-	-	-	-	-
Dieldrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	NA	-	-	-	-	-	-
Endrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	NA	-	-	-	-	-	-
p,p'DDD (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	NA	-	-	-	-	-	-
p,p'DDE (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	-	-	-	-	-	-
p,p'DDT (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	-	-	-	-	-	-
o,p DDD (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	NA	-	-	-	-	-	-
o,p DDE (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	NA	-	-	-	-	-	-
o,p DDT (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	-	-	-	-	-	-
EndosulfanAlfa (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	NA
EndosulfanBeta (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Endosulfansulfato (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	NA	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA
Heptacloro (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	NA	-	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	NA	-	-	-	-	-	-
Metoxicloro (µg/Kg)	-	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	0,12	NA	-	-	-	-	-	-
Cipermetrina (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	7,33	NA	NA	<LC	<LC	<LC	<LC	NA	0.5
Atrazina (µg/Kg)							<LD	<LD	<LD	<LD	3,1	NA						
Clorpirifos (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	0,15	0,16	0,11	<LD	0.09	NA	<LC	<LC	<LC	<LC	NA	0.1
Malathion (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A	<LD	<LD	<LD	<LD	0,13	NA	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA

Respecto a los metales analizados (Tabla 18), si bien se obtuvieron valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, éstos están muy por debajo de los valores indicados en los estándares ambientales internacionales, como ser las guías canadienses (Cr: 37.3, Cu: 35.7 mg/kg, Hg: 0.17 mg/kg).

Todas las concentraciones determinadas de los agroquímicos (, a excepción de los clorpirifos, presentaron valores de concentración por debajo de los límites analíticos. Clorpirifos presentó valores cuantificables en el verano del 2018 en la estaciones centro y sur de la laguna. Sin embargo, estos valores no pudieron ser evaluados ya que no se cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles.

Los compuestos **Bifenilos policlorados (PCB)** indicadores, al igual que los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)** fueron analizados únicamente en el verano del 2017. Los **PCBs indicadores** a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg). El PCB 028 presentó un valor de 0.2 µg/kg para las tres estaciones de monitoreo. Respecto a los PAHs si bien algunos registraron valores cuantificables (Tabla 19), ninguno de éstos superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014).

Tabla 19. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos en el verano 2018. Límite de detección analítico (LD) de PAHs: 1 µg/kg. *En el caso de los PAHs totales, no existe normativa nacional por lo cual se utilizó el estándar de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Límite de detección analítico (LD) de PCBs: 0.1 µg/kg.

Parámetro	C1	C2	C3	C4	Estándar GESTA-AGUA
Naftaleno (µg/kg)	7	10	7	3	34.6
Acenaphileno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	1	5.87
Acenaftaleno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
Fluoreno (µg/kg)	2	3	4	2	21.2
Fenantreno (µg/kg)	9	15	14	6	41.9
Antraceno (µg/kg)	<LD	4	3	<LD	46.9
Fluorantreno (µg/kg)	4	16	13	1	111
Pireno (µg/kg)	2	9	7	1	53
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	<LD	3	2	<LD	31.7
Criseno (µg/kg)	<LD	4	3	<LD	57.1
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	1	7	6	<LD	-
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<LD	2	2	<LD	-
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<LD	1	1	<LD	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<LD	5	4	<LD	-
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	6.22
Benzo(ghi)pireleno (µg/kg)	<LD	4	4	<LD	-
PAHs Totales (µg/kg)	35	86	73	24	*22800
PCB 028 (µg/kg)	0.2	0.2	0.2	0.2	-
PCB 052 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
PCB 101 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
PCB105 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
PCB 118 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
PCB 138 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-
PCB 153 (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	-

3.2.3 Parámetros biológicos: Laguna de Castillos

Comunidad Bentónica

En la Laguna de Castillos se encontraron 23 taxa, de los cuales 13 fueron identificados a nivel de especie, tres a nivel de género, cinco a nivel de familia, uno a nivel de superfamilia y uno a nivel de clase (Tabla 20). A lo largo del período muestreado la riqueza específica osciló entre 2 y 13 taxa, sin observarse tendencias claras, ya sea a nivel espacial o temporal (Figura 36).

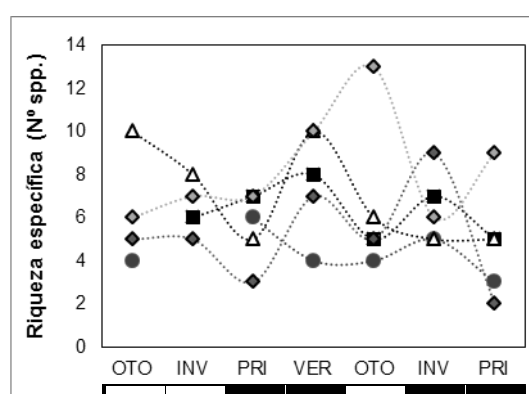


Figura 36. Riqueza específica para cada uno de los sitios de muestreo en Laguna Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y Aº Valizas (rombo oscuro). En el eje inferior se indica el estado de la barra de la laguna: blanco = barra cerrada, negro = barra abierta.

La clase de mayor abundancia, a excepción de otoño 2017, fueron los Gastropoda, seguida de Polychaeta y Bivalvia. Otoño 2017 fue la única estación del año donde los Polychaeta fueron la clase de mayor abundancia, superando levemente a los Gastropoda (Figura 37). Considerando los sitios de muestreo por separado (Figura 37), se observa que existen diferencias acerca de cuál es el grupo dominante en distintas regiones de la laguna. Los puntos norte, centro y sur estuvieron dominados por los Gastrópoda (principalmente *Heleobia aff. australis*) lo largo de todo el período de muestreo. En el Aº Valizas los Polychaeta (principalmente *Nephtys fluviatilis* y *Heteromastus cf. similis*) fueron el grupo dominante, mientras que en el Bolsón del Chafalote los Bivalvia (*Erodona mactroides*) dominaron durante el período otoño 2017-otoño 2018, y los Gastropoda (principalmente *Heleobia aff. robusta*) dominaron durante invierno y primavera de 2018.

Tabla 20. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Castillos entre otoño de 2017 y primavera de 2018.

PHILUM	CLASE	SUPERFAMILIA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE		
MOLLUSCA	Gastropoda		Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i> <i>Heleobia</i> aff. <i>robusta</i> <i>Heleobia</i> <i>parchappii</i>		
			Pyramidellidae	Indeterminado			
	Bivalvia		Corbulidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona</i> <i>mactroides</i>		
			Solecurtidae	<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</i> <i>fluviatilis</i>		
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>Laeonereis</i> <i>pandoensis</i>		
	Hirudinea		Indeterminada				
ARTHROPODA	Ostracoda		Cypridae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada		
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus</i> <i>improvisus</i>		
	Malacostraca			Sphaeromatidae	<i>Cassinidea</i>	<i>Cassinidea</i> <i>fluminensis</i>	
				Munnidae	<i>Uromunna</i>	<i>Uromunna</i> cf. <i>peterseni</i>	
				Panopeidae	Indeterminado		
				Portunidae	<i>Callinectes</i>	Indeterminado	
				Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus</i> <i>angulatus</i>	
				Gammaridea	Indeterminada		sp.1
				Tanaididae	<i>Sinelobus</i>	<i>Sinelobus</i> <i>stanfordi</i>	
	Insecta			Chironomidae	Indeterminado		
Hydrophilidae				<i>Berosus</i>	Indeterminado		
Leptoceridae				Indeterminado			
CNIDARIA	Hydrozoa		Bouganvillidae	Indeterminado			

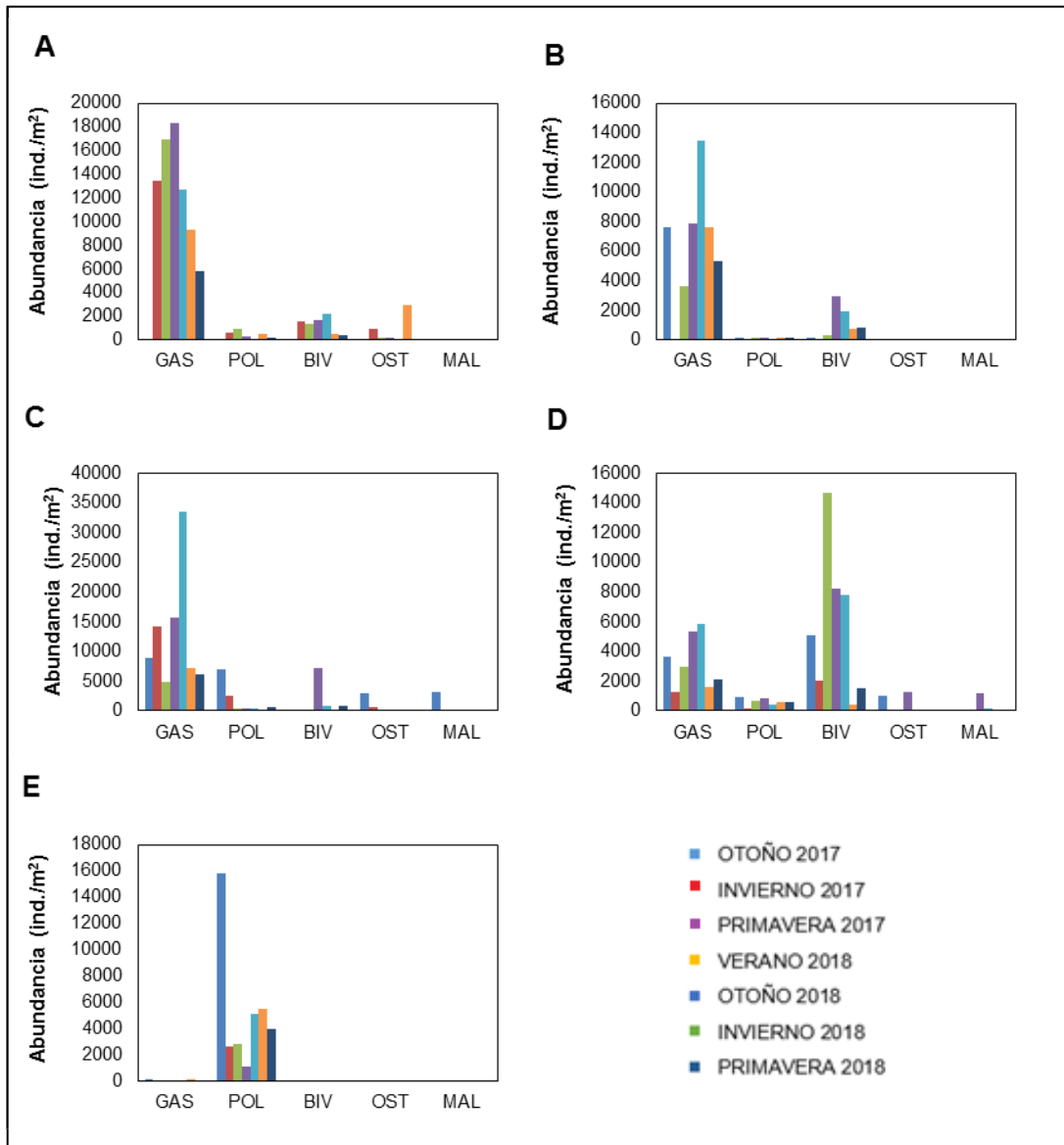


Figura 37. Abundancia (individuos m^{-2}) de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna de Castillos del período de monitoreo. Se presentan los grupos que tuvieron abundancias mayores a 100 ind. m^{-2} en al menos un muestreo. A) Norte, B) Centro, C) Sur, D) Bolsón del Chafalote y E) arroyo Valizas. GAS: Gastropoda, POL: Polychaeta, BIV: Bivalvia, OST: Ostracoda y MAL: Malacostraca.

Misidáceos e ictioplancton

La mayor abundancia de misidáceos tuvo lugar en primavera 2017, donde se registraron en los tres sitios, siendo mayor en el centro (2984 ind.100 m⁻³). En el 2018, las mayores abundancias se registraron en el punto de monitoreo del centro de la laguna (478 ind.100 m⁻³) en otoño y en el sur (295 ind.100 m⁻³) en invierno (Figura 38A).

El ictioplancton, registró la mayor abundancia en primavera 2017 (1129 ind.100 m⁻³) en el norte de la Laguna Castillos. Para su correcta visualización el sitio del norte (negro) corresponde al eje derecho (0 - 1200) (Figura 38B). En términos espaciales el centro fue el sitio que presentó la mayor frecuencia de ocurrencia. En general predominaron las larvas de peces respecto de los huevos.

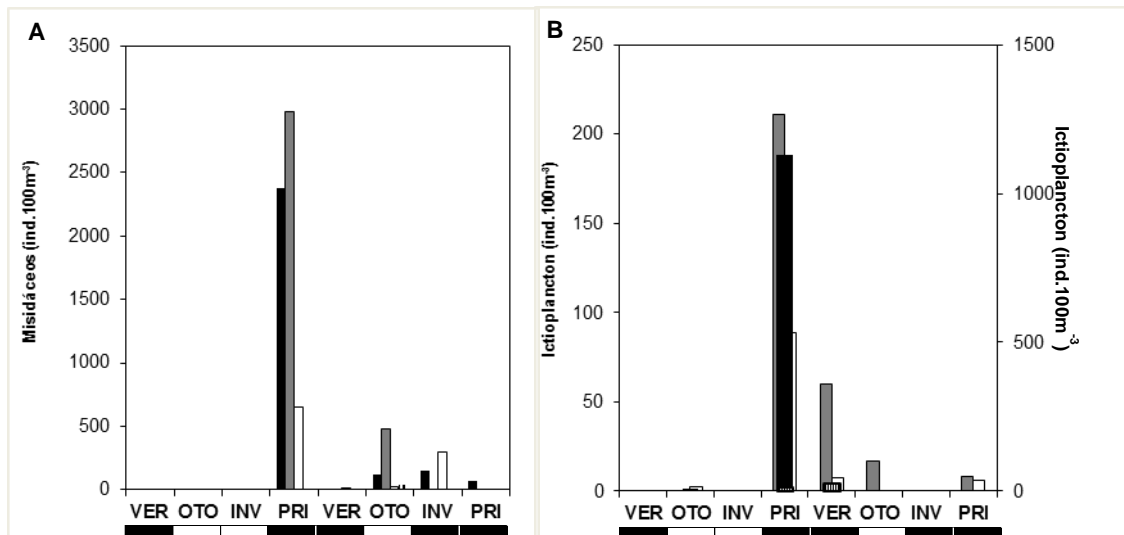


Figura 38. A) abundancias en ind.100 m⁻³ de misidáceos y B) abundancia de ictioplancton en ind.100m⁻³ en Laguna Castillos: Norte (negro), Centro (gris), Bolsón del Chafalote (gris rayado) y Sur (blanco). La banda indica el estado de la barra por estación del año, negro (abierto), blanco (cerrado).

3.2.4 Calidad del Agua: Arroyos

La **temperatura** presentó un patrón estacional, el mínimo (6.2°C) se registró en la cañada de Los Olivera (C6) en invierno 2018, mientras que la máxima (20.8°C) se registró en los arroyos Chafalote y Sarandí en primavera y verano 2018 respectivamente (Figura 39).

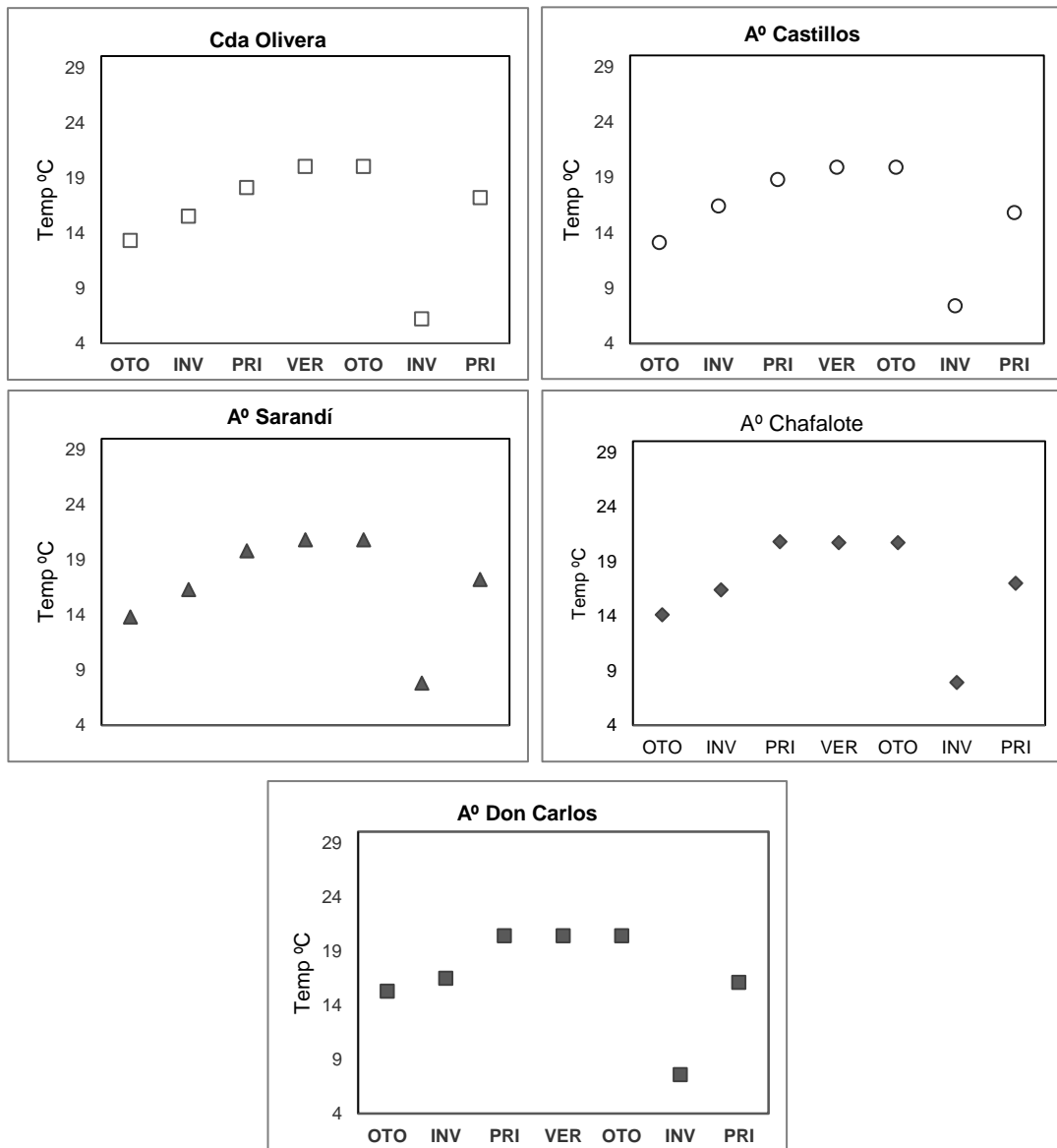


Figura 39. Variación estacional (2017 – 2018) de la Temperatura (Temp) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (estación: LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

Los valores de **pH** se mantuvieron dentro del rango admitido por el Decreto 253/79 (6.5 a 8.5), a excepción de un valor en primavera de 2017 en el punto C7 del arroyo Castillos (6.46), que se encontró marginalmente por debajo del límite inferior (Figura 40).

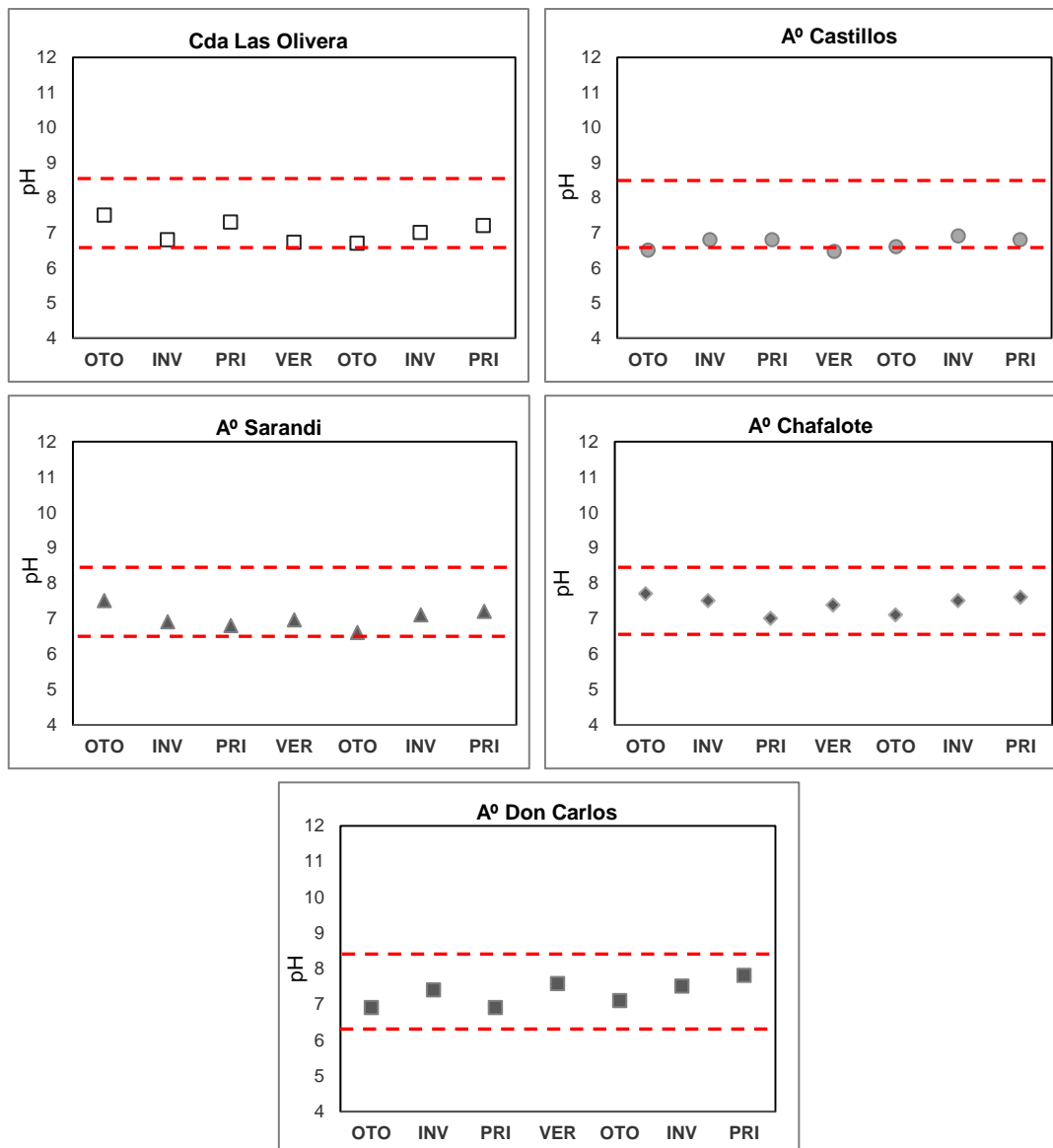


Figura 40. Variación estacional (2017 – 2018) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica los valores del estándar de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) según el Decreto 253/79.

Los valores de concentración de **oxígeno disuelto**, en general cumplieron con el estándar de la normativa nacional (≥ 5 mg/L). Sin embargo, la cañada de Los Olivera y el arroyo Castillos presentaron varios registros que incumplieron con la misma. Los mínimos se registraron en el arroyo Castillos con valores cercanos a la anoxia (1.23 mg/L y 0.6 mg/L en otoño 2017 y verano 2018, respectivamente) (Figura 41).

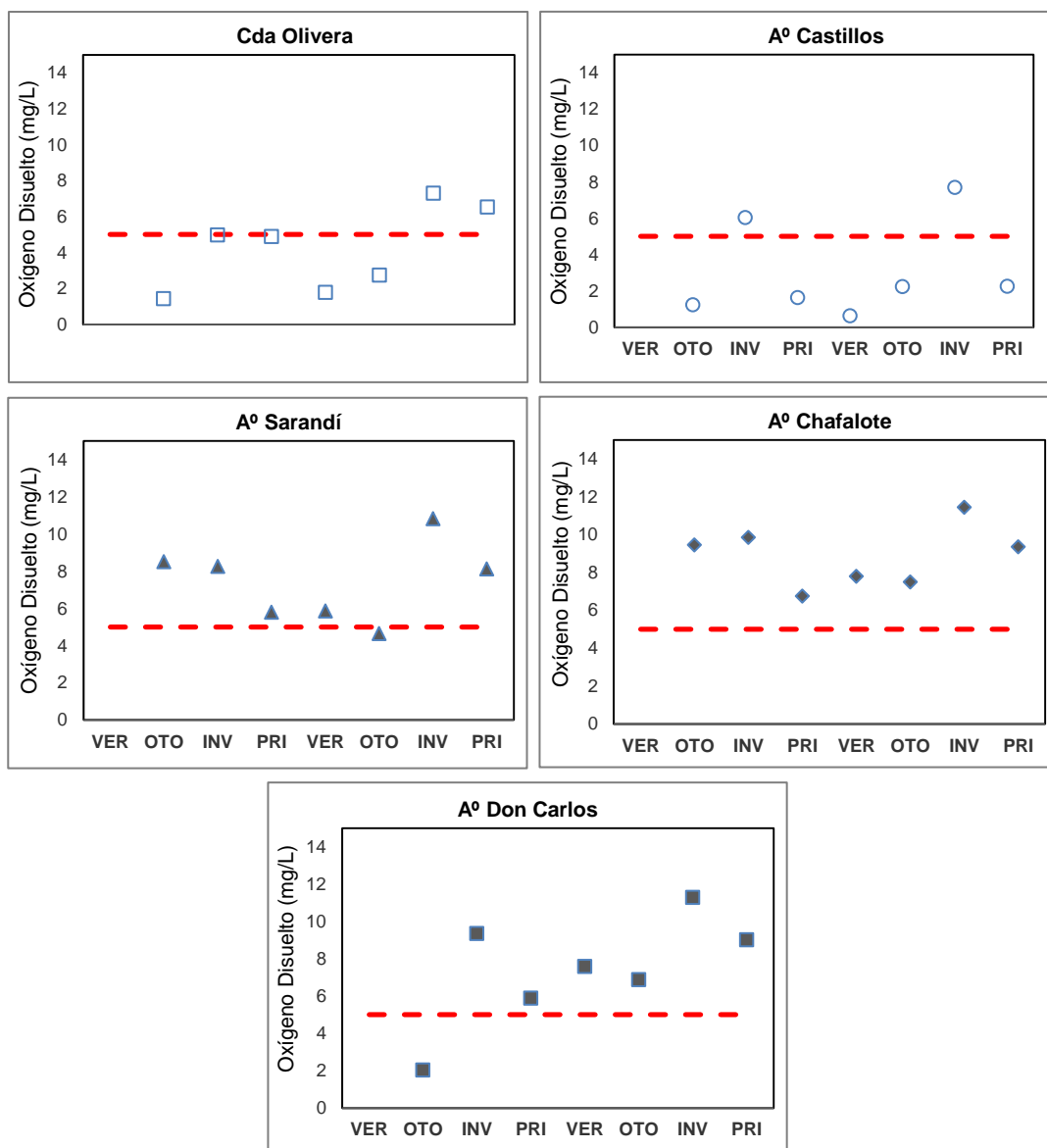


Figura 41. Variación estacional (2017 – 2018) del Oxígeno Disuelto (OD) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica el valor del estándar (≤ 5 mgO₂/L) del Decreto 253/79.

El máximo de **conductividad** (1010 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se registró en otoño 2017 en la cañada Los Olivera. Generalmente este sitio de monitoreo tuvo registros de conductividad superiores al resto de los tributarios. El mínimo de esta variable (72.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se registró en el Arroyo Chafalote (C9), en primavera de 2017 (Figura 42).

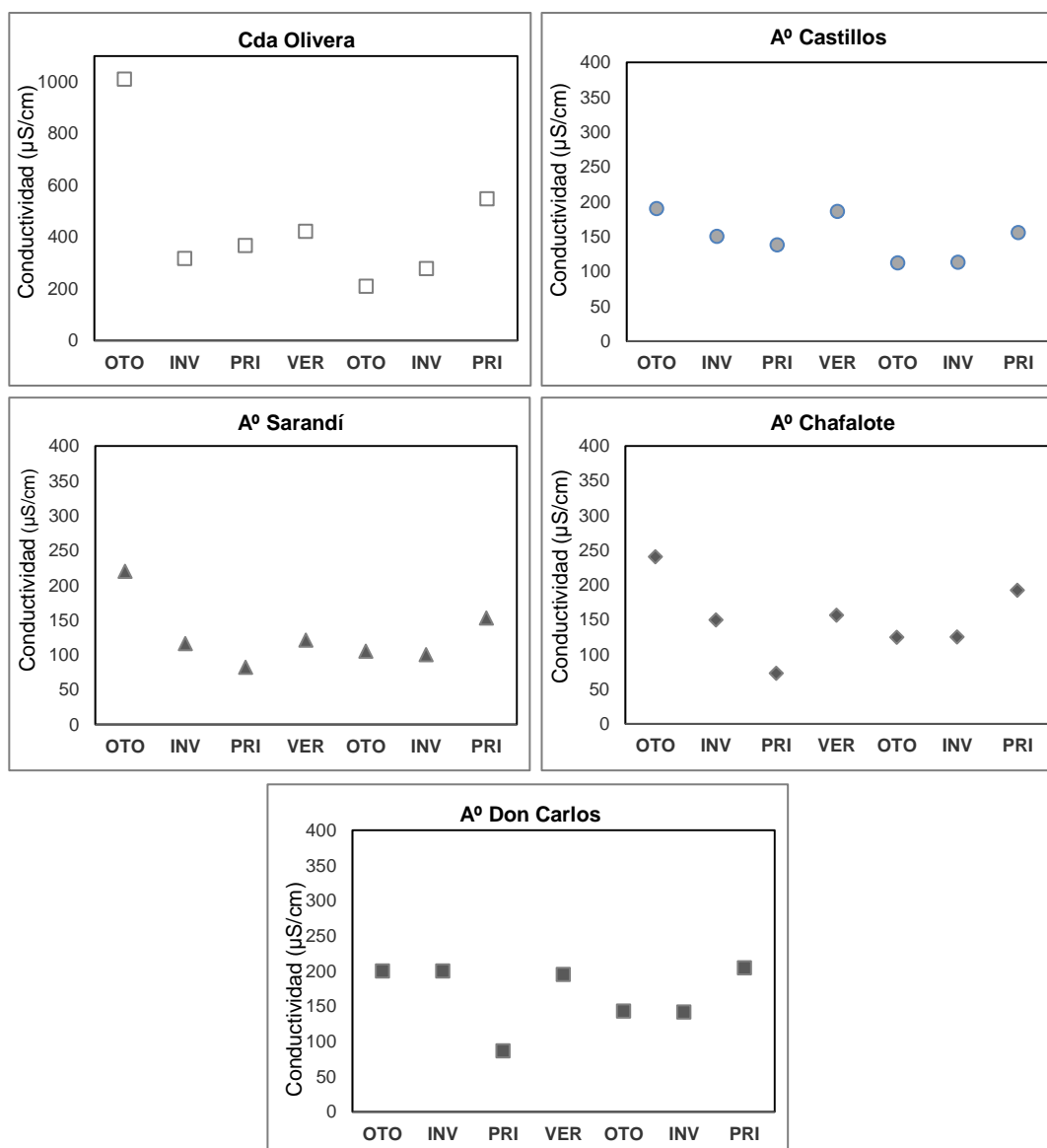


Figura 42. Variación estacional (2017 – 2018) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10).

La **turbidez** presentó valores entre 2.5 NTU y 57.4 NTU. Ambos valores fueron registrados en el arroyo Don Carlos (LC10) durante el otoño y el invierno del 2017, respectivamente (Figura 43.). En la mayoría de los casos los registros se encontraron por debajo del estándar máximo admitido por la normativa nacional (50 UNT).

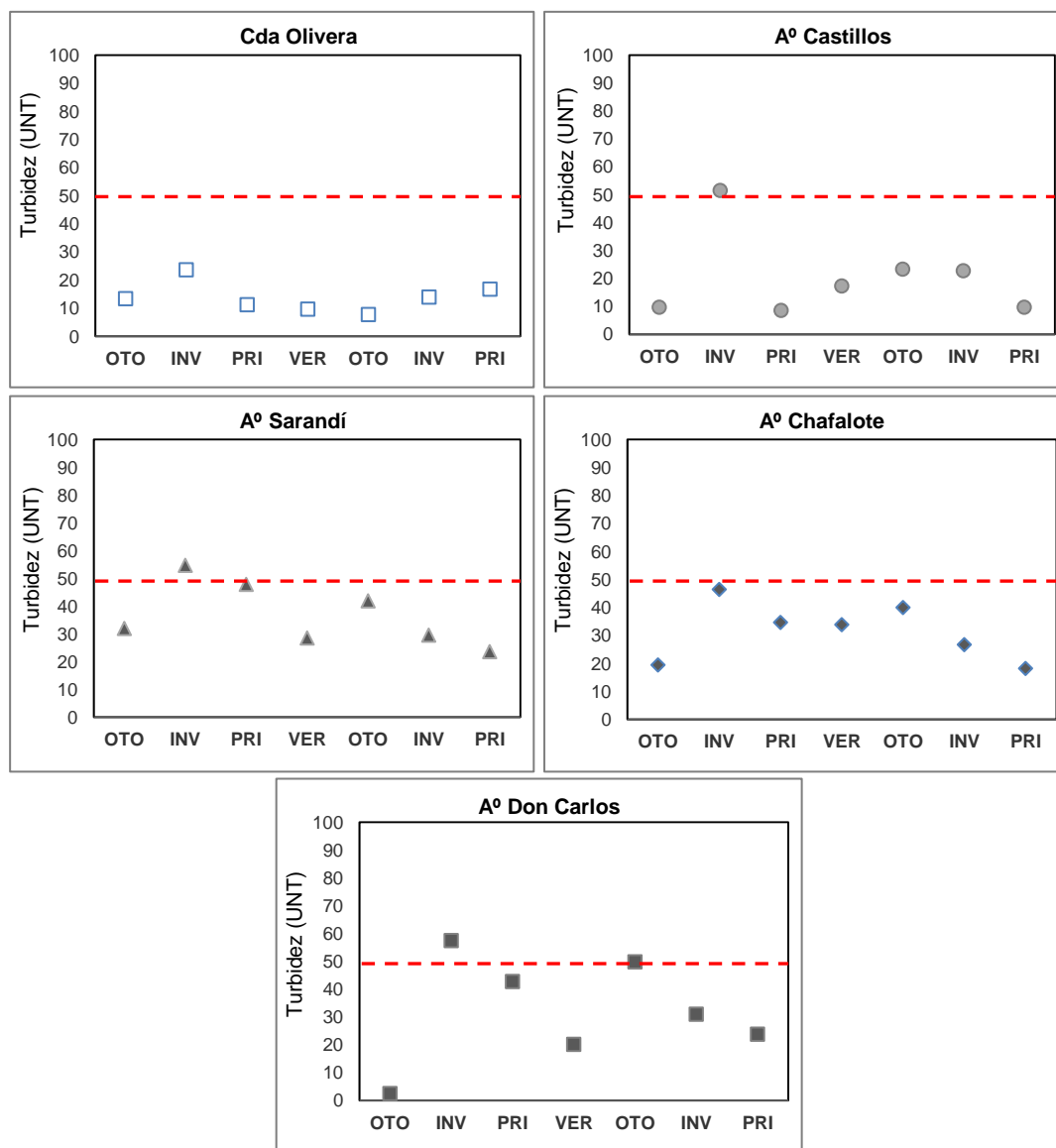


Figura 43. Variación estacional (2017 – 2018) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada roja indica el valor estándar de turbidez (≤ 50 UNT) según el Decreto 253/79.

Los máximos de **amonio** (2610 $\mu\text{g N/L}$), **nitrito** (210 $\mu\text{g N/L}$) y **nitrato** (2920 $\mu\text{g N/L}$) se registraron siempre en la Cañada de los Olivera (C6) durante el otoño de 2017. En ninguno de los tres casos se graficaron esos datos, ya que quedaban fuera de escala. En el caso del amonio (Figura 49), y en la cañada de Los Olivera, hubo un segundo valor que también fue muy elevado respecto al resto (1080 $\mu\text{g N/L}$) y que tampoco fue graficado, por el mismo motivo mencionado anteriormente.

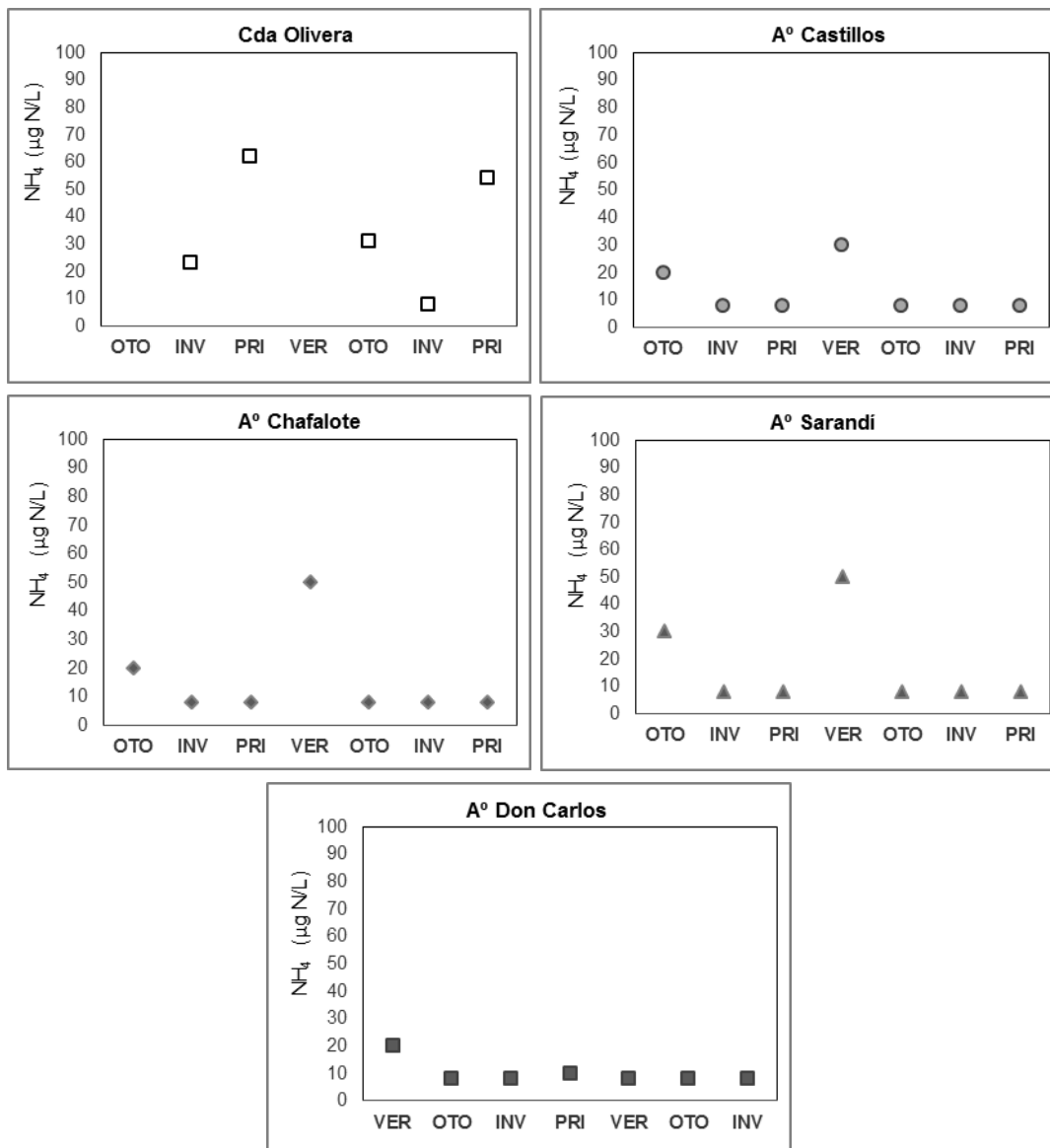


Figura 44. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Amonio (NH₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

El **NO₂** presentó un rango de concentración de entre 3 µg N/L y 210 µg N/L (Figura 44.). Como ya se mencionó, la cañada de Los Olivera fue el tributario que presentó las concentraciones más altas de éste nutriente. Respecto a la concentración de **nitrito (NO₂)** (Figura 45.), ningún valor incumplió con el estándar del Decreto 253/79 (≤ 10.0 mg de NO₃).

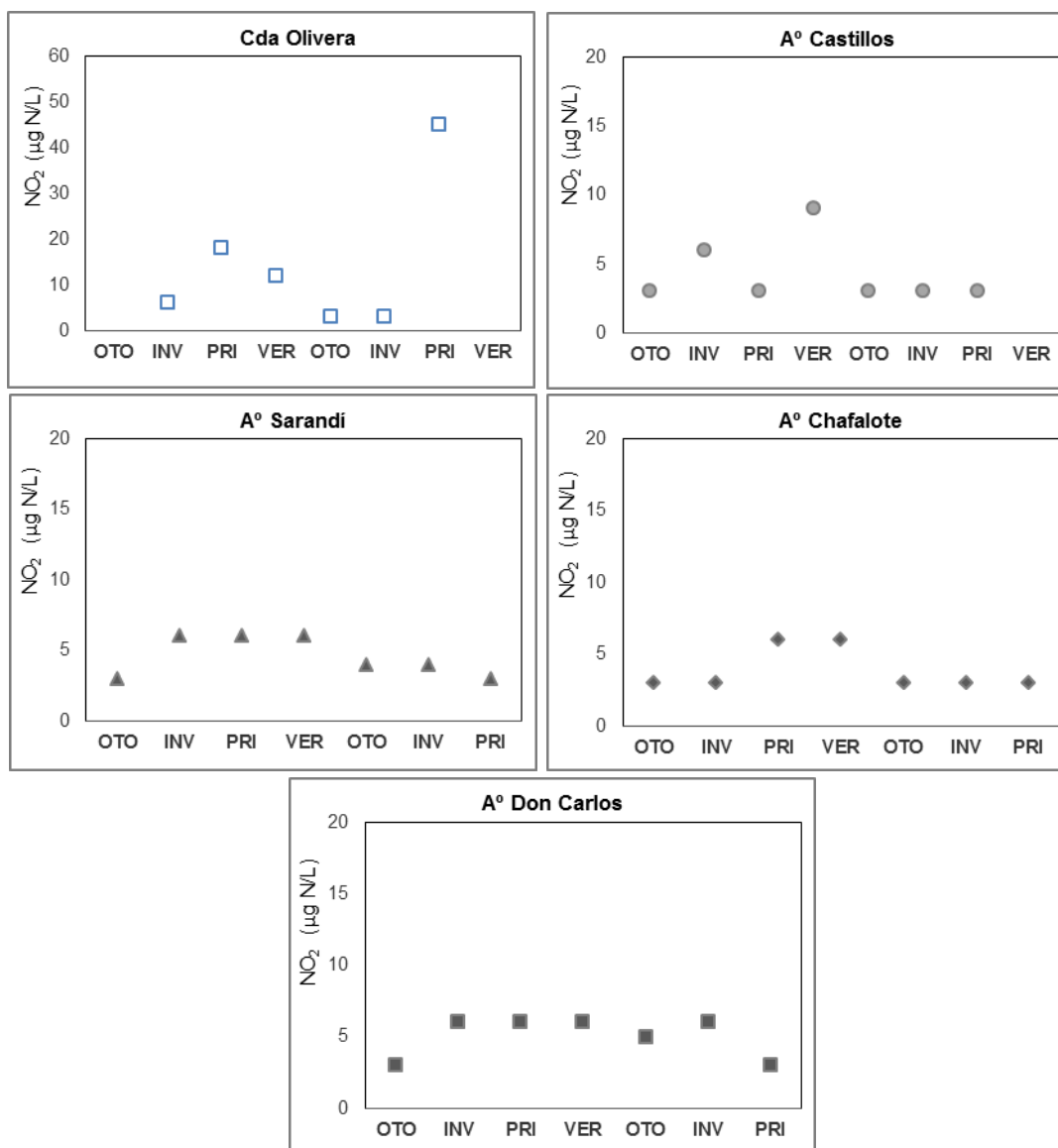


Figura 45. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Nitrito (NO₂) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

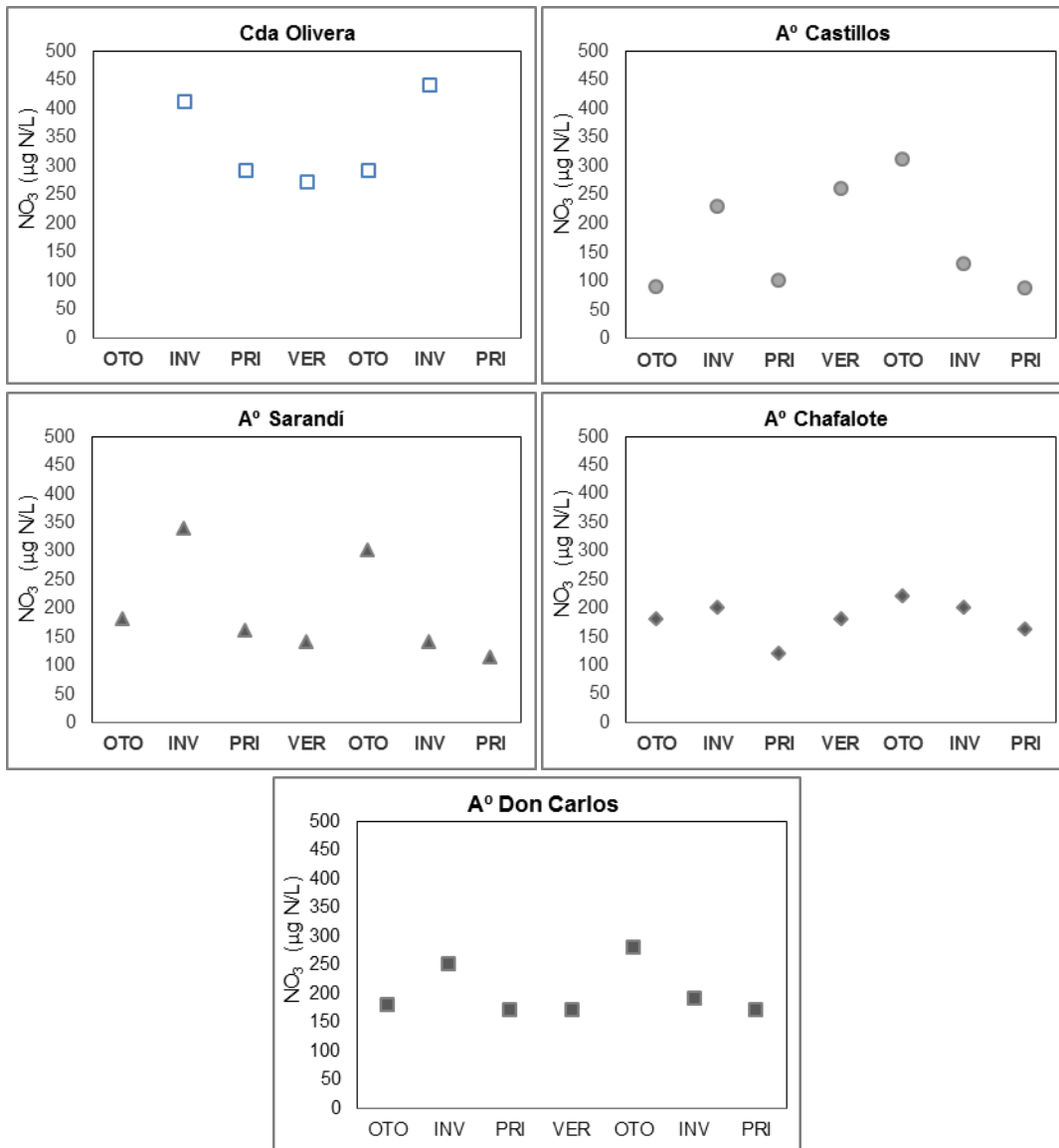


Figura 46. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Nitrato (NO₃) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

Por último, el máximo de **nitrógeno total (NT)** (2700 µg N/L) también se registró en la cañada de Los Olivera (C6), durante el verano de 2018. Cabe aclarar que para el muestreo de otoño 2017 por cuestiones analíticas no fue posible realizar el análisis de nitrógeno total (Figura 46.), lo que explicaría la ausencia de valores más elevados de esta variable en esa estación del año.

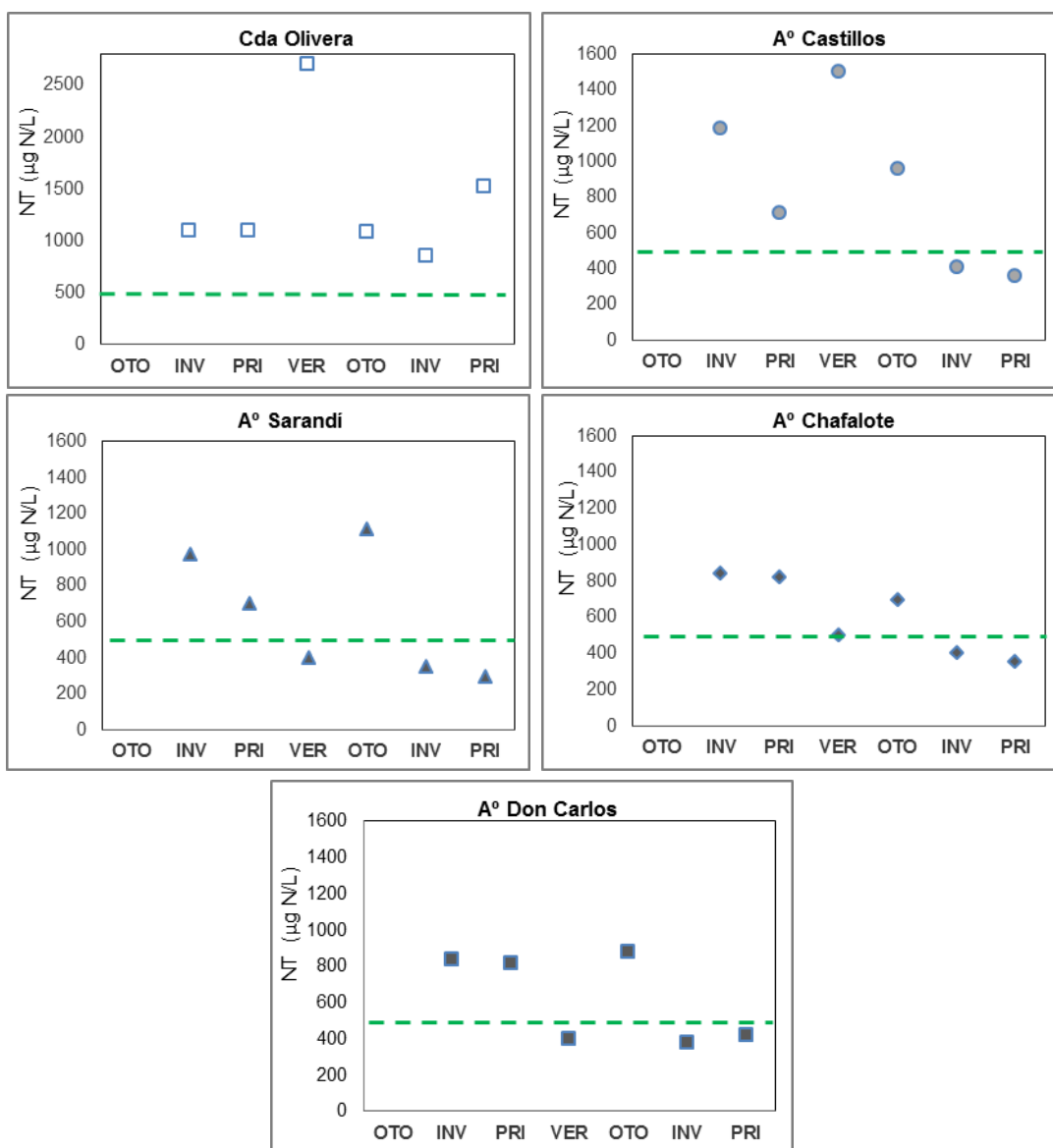


Figura 47. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

Respecto a las concentraciones tanto de **ortofosfato (PO_4)** como de **fósforo total (PT)**, los valores mínimos observados ($10 \mu\text{g P/L}$ y $50 \mu\text{g P/L}$, respectivamente) se registraron en el arroyo Sarandí del Consejo (LC8), en invierno de 2018. Por otro lado, las concentraciones máximas ($1005 \mu\text{g P/L}$ de PO_4 y $740 \mu\text{g P/L}$ para PT) ocurrieron en la cañada de Los Olivera (C6) (Figura 47. y Figura 48.). El hecho de que el máximo de PO_4 sea mayor que el máximo de PT, sería explicado por la ausencia de datos de fósforo total para toda la campaña de otoño del 2017, mientras que sí hay datos de PO_4 para esa estación del año.

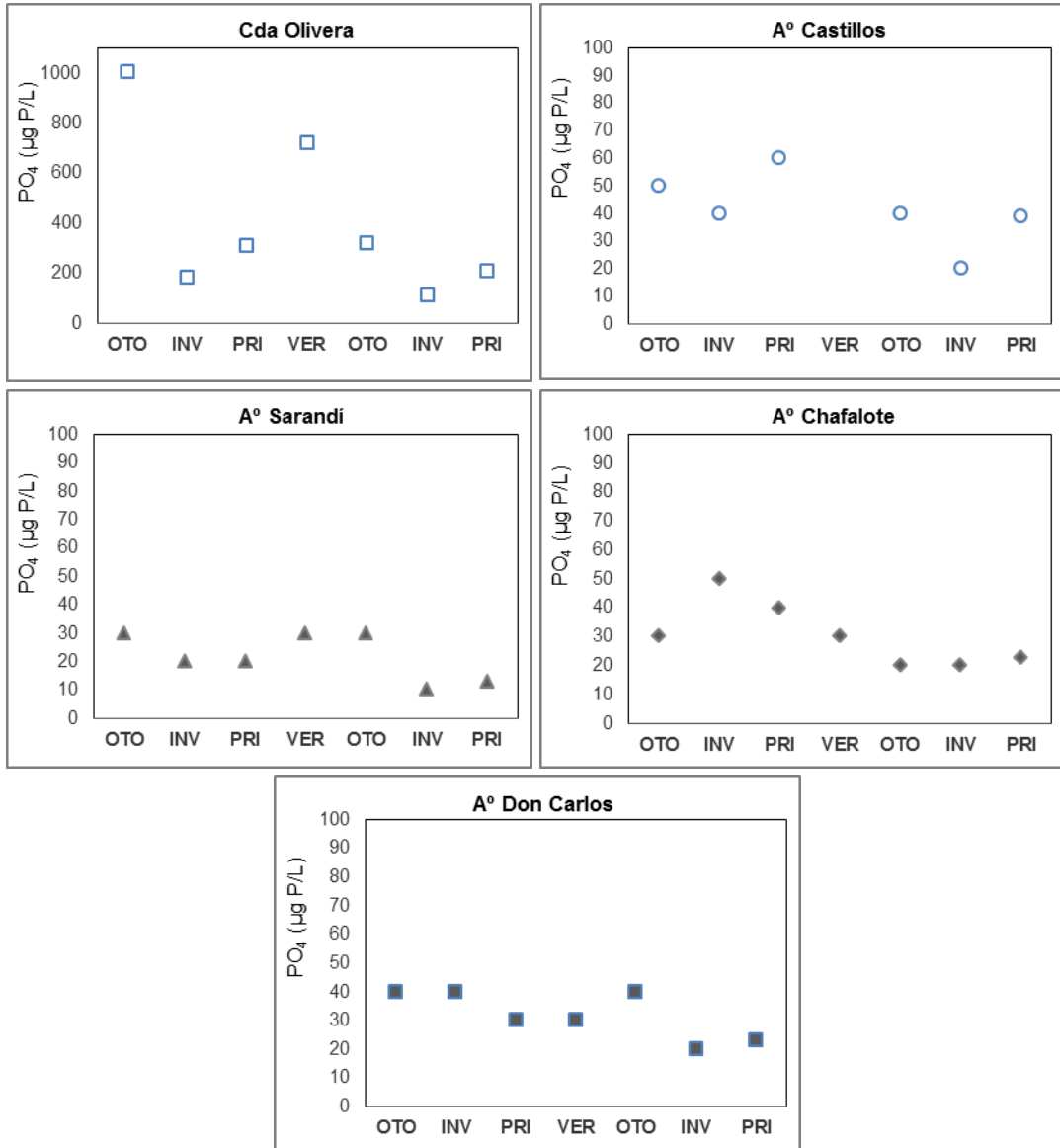


Figura 48. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Fosfato (PO₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: cañada de Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

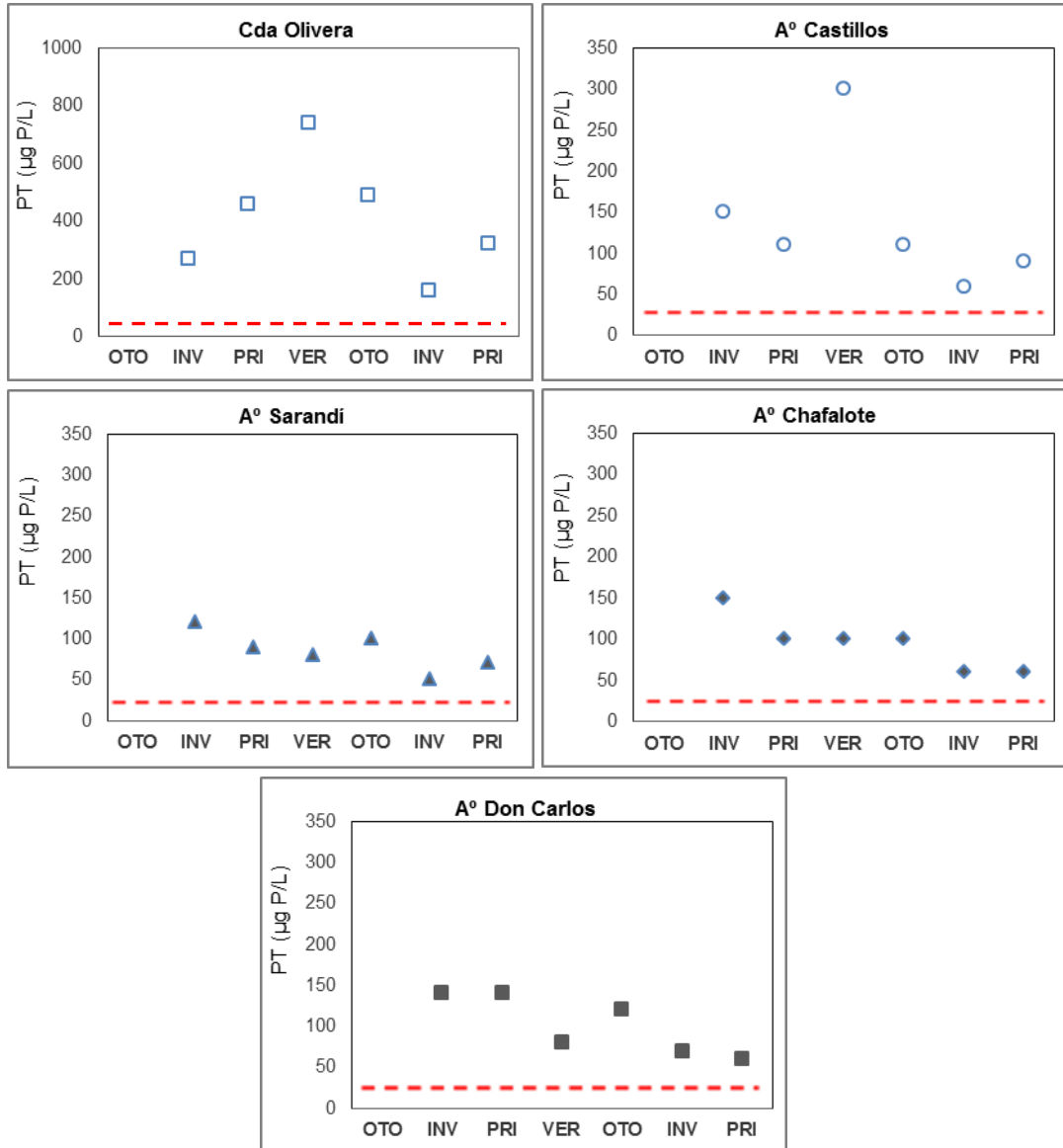


Figura 49. Variación estacional (2017 – 2018) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada roja indica el valor estándar de fósforo (≤ 25 UNT) según el Decreto 253/79.

La biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de **clorofila a** fluctuó entre 0.7 µg/L y 9.5 µg/L. Este último valor se registró en el Arroyo Sarandí (LC8) durante la primavera de 2018 (Figura 49). Todos los valores determinados se encuentran por debajo del valor guía (10ug/L) sugerido por la mesa técnica del agua.

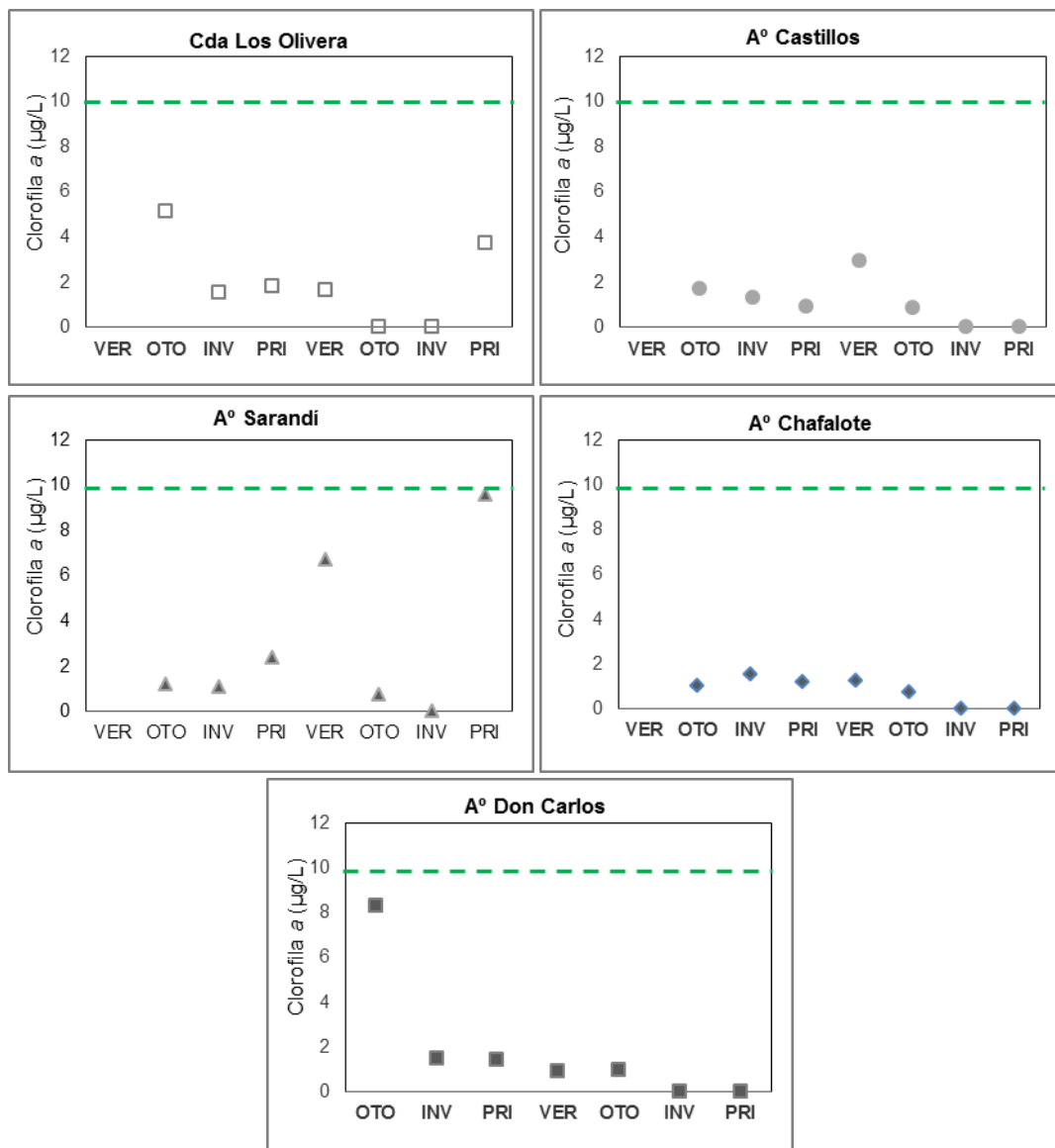


Figura 50 Variación estacional (2017 – 2018) de la biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de Clorofila *a* en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (estación: LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la mesa técnica del agua ($\leq 10 \mu\text{g/L}$).

Los **coliformes termotolerantes** se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales admitido por el Decreto 253/79 ($\leq 2000 \text{ UFC}/100\text{ml}$), 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 21).

Tabla 21. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Castillos registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año

Año	Estación	Cañada de Los Olivera	Arroyo Castillos	Arroyo Sarandí del Consejo	Chafalote	Don Carlos
2017	Otoño	795	24	450	1210	23
	Invierno	180	1280	420	1610	1020
	Primavera	3100	40	615	1310	650
2018	Verano	180	230	650	1350	440
	Otoño	150	30	240	630	370
	Invierno	100	50	270	150	200
	Primavera	340	10	10	240	170

3.2.4.1 Fitoplancton Arroyo Valizas

Durante el período considerado para este informe (2017 y 2018) no se registraron floraciones de cianobacterias, aunque sí se hallaron especies potencialmente tóxicas (e.g *Dolichospermum spp.*, *Aphanizomenon sp.*) principalmente en verano.

Se registró un total de 45 taxas distribuidos en 8 clases, Cyanophyceae (4), Bacillariophyceae (24), Dinophyceae (5), Euglenophyceae (3), Zygnematophyceae (4), Cryptophyceae (3), Synurophyceae (1) y Chlorophyceae (1). También se incluyó una especie de ciliado autótrofo (*Myrionecta rubra*) el cual fue abundante durante el otoño de 2018. Las diatomeas (Bacillariophyceae) fueron la clase con mayor abundancia y biovolumen (Figura 51), y las que dominaron la mayor parte del período considerado, exceptuando el invierno de 2018 que hubo dominancia de cryptophyceae (Figura 52). Esto es coincidente con los resultados obtenidos en estudios anteriores donde se encontró una dominancia alternada entre diatomeas y criptofitas (Vidal 2008). En verano de 2017 las diatomeas compartieron la dominancia con cianobacterias y en invierno con zygnematophyceae (Figura 52)

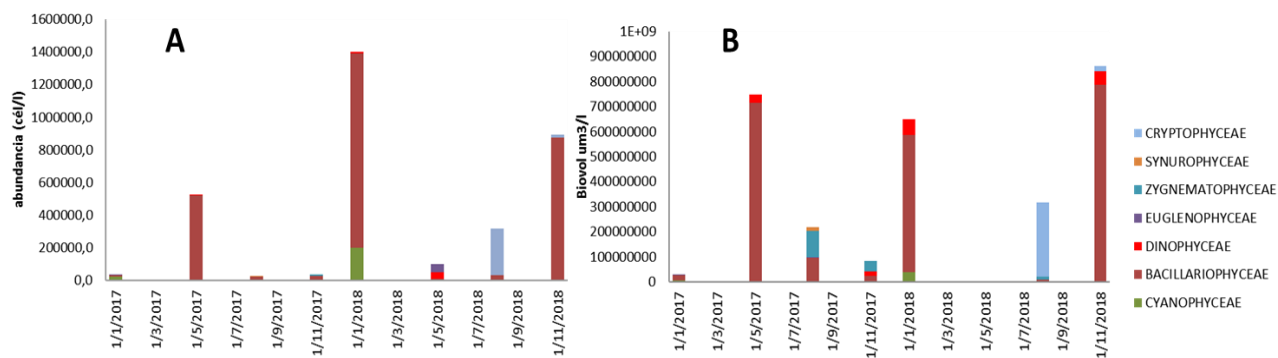


Figura 51. Abundancia (A) y Biovolumen (B) de las distintas clases de fitoplancton.

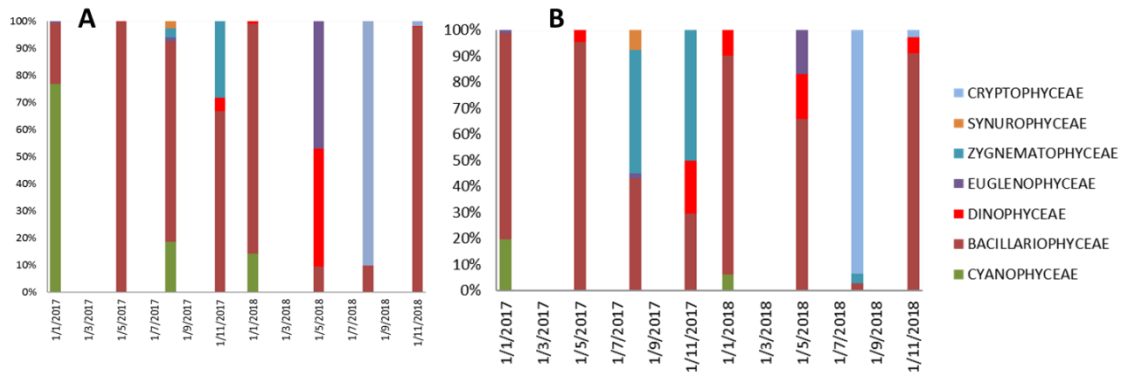


Figura 52. Abundancia relativa (A) y Biovolumen relativo (B) de las distintas clases de fitoplancton

Comparando ambos años de monitoreo, el 2018 presentó mayor abundancia, mayor biovolumen y mayor riqueza (menos variable) de fitoplancton que el 2017 (Figura 53). La abundancia presentó una tendencia increíble desde el invierno al verano (Figura 53). La época que presentó menor biovolumen también fue el invierno, pero a su vez también presentó la mayor riqueza de especies, y la primavera fue la época de mayor biovolumen (Figura 53).

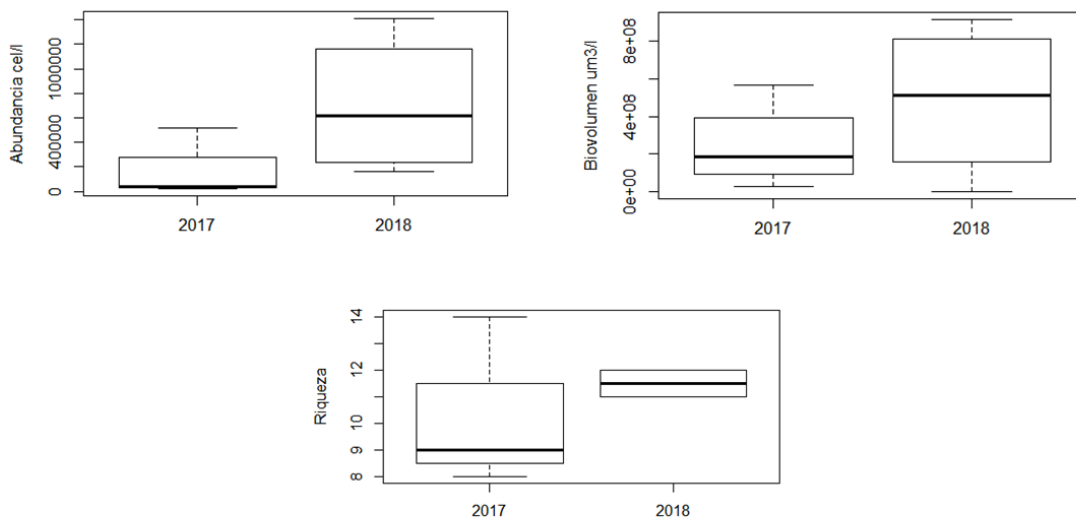


Figura 53. Box plot de abundancia total (superior izquierda), de biovolumen total (superior derecha) y de riqueza total (inferior) de fitoplancton para los años considerados.

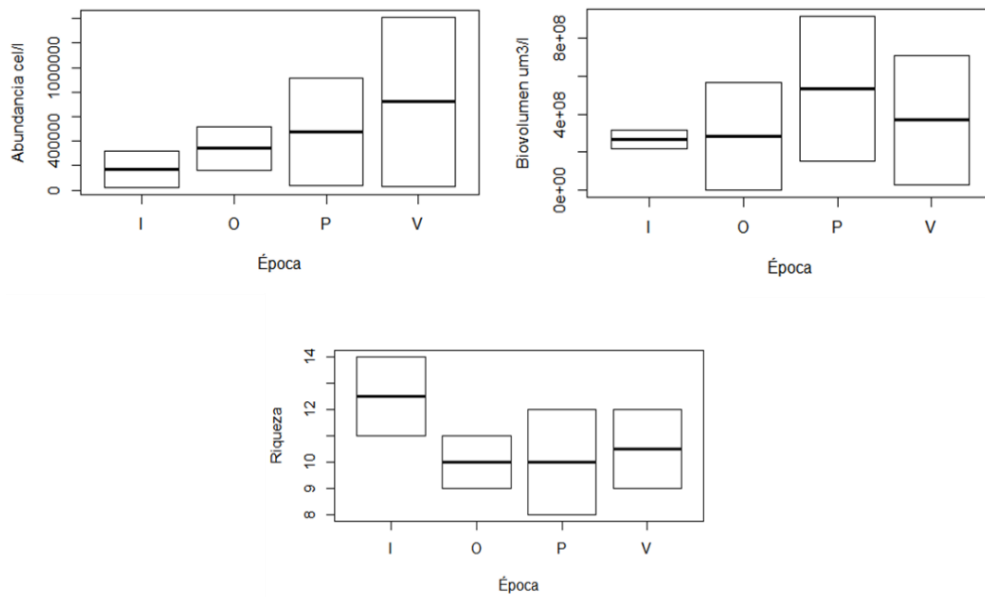


Figura 54. Box plot de abundancia total (superior izquierda), de biovolumen total (superior derecha) y riqueza de especies (inferior) de fitoplancton para las distintas épocas considerando ambos años

La mayor abundancia registrada en verano se explica por la presencia de cianobacterias, las cuales presentaron su mayor abundancia y biovolumen en esa época (Figura 60). En cambio, el mayor biovolumen hallado en primavera se debe a la ocurrencia de diatomeas, que presentaron sus mayores abundancias y biovolúmenes en esa época.

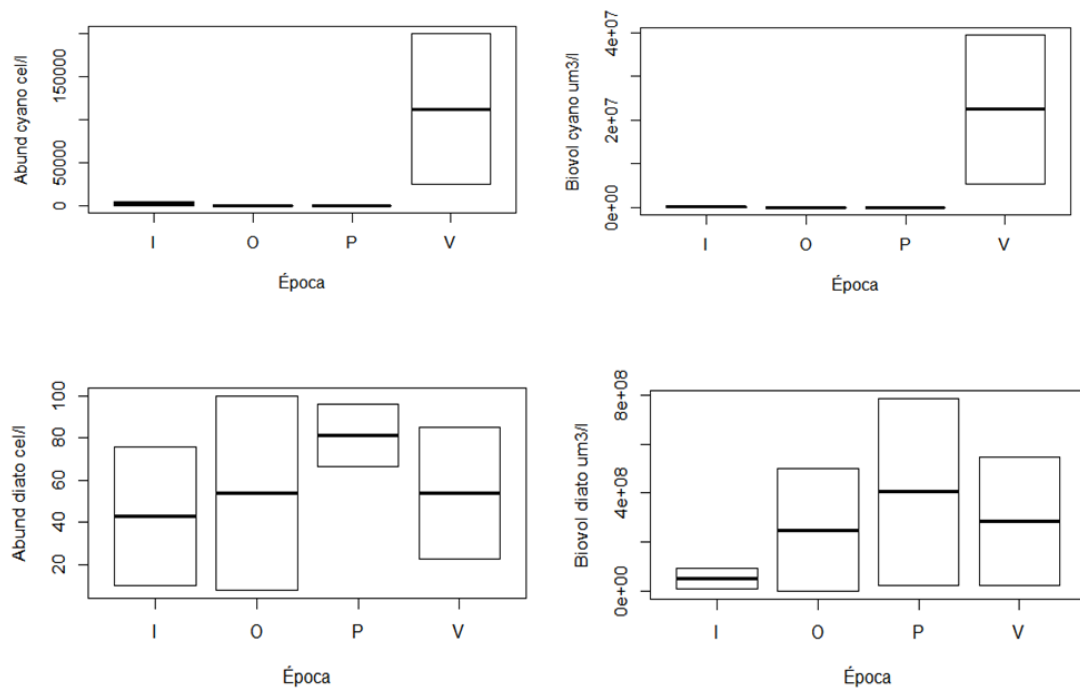


Figura 55. Box plot de abundancia (izquierda) y biovolumen (derecha) de cianobacterias (superior) y diatomeas (inferior) y para las distintas épocas considerando ambos años.

Si bien la abundancia de cianobacterias y el biovolumen fue mayor en el 2018, su biovolumen relativo fue mayor en el 2017 (Figura 56). El 2017 presentó una mayor abundancia de diatomeas que el 2018, pero el biovolumen y el biovolumen relativo fue mayor en el 2018.

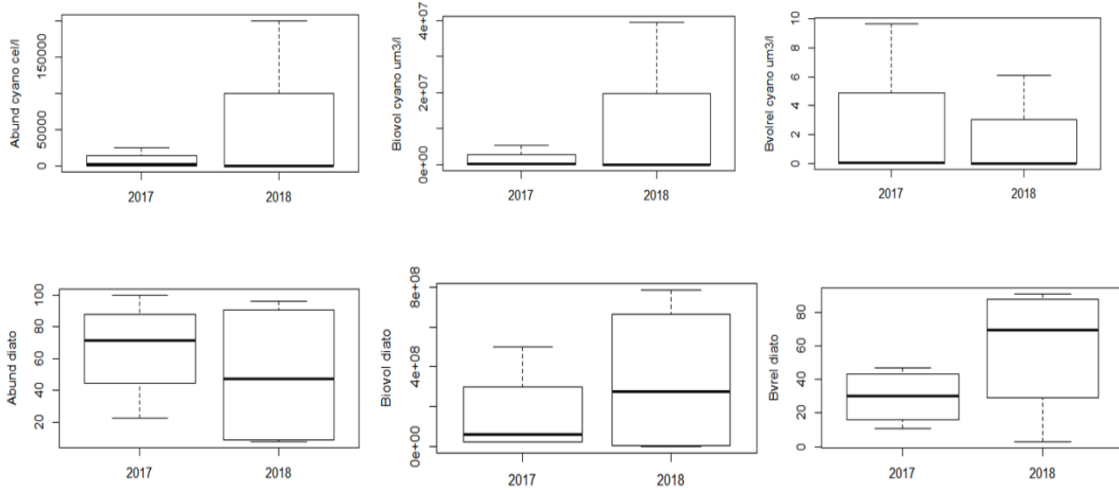


Figura 56. Box plot de abundancia (izquierda), biovolumen (centro) y biovolumen relativo (derecha) de cianobacterias (superior) y diatomeas (inferior) para los distintos años

3.2.5 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo

El análisis de las áreas de los diferentes usos del suelo en la cuenca de la Laguna de Castillos, obtenidas a partir de imágenes satelitales, mostró un aumento de la superficie cultivada y de la forestación en detrimento del campo natural a lo largo del tiempo (Figura 57). El uso urbano se mantuvo en el tiempo y el bosque nativo presentó cierta variación aumentando hacia el final del período.

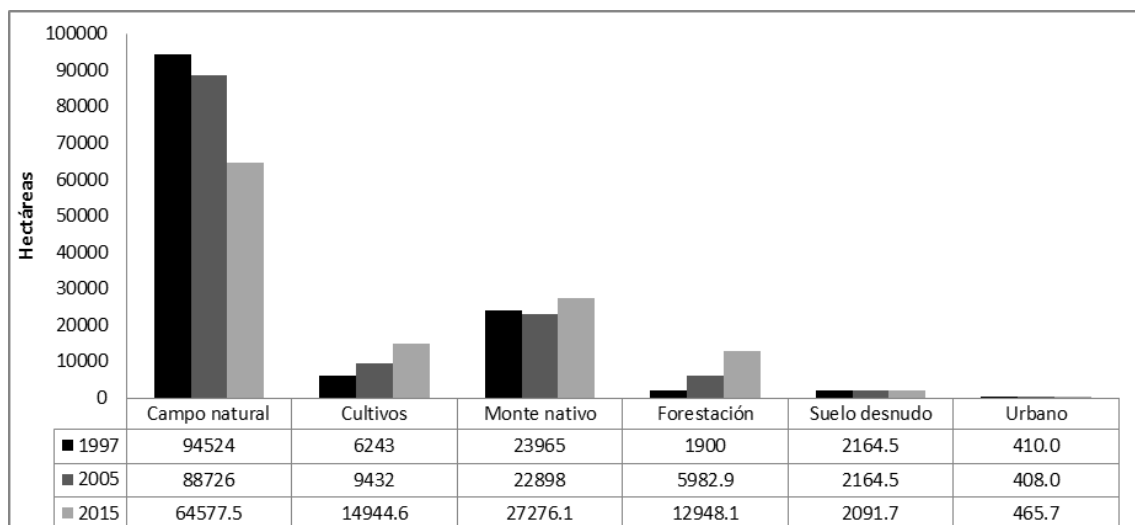


Figura 57. Cambio del uso del suelo de la laguna de Castillos en el período 1997 – 2015, determinado a partir de imágenes satelitales.

A partir del análisis de cargas anuales (ton/año) estimado según los usos del suelo (a partir de la imagen Landsat del año 2015), se observó tanto para el fósforo total (PT) como nitrógeno total que las subcuencas del arroyo Chafalote y el arroyo Don Carlos fueron las que más carga aportaron a la Laguna de Castillos (Tabla 22).

Tabla 22. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna de Castillos.

	Castillos	Chafalote	Don Carlos	Valizas
Superficie (ha)	30234.5	31443.1	37138.7	10057.4
Carga PT (ton/año)	14.9	24.3	25.3	3.0
Carga NT (ton/año)	73.5	106.2	109.8	17.5

Por otro lado, el análisis de carga por unidad de superficie (kg/ha/año), mostró que las subcuencas del arroyo Chafalote y el arroyo Don Carlos fueron las que presentaron mayor intensidad de carga en términos de PT (Figura 58). Asimismo, las subcuencas del arroyo Chafalote y la subcuenca Laguna de Castillos fueron las que presentaron mayor intensidad de carga por unidad de superficie en términos de NT (Figura 64).

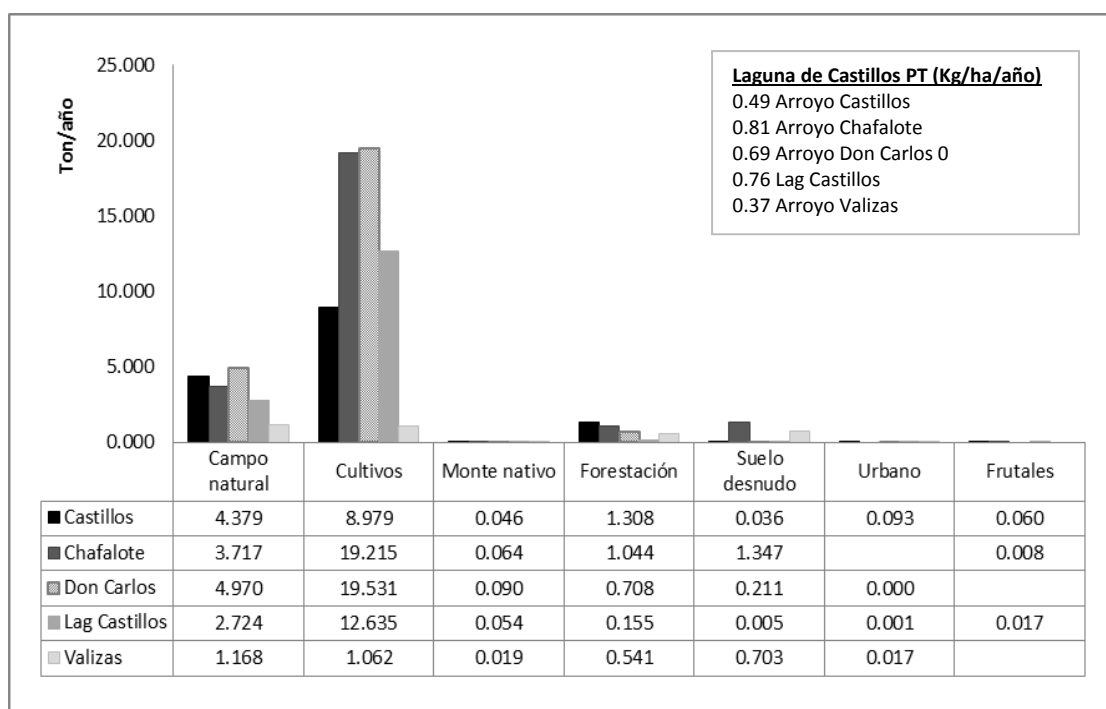


Figura 58. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Castillos por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

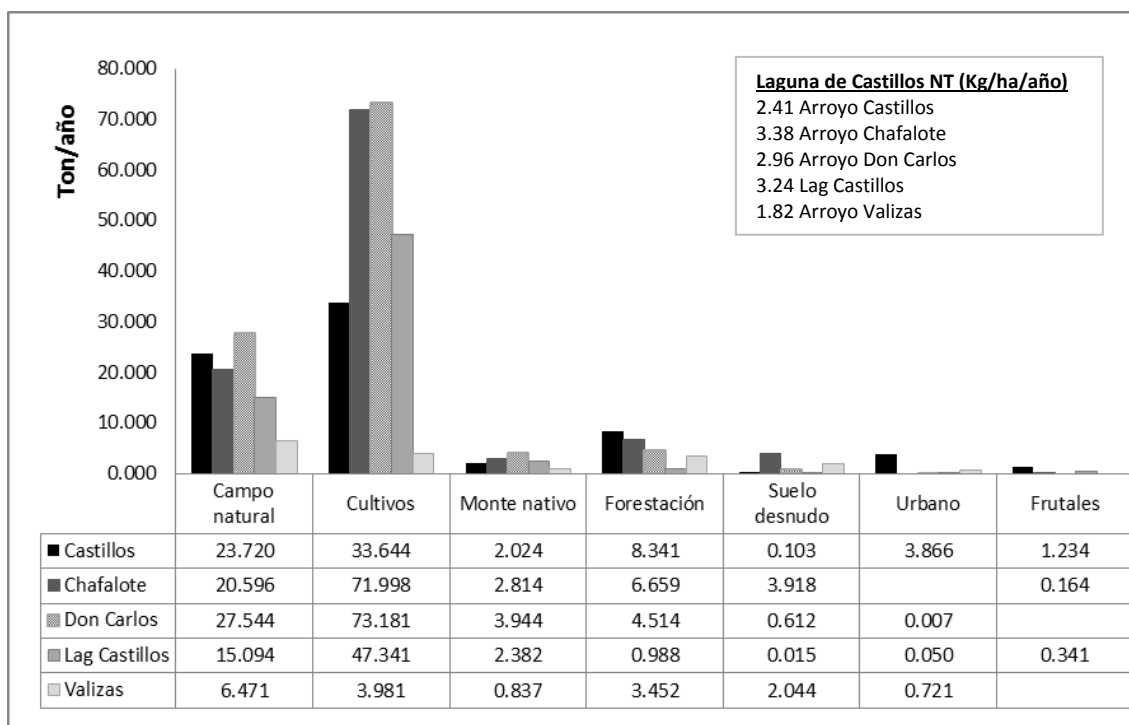


Figura 59. Cargas anuales de NT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Laguna de Catillos por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

3.3 Cuenca de la Laguna Garzón

3.3.1 Calidad del agua: Laguna Garzón

Durante el período de estudio, la barra arenosa fue intervenida artificialmente en varios momentos. Sin embargo, entre cada apertura artificial la laguna estuvo abierta en general menos de medio mes, a excepción de la apertura artificial de octubre de 2018 que se prolongó hasta los primeros días de noviembre. Pese a que se realizaron reiteradas aperturas artificiales, las aperturas efectivas, es decir aquellas que promovieron una adecuada descarga de agua y sedimentos al mar y un ingreso de agua marina al sistema se reducen posiblemente a la que fue realizada en octubre de 2018, cuando sí se registró un ingreso de agua marina y aumento de la conductividad en la laguna (Figura 60D).

La **temperatura** varió entre 10.8 y 26.1 °C, con un promedio para toda la laguna de 19.8 ± 5.1 °C (Figura 60A), presentando un claro patrón estacional donde se registran los máximos en verano y los mínimos en invierno. El **pH** (Figura 60B) presentó un rango de variación entre 7.2 y 8.5, con un valor promedio de 7.6 ± 0.4 , registrándose todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79.

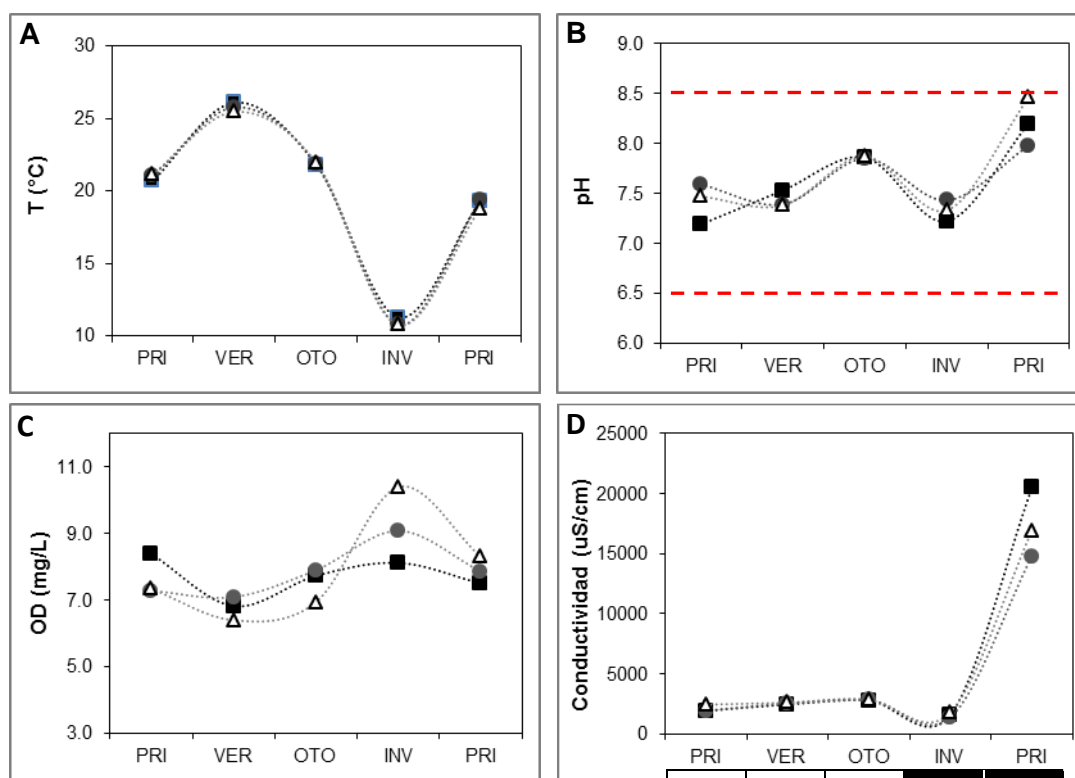


Figura 60. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de la temperatura (A), el pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo) y Sur (Triángulo). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta esquema del estado de la barra arenosa el día del muestreo: negro (abierta) y blanco (cerrada). La línea roja entrecortada indica los valores del estándar de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) del Decreto 253/79.

Los valores de **oxígeno disuelto** oscilaron entre 6.4 y 10.4 mg O₂/L, con un promedio para toda la laguna de 7.8 (Figura 60C). El porcentaje de saturación de oxígeno fue de 88.7 mg O₂/L. La **conductividad** presentó valores entre 1380 y 20500 μS/cm, observándose los menores valores en invierno y los mayores en primavera de 2018, coincidiendo con el período de barra abierta. El promedio de conductividad para el período fue de 5282 ± 6382 μS/cm (Figura 60D), siendo más baja que el promedio histórico (2002-2016) (Anexo 4).

La **turbidez** presentó valores entre 0 y 91.1 UNT, con un promedio para toda la laguna de 27.2 ± 27.5 UNT (Figura 61A). Los máximos de turbidez se registraron en invierno de 2018, siendo mayores para sur y centro de la laguna. En algunos casos se superó el límite establecido en el Decreto 253/79 (máx. 50 UNT).

La **materia orgánica (MO)** fluctuó entre 1.6 y 12.4 mg/L, siguiendo el perfil de los sólidos en suspensión (Figura 61B). Los **sólidos suspendidos totales (SST)** variaron entre 7.7 y 67.7 mg/L, siguiendo un patrón similar al de turbidez (Figura 61C). El promedio durante el período de estudio fue de 21.4 ± 17.7 mg/L.

La concentración de **amonio (NH₄)** varió entre <0.010 (límite de detección) y 0.100 mg N/L, con un promedio de 0.049 ± 0.030 mg N/L. Los valores máximos se observaron en invierno de 2018 en las zonas centro y sur de la laguna (Figura 62A).

Por otro lado, la concentración de **nitrito (NO₂)** presentó valores menores al límite de detección (<0.001 mg N/L y 0.004 mg N/L). La concentración de nitrato (NO₃) fluctuó entre <0.010 (límite de detección) y 0.477 mg N/L, con un promedio para toda la laguna de 0.153 ± 0.159 mg N/L (Figura 62B). Los valores máximos se registraron en primavera de 2017 y otoño de 2018.

La concentración de **nitrógeno total (NT)** varió en el rango entre 0.24 y 1.03 mg N/L, con un promedio para toda la laguna de 0.66 ± 0.22 mg N/L, siendo un orden de magnitud mayor respecto a los valores históricos (2002 – 2016) (Anexo 4). Los valores máximos se registraron en primavera y verano de 2017, mientras que se observa un descenso de la concentración al final del período 2018 (Figura 62).

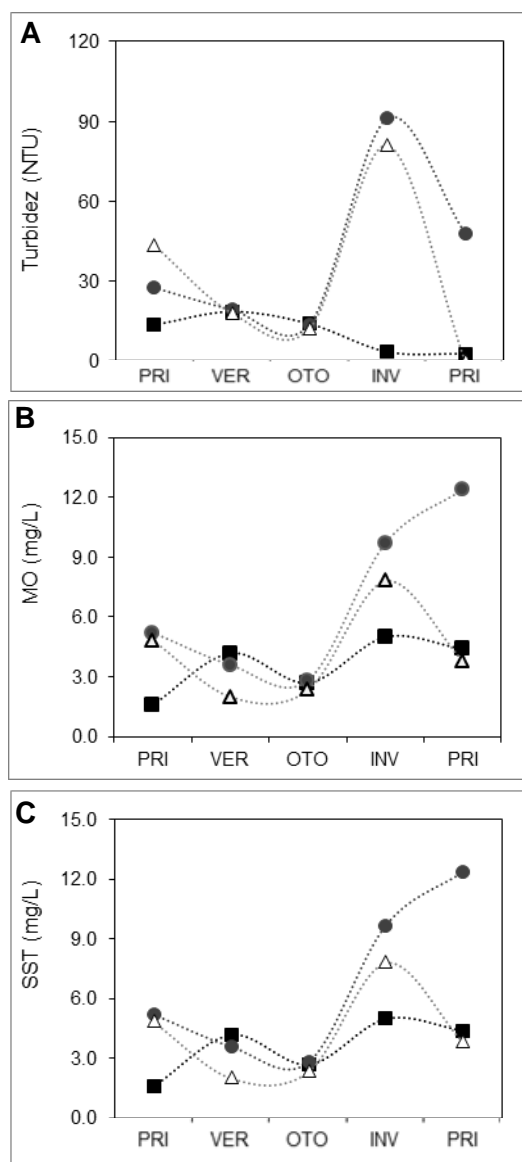


Figura 61. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de turbidez (A), sólidos en suspensión (B) y materia orgánica (C) de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el valor del estándar (50 UNT) del Decreto 253/79.

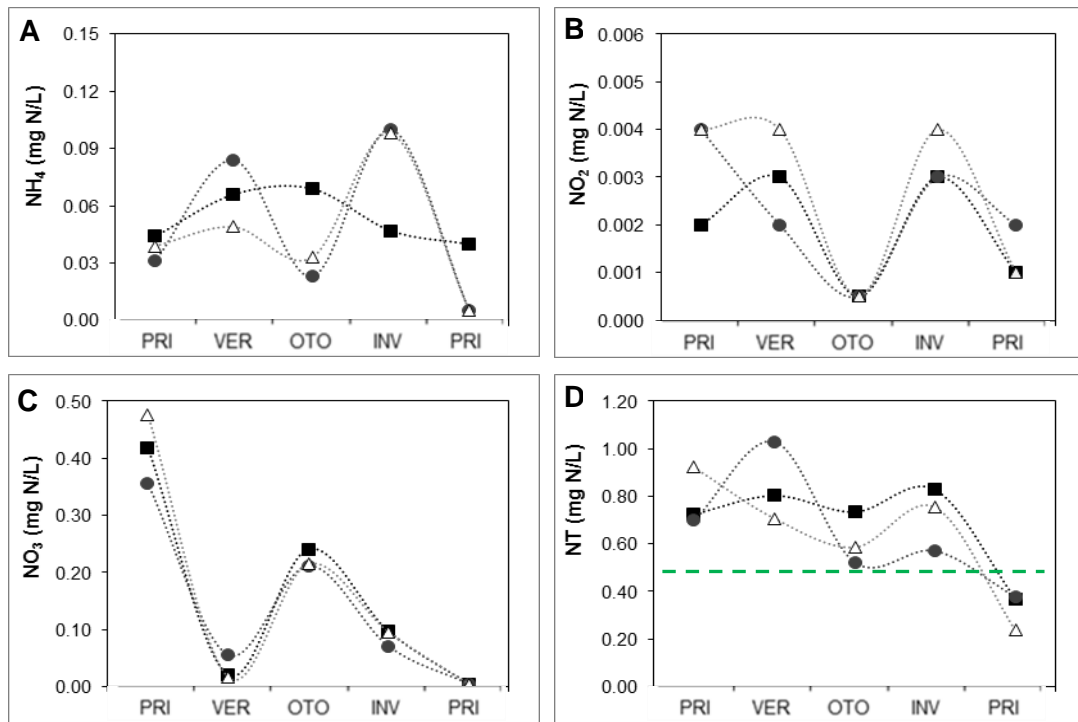


Figura 62. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

La concentración de **ortofosfato (PO_4)** varió entre 20.5 y 90.9 $\mu\text{g P/L}$, con un promedio para toda la laguna de $53.8 \pm 21.7 \mu\text{g P/L}$, triplicando su valor histórico (Figura 68A). Asimismo repite el mismo perfil de la clorofila *a*, pero no se observan diferencias marcadas entre sitios, salvo en primavera de 2017. La concentración de **fósforo total (PT)** (Figura 68B) varió entre 54.2 y 211.9 $\mu\text{g P/L}$, con un promedio de $134.7 \pm 44.1 \mu\text{g P/L}$, superando en más de dos veces su promedio histórico (2002 – 2016) (Anexo 4). Los valores más altos se registraron en otoño e invierno de 2018, siendo algo mayores en el sur de la laguna.

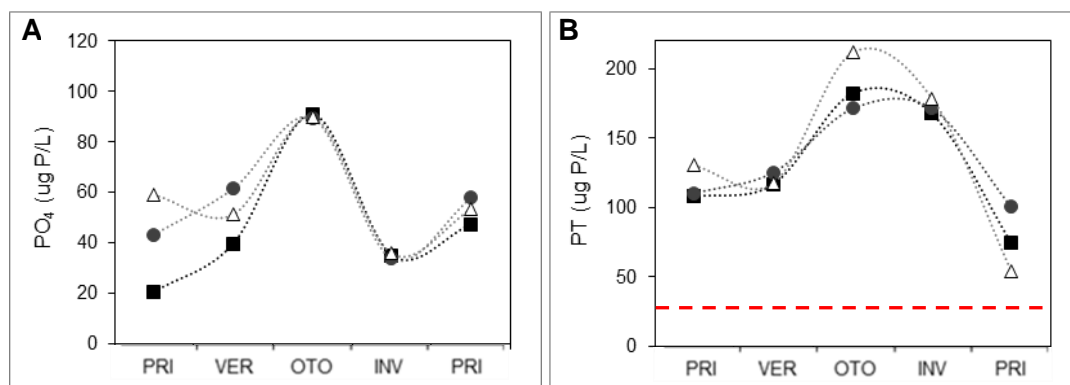


Figura 63. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de Fósforo Reactivo Soluble (A) y Fósforo Total de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo).

La biomasa fitoplanctónica, estimada a través de la concentración de **clorofila a** fluctuó entre 1.5 y 12.2 µg/L, con un promedio para toda la laguna en el período estudiado de 5.4 ± 2.9 µg/L (Figura 69). En general, la zona centro de la laguna tuvo valores más elevados que norte y sur. Los valores más altos ocurrieron en otoño y primavera de 2018, presentando la concentración promedio del período, valores similares a los históricos.

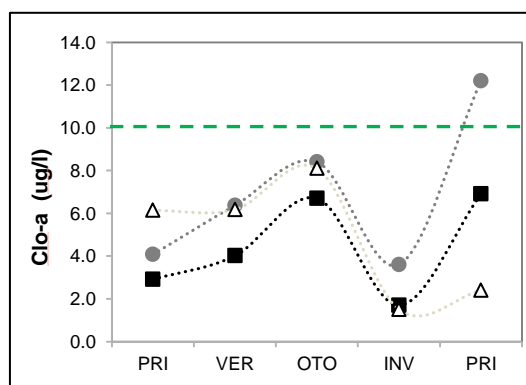


Figura 64. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de clorofila a de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la mesa técnica del agua (≤ 10 µg/L).

Los **coliformes termotolerantes** presentaron valores de concentración de entre <5.0 y 100 UFC/100ml (Tabla 23). Los máximos se observaron en el muestreo de invierno. El valor promedio para la laguna es de 25 UFC/100 ml. Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 23. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna Garzón registrado para el período de estudio (2017 - 2018) para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Norte	Centro	Sur
2017	Primavera	<10	50	50
2018	Verano	<5	<5	20
2018	Otoño	<5	<5	20
2018	Invierno	50	60	100
2018	Primavera	<5	5	<5

3.3.2 Calidad de los sedimentos: Laguna Garzón

La concentración de **materia orgánica** del sedimento osciló entre 7.6 y 135.2 mg/g de peso seco (PS). El promedio para la laguna y durante el período de estudio fue de 63.5 ± 35.8 mg/g de PS. Se observaron valores máximos en primavera de 2017 (zonas norte y sur) y en primavera de 2018 (norte) (Figura 65A).

La concentración de **PT** del sedimento presentó un rango de variación de entre 103 y 460 mg P/Kg de PS. Los valores máximos se observaron en las estaciones norte y sur de la laguna en primavera de 2017. El promedio del período de estudio fue de 236 ± 97.9 mg P/ Kg de PS (Figura 65B), el cual al igual que el valor promedio de la materia orgánica casi duplicó el promedio histórico (2002 – 2016) (Anexo 4). El **NT** del sedimento fluctuó entre valores menores al límite de detección analítica (LD: <50 mg/kg) y 927.6 mg

N/Kg PS, los máximos alcanzados se registraron en norte y sur (en primavera 2017) y en el norte (en otoño de 2018) (Figura 65C). El promedio de toda la laguna fue de 313.1 ± 293.3 mg N/Kg PS, siendo al igual que el promedio de la clorofila *a* similar al valor histórico (2002 – 2016) (Anexo 4).

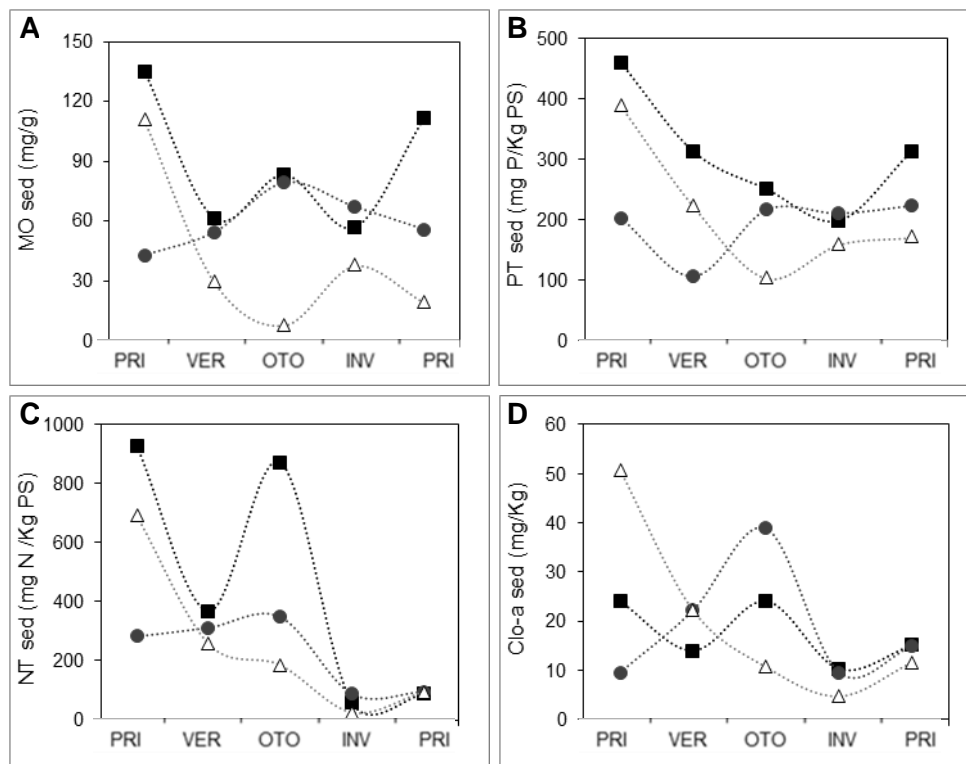


Figura 65. Variación espacial y estacional (2017 – 2018) de Materia Orgánica (A), Fósforo total (B), Nitrógeno total y clorofila *a* del sedimento de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo).

La biomasa de fitobentos estimada como la concentración de clorofila *a* (Figura 65D) en sedimento presentó un rango de valores entre 4.7 y 50.8 mg/Kg. Los valores más elevados fueron registrados en el sur, en primavera de 2017, y en el centro, en otoño de 2018. El valor promedio para toda la laguna fue de 18.9 ± 12.3 mg/Kg. Las cuatro variables analizadas en el sedimento parecen mostrar una tendencia al descenso en los valores hacia el 2018, más notorio para las zonas Norte y Sur.

Metales y Agroquímicos

Respecto a los metales analizados (Tabla 24), si bien se obtuvieron valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, éstos están muy por debajo de los valores indicados en los estándares ambientales internacionales, como ser las guías canadienses (Cr: 37.3 mg/kg, Cu: 35.7 mg/kg, Hg: 0.17 mg/kg).

Tabla 24. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el período 2017 - 2018. NA: no aplica; el (-): corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Primavera 2017					Verano 2018					Primavera 2018				
	G1	G2	G3	LD	LC	G1	G2	G3	LD	LC	G1	G2	G3	LD	LC
As (mg/Kg)	<LC	<LD	<LD	5	10	<10	<10	<5	5	10	<5	<10	<5	5	10
Cd (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	1	2.5	<LD	<LD	<LD	0.2	1	<LD	<LD	<LD	0.2	1
Cu (mg/Kg)	<LC	5,0	9,5	2	5	3.6	12	5.8	0.4	2	13	13	3.4	0.4	2
Cr (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0.05	0.28	5.1	18	6.5	1	3	4.3	11	3.8	1	3
Hg (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0.1	0.25	0.035	0.032	0.030	-	-	0.029	0.039	<LC	0.004	0.02
Pb (mg/Kg)	<LD	<LD	<LD	8	15	<LC	6.9	<LC	2	7	<LC	<LC	<LD	2	7
Glifosato (mg/Kg)	<LC	<LC	<LC	0,40	1,00	4.6	<LD	<LD	0.12	0.3	3,34	<LD	<LD	0.09	0.23
Cipermetrina (µg/Kg)	0.1	0.1	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.2	NA	<LC	<LC	<LC	NA	0.5
Clorpirifos (µg/Kg)	<LD	0.2	0.2	0,1	NA	<LD	<LD	0.29	-	NA	<LC	<LC	<LC	NA	0.1
Malatión (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.13	NA	<LD	<LD	<LD	0.1	NA
EndosulfanAlfa (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	0.10	0.09	NA	<LD	<LD	<LD	0.08	NA
EndosulfanBeta (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.09	NA	<LD	<LD	<LD	0.05	NA
Endosulfansulfato (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.11	NA	<LD	<LD	<LD	0.09	NA
Atrazina (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	3.1	NA	-	-	-	-	-
Aldrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.10	NA	-	-	-	-	-
Dieldrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	0.70	-	NA	-	-	-	-	-
Endrin (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.10	NA	-	-	-	-	-
Heptacloro (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.10	NA	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.09	NA	-	-	-	-	-
Metoxicloro (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.12	NA	-	-	-	-	-
o,p DDD (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.11	NA	-	-	-	-	-
o,p DDE (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.10	NA	-	-	-	-	-
o,p DDT (µg/Kg)	-	-	-	-	-	<LD	<LD	<LD	0.09	NA	-	-	-	-	-
p,p´ DDD (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.08	NA	-	-	-	-	-
p,p´ DDE (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	0.18	-	NA	-	-	-	-	-
p,p´ DDT (µg/Kg)	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0.09	NA	-	-	-	-	-

Todas las concentraciones determinadas de los agroquímicos (Tabla 24), a excepción de los clorpirifos, presentaron valores de concentración por debajo de los límites analíticos. Clorpirifos presentó valores cuantificables en el verano del 2018 en la estaciones centro (R3) y sur (R2) de la laguna. Sin embargo, 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.

Los compuestos **Bifenilos policlorados (PCB)** indicadores, al igual que los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)** fueron analizados únicamente en el verano del 2018. Tal como se observó en las lagunas de Rocha y Castillos, los **PCBs indicadores** a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 µg/kg). El PCB 028 presentó un valor de 0.2 µg/kg para las tres estaciones de monitoreo (Tabla 25 Tabla 11). Respecto a los **PAHs** si bien algunos registraron valores cuantificables, ninguno de éstos supera los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014) (Tabla 25).

Tabla 25. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el verano 2018. Límite de detección analítico (LD) de PAHs: 1 µg/kg. *En el caso de los PAHs totales, no existe normativa nacional por lo cual se utilizó el estándar de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Límite de detección analítico (LD) de PCBs: 0.1 µg/kg.

Parámetro	G1	G2	G3	Estándar GESTA-AGUA
Naftaleno (µg/kg)	5	9	6	34.6
Acenaphileno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	5.87
Acenaftaleno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	-
Fluoreno (µg/kg)	2	3	2	21.2
Fenantreno (µg/kg)	6	8	8	41.9
Antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	46.9
Fluorantreno (µg/kg)	3	5	3	111
Pireno (µg/kg)	2	3	2	53
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	31.7
Criseno (µg/kg)	<LD	1	<LD	57.1
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	<LD	3	1	-
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	-
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<LD	2	<LD	-
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	<LD	<LD	<LD	6.22
Benzo(ghi)pireleno (µg/kg)	<LD	3	1	-
PAHS Totales (µg/kg)	29	44	32	*22800
PCB 28	0.2	0.2	0.2	-
PCB52	<LD	<LD	<LD	-
PCB 101	<LD	<LD	<LD	-
PCB105	<LD	<LD	<LD	-
PCB 118	<LD	<LD	<LD	-
PCB 138	<LD	<LD	<LD	-
PCB 153	<LD	<LD	<LD	-

3.3.3 Parámetros biológicos: Laguna Garzón

Comunidad bentónica

En la Laguna Garzón se identificaron 9 taxa, de las cuales 7 fueron identificados a nivel de especie, uno a nivel de género y uno a nivel de superfamilia (Tabla 256). A lo largo del período, los distintos puntos de muestreo presentaron una riqueza específica que osciló entre 3 y 8 taxa, similares a los observados en muestreos realizados durante el año 2005 por Meerhoff (2009) (Figura 66).

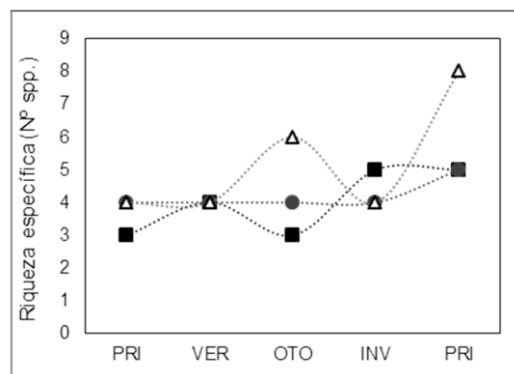


Figura 66. Riqueza específica para cada uno de los sitios de muestreo de la Laguna Garzón: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo).

La clase de mayor abundancia relativa, a excepción de primavera de 2018, fueron los Gastropoda, seguidos de los Polychaeta y Bivalvia. En Primavera del 2018, fue el único momento donde los Hexanauplia, representados por el balano *Amphibalanus improvisus*, fueron la clase más abundante, superando por amplio margen a los Gastropoda (Figura 67). Esto seguramente pueda explicarse por la presencia de conchillas expuestas sobre el sedimento barroso, las que son utilizadas por este organismo como sustrato sobre el cual fijarse y formar colonias.

Tabla 256. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Garzón entre otoño de 2017 y primavera de 2018.

Phylum	Clase	Superfamilia	Familia	Genero	Especie
Mollusca	Gastropoda		Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia aff. australis</i>
	Bivalvia		Erodonidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>
Annelida	Polychaeta		Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Heteromastus cf. similis</i>
			Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>Laeonereis pandoensis</i>
					Indeterminada
Arthropoda	Ostracoda		Cypridae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>
	Malacostraca		Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus angulatus</i>
Briozoa	Gymnolaemata	Membraniporidae	Indeterminado		

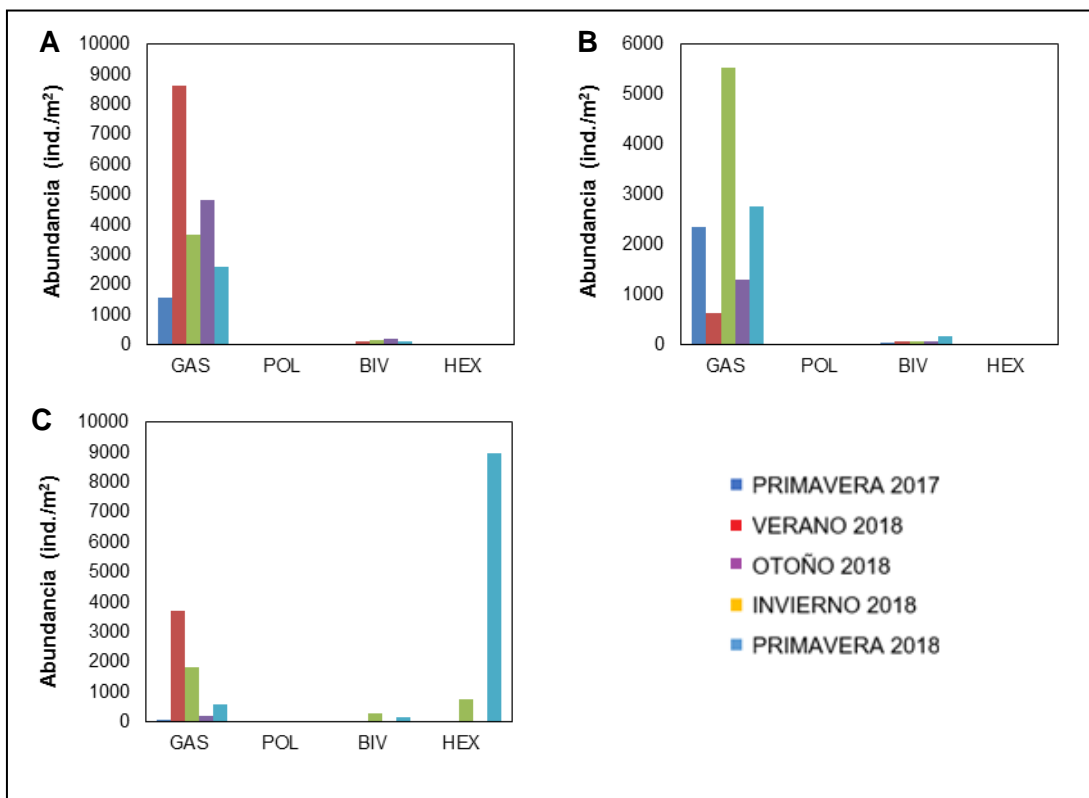


Figura 67. Abundancia (individuos m^{-2}) de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna Garzón del período de monitoreo. Se presentan los grupos que tuvieron abundancias mayores a 100 ind. m^{-2} en al menos un muestreo. A) Norte, B) Centro y C) Sur. GAS: Gastropoda, POL: Polychaeta, BIV: Bivalvia y HEX: Hexanauplia.

Misidáceos e ictioplancton

Se comenzó a analizar misidáceos a partir de otoño 2018. Las abundancias determinadas en la Laguna Garzón fueron considerablemente más bajas en comparación con las lagunas antes mencionadas. Asimismo la mayor abundancia se registró en primavera 2018 (31 ind. $100m^{-3}$) en el norte de la laguna, y la segunda en el centro de la laguna en otoño del mismo año (Figura 68A). El sitio del sur fue el que presentó mayor frecuencia de misidáceos, pero con abundancias muy bajas siendo la mayor de este sitio de 4 ind. $100m^{-3}$.

El ictioplancton se registró únicamente en primavera 2018, alcanzando su máxima abundancia en el centro de la laguna (11 ind. $100m^{-3}$) (Figura 68B). En el centro se encontraron huevos como larvas de forma equitativa, en el norte se encontraron sólo huevos, y en el sur solo se identificaron larvas.

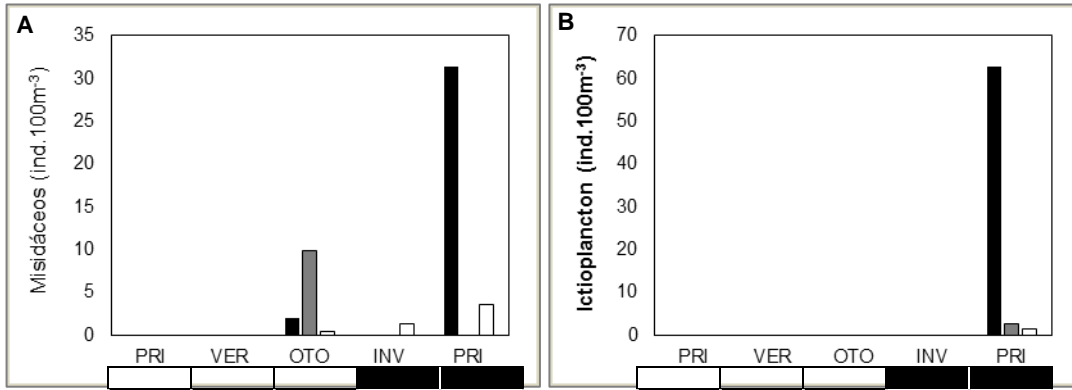


Figura 68. A) Abundancias en ind.100m⁻³ de misidáceos y B) abundancia de ictioplancton en ind.100m⁻³ en Laguna Garzón: Norte (negro), Centro (gris) y Sur (blanco). La banda inferior indica el estado de la barra por estación del año, negro (abierta), blanco (cerrada).

3.3.4 Análisis temporal de usos del suelo y determinación de cargas de nitrógeno y fósforo

El análisis de las áreas de los diferentes usos del suelo en la cuenca de la Laguna Garzón, obtenidas a partir de imágenes satelitales, mostró un aumento de la forestación en detrimento del campo natural (Figura 69). Los cultivos presentaron una disminución hacia el final del período, el uso urbano se mantuvo en el tiempo y el bosque nativo mostró cierta variación, aumentando hacia el final del período.

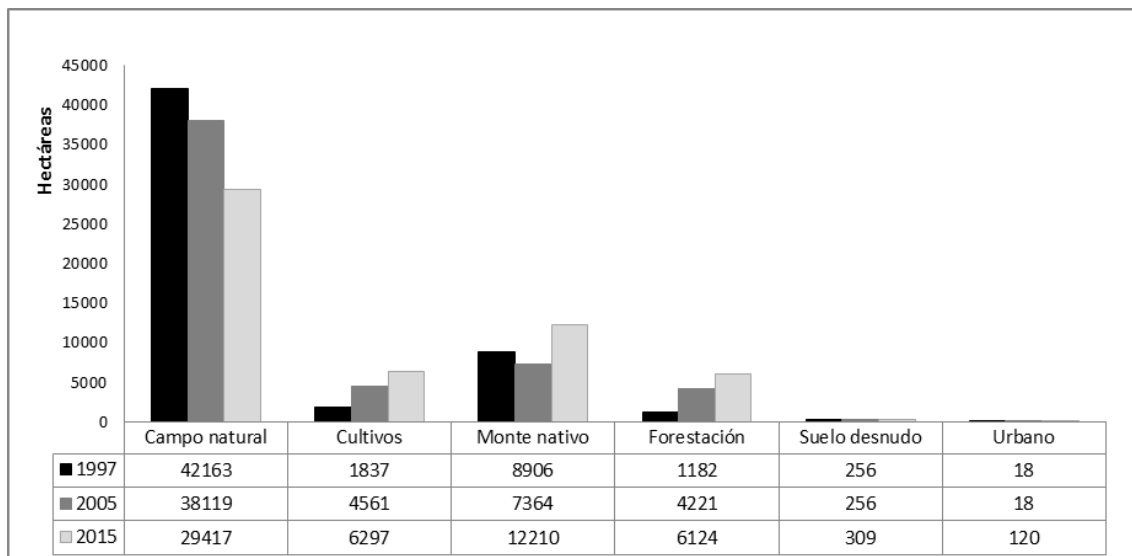


Figura 69. Cambio del uso del suelo de la laguna Garzón en el período 1997 - 2015, determinado a partir de imágenes satelitales.

A partir del análisis de cargas anuales (ton/año) estimado según los usos del suelo a partir de la imagen Landsat del año 2015, se observó tanto para el PT, como para el NT que la subcuenca del arroyo Garzón

ubicada entre nacientes y el arroyo Moleras, fue la que más aportó, seguida por las subcuencas de la Laguna Garzón y el arroyo Moleras, y por última la subcuenca del arroyo Garzón entre el arroyo Moleras y Laguna Garzón (Tabla 27).

Tabla 267. Superficie y carga total de PT y NT estimada (ton/año) para el año 2015 en la Laguna Garzón.

	Aº Garzón entre nacientes y Aº Moleras	Laguna Garzón	Aº Moleras	Aº Garzón entre Aº Moleras y Laguna
Superficie (ha)	27962	14140	10952	424
Carga PT (ton/año)	7.02	3.33	2.64	0.01
Carga NT (ton/año)	42.74	19.29	14.65	0.24

Asimismo el análisis de carga por unidad de superficie (kg/ha/año), presentó el mismo patrón de aportes para PT y NT, siendo la subcuenca del arroyo Garzón entre nacientes y el arroyo Moleras la que más intensidad de carga aportó a la laguna (Figura 71 y Figura 71). Esto se debe a que esta subcuenca además de ser la mayor en superficie (Tabla 26), es también donde se ubican la mayor cantidad hectáreas de cultivos y plantaciones forestales de la cuenca.

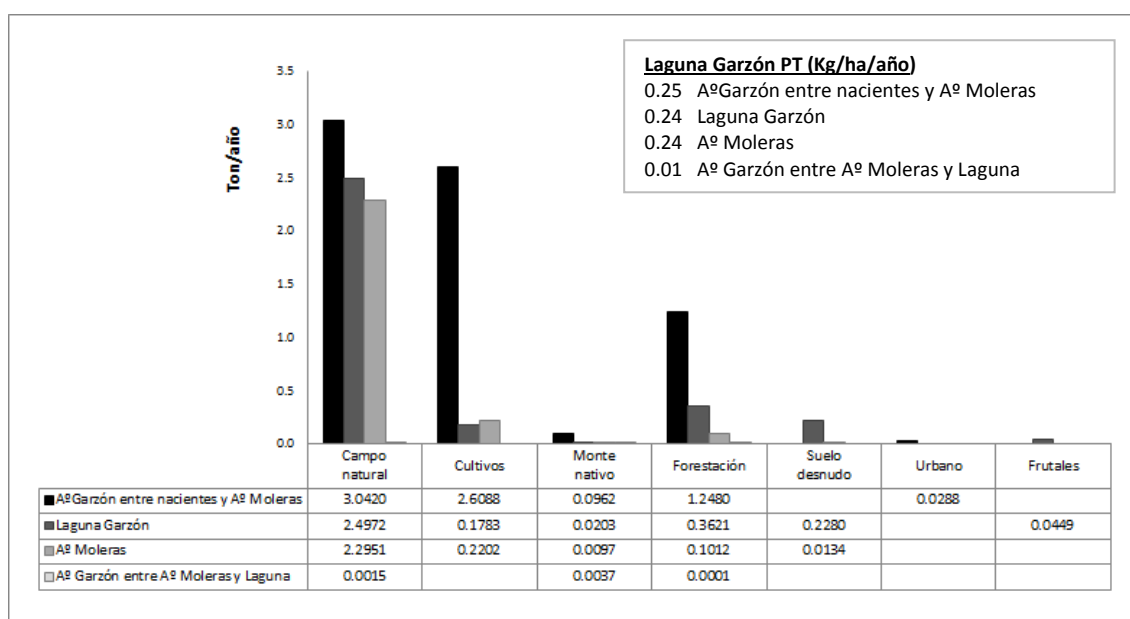


Figura 70. Cargas anuales de PT (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) aportadas a la Garzón por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

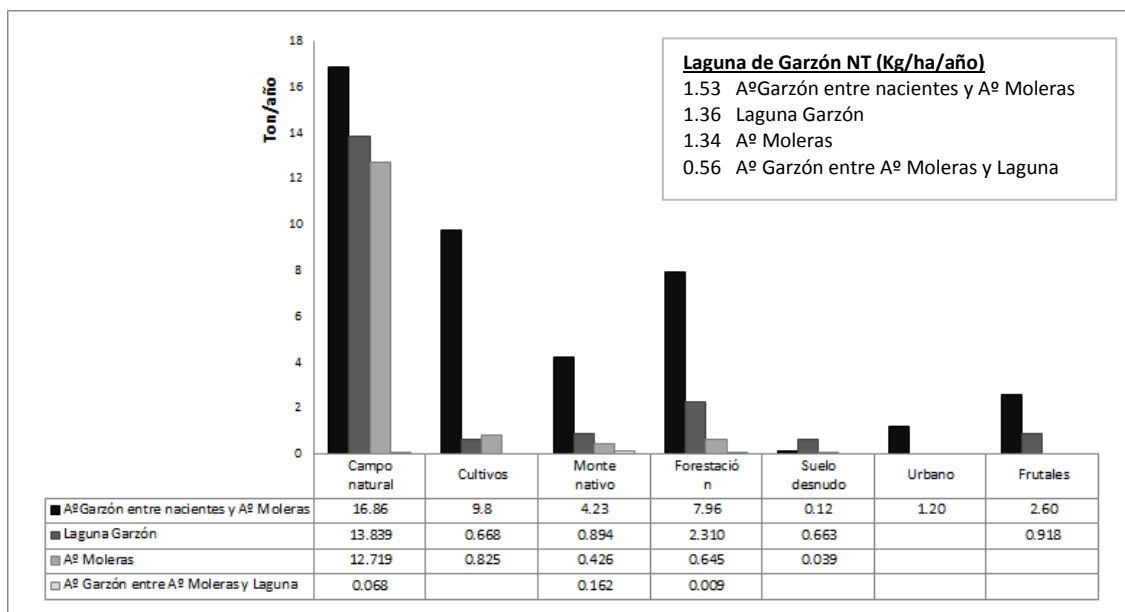


Figura 71. Cargas anuales (ton/año) y por unidad de superficie (kg/ha/año) de NT aportadas a la Laguna Garzón por los principales usos del suelo de la cuenca, estimado según los coeficientes de los usos del suelo determinados a partir de la imagen Landsat del año 2015.

4 Discusión

4.1 Laguna de Rocha

Este sistema presentó cambios estacionales en sus características físicas y químicas, las cuales se asocian a la hidrología del sistema. En general los valores de oxígeno disuelto y pH cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79). Por otro lado, los valores de turbidez superaron en varias ocasiones el estándar admitido (máximo 50 NTU). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las lagunas costeras son sistemas someros y muy expuestos a vientos costeros, por lo que en forma habitual se produce la resuspensión de sedimentos (Conde *et al.* 2002, Chalar & Clemente 2005).

En general se cumplieron los estándares establecidos por el Decreto 253/79 para coliformes termotolerantes y DBO5. Los coliformes termotolerantes tuvieron un comportamiento similar al de los nutrientes y los sólidos en suspensión, presentando los valores máximos en invierno, posiblemente debido al aporte de agua dulce desde la cuenca.

En general los valores promedio de los nutrientes nitrogenados fueron similares a los históricos (2002 – 2016), sin embargo, dentro del período de este estudio (2017 – 2018) parece haber una tendencia a la disminución, especialmente para el NT. Es posible que esta disminución se deba a procesos de

denitrificación, los cuales son elevados en lagunas costeras (Newton *et al.* 2013), pero se requieren evaluaciones más precisas para confirmarlo.

La mayoría de los valores de PT superaron el estándar vigente (máximo de 25 µg P/L). A su vez, la concentración de PO₄ y PT fue algo mayor en este período, en relación a la concentración del promedio histórico (2002-2016). Estos resultados coinciden 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), mostrando un aumento en los últimos años de la concentración de los valores máximos de PT asociado al aumento en las actividades agrícolas en su cuenca, donde se observa un claro aumento de los cultivos y la forestación en detrimento del campo natural (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Sin embargo, hay que ser cauteloso con estas apreciaciones, ya que pueden depender del período de estudio analizado, por lo que se requiere un cuidadoso análisis de la serie histórica de datos completa de esta laguna para confirmar o descartar un proceso de aumento sostenido de nutrientes respecto de variabilidad interanual o decadal (análisis en proceso).

Por otro lado, si bien las concentraciones de nutrientes fueron elevadas, los valores de concentración de clorofila *a* en general cumplieron con el valor guía de 10 µg/L, propuesto por la Mesa Técnica de Agua (2016). Según la OECD (1982) y Lamparelli (2004), la laguna de Rocha en función de las concentraciones de clorofila *a* sería clasificada como mesotrófica para este período. Esto coincide con otros estudios de las lagunas costeras de Uruguay donde generalmente se las clasifica como mesotróficas a eutróficas (Conde *et al.* 2002, Chalar & Clemente 2005). Estos resultados sugieren que esta laguna es vulnerable y puede volverse rápidamente eutrófica frente a un aumento en su carga de nutrientes y/o a cambios en su hidrodinámica, que impidan una adecuada descarga de agua y sedimentos al mar, como el manejo de la apertura artificial de la barra arenosa.

En el sedimento, generalmente la materia orgánica, la clorofila *a* y la concentración de fósforo y nitrógeno totales fueron mayores en el norte y centro de la laguna respecto al sur. Esto se relaciona con el aporte desde los arroyos de la cuenca de la laguna, así como un gradiente norte – sur en la granulometría del sedimento, donde los sedimentos más finos se registran en el norte (Conde & Sommaruga, 1990; Rodríguez-Gallego *et al.* 2015; Rodríguez-Gallego *et al.* 2017), favoreciendo procesos de acumulación de materia orgánica y de retención de nutrientes.

La materia orgánica promedio del sedimento fue mayor al promedio histórico, al igual que la biomasa de fitobentos (ver Anexo 4). Sin embargo, el promedio del fósforo total del sedimento fue menor al histórico, al igual que ocurrió para el nitrógeno total de esta matriz (ver Anexo 4). Estas variaciones pueden deberse en parte a que las estaciones de muestreo de sedimento no coinciden exactamente entre el monitoreo actual y los diversos estudios realizados previamente, por lo que continuar con el monitoreo actual permitirá tener información más robusta.

Comunidad bentónica

En relación a la composición de especies se encontraron diferencias con lo observado en 2003-2004 (Rodríguez-Gallego *et al.* 2010), donde cerca de la mitad de los taxa registrados fueron insectos, mientras en los muestreos de 2017-2018 no se hallaron. Probablemente esta diferencia se deba a que los trabajos realizados por Rodríguez-Gallego *et al.* (2010) incluyeron puntos de características más límnicas, donde es más frecuente encontrar larvas de insectos y que a su vez, se realizaron en un evento de proliferación de plantas sumergidas, con una magnitud que no ha sido observada nuevamente.

Consistentemente con los datos reportados por Meerhoff (2009) para 2005, la especie dominante de la comunidad bentónica fue *Heleobia* aff. *australis*. Sin embargo, en este monitoreo las abundancias relativas de esta especie fueron bastante superiores respecto al año 2005. En los monitoreos de otoño y primavera del 2018 las densidades alcanzaron valores de entre 3.320 ind./m² y 94.440 ind./m², en los puntos norte y sur respectivamente, mientras que en 2005 los valores fueron menores a 20.000 ind./m². Aún no está clara la razón de estas diferencias, pero es posible que el uso de un tamiz más fino, así como una mayor duración del estudio, pudieran explicar en parte estos resultados.

Misidáceos e ictioplancton

Las mayores abundancias de este grupo se registraron en invierno 2017, coincidiendo con Espinoza et al. (2019) que identificaron los picos de abundancia en invierno y primavera. Con respecto al ictioplancton en Laguna de Rocha, las abundancias fueron generalmente muy elevadas en el centro con respecto a los otros sitios, aunque los mayores valores se registraron en el sur en períodos de barra abierta (invierno y primavera).

Metales y agroquímicos

Los agroquímicos y metales analizados en sedimento, a excepción de clorpirifos, presentaron valores por debajo de los límites analíticos. Los parámetros clorpirifos y PCB028 no cuentan con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles para la matriz sedimento.

Los compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) indicadores, al igual que los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs) fueron analizados únicamente en el verano del 2018. Los PCBs son de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) que se forman y se liberan a partir de las fuentes antrópicas. Se analizaron los PCBs indicadores, de los cuales a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo del límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg). El PCB 028 presentó un

valor de 0.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para las tres estaciones de monitoreo. Respecto a los PAHs si bien algunos registraron valores cuantificables, ninguno de éstos supera los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014).

Tributarios Laguna de Rocha

En relación al cumplimiento de los estándares de calidad de la normativa ambiental, así como en función de las concentraciones de nutrientes, se identificaron los tributarios más comprometidos de la cuenca de la Laguna de Rocha. Estos tributarios fueron el arroyo La Palma y el arroyo Las Conchas. El arroyo Las Conchas tuvo valores de incumplimiento para el oxígeno disuelto y el PT, mientras que La Palma, presentó varios incumplimientos en los valores de oxígeno disuelto, turbidez y PT. Respecto a este último parámetro, es importante destacar que todos los tributarios tuvieron valores de PT que superaron el estándar fijado en la normativa vigente (máx. 25 $\mu\text{g P/L}$). Esto sugiere que la laguna está recibiendo elevadas cargas de nutrientes a través de todos sus tributarios.

Por otro lado, además de los incumplimientos registrados, los arroyos Las Conchas y La Palma presentaron las concentraciones más elevadas de nutrientes (tanto de los nitrogenados, como de los fosforados), lo cual se relaciona directamente con el uso de sus subcuencas, que son las más agrícolas de la cuenca (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Debido a que el arroyo La Palma se utiliza como fuente de agua para potabilizar se está estudiando específicamente entre varias instituciones. Es por este motivo que se analizaron nutrientes y atrazina en sedimento del embalse de dicho tributario. En este sentido, las concentraciones determinadas de NT y PT, fueron similares a las determinadas en la Laguna de Rocha, no registrándose atrazina en sedimento.

Análisis de Cargas

El análisis temporal de los diferentes usos del suelo en la cuenca de la Laguna de Rocha, mostró un claro aumento de los cultivos y la forestación en detrimento del campo natural (1997 - 2015). El uso urbano se mantuvo en el tiempo y el bosque nativo mostró cierta variación aumentando levemente hacia el final del período.

Por otra parte, el análisis de cargas anuales (ton/año) para el año 2015, estimado para fósforo total (PT) mostró que las subcuencas que más carga aportaron son las de los arroyos Las Conchas (21.3 ton/año) y Rocha (21.3 ton/año). Esta misma estimación para las cargas de nitrógeno total (NT), indicó que la subcuenca del arroyo Rocha fue la que más carga aportó a la laguna (108.1 ton/año). Probablemente esto se deba a su mayor tamaño y en menor medida a la presencia de usos con altos coeficientes de exportación, ya que es una cuenca mayormente ganadera y forestal. En segundo lugar se encuentra la subcuenca del arroyo Las Conchas, luego la subcuenca del arroyo La Palma y por último la subcuenca correspondiente al arroyo Tres Afluentes. Si bien la superficie de estas subcuencas explica en parte el aporte relativo de cada una, la importancia relativa de la agricultura también influye, lo que queda

claramente evidenciado por la evaluación de la carga por unidad de superficie (kg/ha/año). Dicho análisis, indicó que las subcuencas con más intensidad de carga en términos de PT y NT fueron las de los arroyos La Palma y Las Conchas. Estos resultados concuerdan, con las elevadas concentraciones de nutrientes (tanto de los nitrogenados, como de los fosforados), registradas en dichos arroyos, lo cual se relacionan directamente con el uso de las mencionadas subcuencas, los cuales son las más agrícolas de la cuenca (Rodríguez-Gallego 2010).

Sin embargo, para vincular estas cargas con las concentraciones de nutrientes obtenidas en los cursos de agua, es necesario contar con una serie más extensa de datos de usos del suelo y determinaciones en agua, y una adecuada estimación de los caudales circulantes.

4.2 Laguna de Castillos

La Laguna de Castillos presenta una dinámica hidrológica más compleja que la Laguna de Rocha, debido a que presenta un extenso sistema de humedales asociados y a que la descarga al mar ocurre a través del arroyo Valizas. Al igual que en la Laguna de Rocha, algunos patrones observados en las variables físicas y químicas se relacionan claramente con la hidrología del sistema. Sin embargo, la concentración de nitrógeno total, fósforo total y de amonio no parecen seguir este patrón. Posiblemente estas variables tengan mayor influencia de los aportes de los humedales (tal vez en formas de nutrientes totales disueltos), así como de los procesos de intercambio con el sedimento, lo que explicaría por ejemplo algunos valores elevados de nitrógeno en el Bolsón del Chafalote.

Al igual que en la Laguna de Rocha, los valores de oxígeno disuelto y pH generalmente cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), mientras que los valores de turbidez superaron en varias ocasiones el estándar admitido (máximo 50 NTU). Tal como se mencionó anteriormente, la resuspensión de sedimentos es un proceso común en sistemas someros y muy expuestos a vientos costeros, lo que explicaría los elevados valores de turbidez. Por otro lado, los coliformes termotolerantes al igual que la DBO₅ siempre cumplieron los estándares establecidos por el Decreto 253/79.

Los valores de concentración de clorofila *a* en general cumplieron con el valor guía propuesto por la mesa técnica de Agua (10µg/L). Por otro lado, según la OCDE (1982) y Lamparelli (2004), considerando el promedio de clorofila *a*, la Laguna de Castillos se encontró en estado mesotrófico durante el período de estudio, al igual ocurrió en la Laguna de Rocha. Los valores más elevados de clorofila *a* se relacionaron con los mayores valores de concentración de PO₄, PT, turbidez, sólidos en suspensión y nitrato, y con los menores valores de conductividad. Martínez *et al.* (2019) analizaron la serie histórica de datos de calidad del agua de esta laguna y encontraron una relación inversa entre la clorofila *a* y la lluvia acumulada en 5 días, y una relación directa con la temperatura del agua y el PT. Si bien la relación con la conductividad

no fue seleccionada estadísticamente, existe una fuerte relación inversa entre lluvia y conductividad, indicando que las intrusiones marinas registradas en esta laguna normalmente a partir de primavera o verano suelen tener un efecto negativo sobre la abundancia de fitoplancton y las floraciones algales. Si bien los valores promedio observados en este monitoreo, de clorofila *a* en agua, nutrientes fosforados y nitrogenados fueron similares a los promedios históricos (Anexo 4, Tabla 2), Martínez (en redacción) registró un aumento importante en los últimos 15 años.

Respecto a la matriz sedimento, los mayores valores de clorofila *a* y fósforo total coincidieron con mayores valores de materia orgánica, y en general la estación norte presentó mayores valores que la sur para estas variables. Para el caso del nitrógeno total, los mayores valores se registraron en el sur y en el arroyo Valizas. Estas cuatro variables presentaron un promedio para la laguna levemente menor al promedio histórico (2002 – 2016, Anexo 4), lo que sugiere que en este período no han ocurrido cambios importantes en la concentración de nutrientes, clorofila *a* y materia orgánica del sedimento.

Comunidad bentónica

En Laguna de Castillos, al igual que para la Laguna de Rocha, los grupos identificados representaron especies típicamente estuarinas y comúnmente encontradas en lagunas costeras (Jorcin 1999, Meerhoff 2009, Meerhoff *et al.* 2013). Los valores de riqueza específica obtenidos fueron algo mayores a los observados en muestreos realizados durante el año 1991 (Jorcin 1999). Es posible que el mayor esfuerzo por la identificación taxonómica, la malla más fina del tamiz, la mayor duración del período de estudio y la ubicación más central de todos los sitios de muestreo haya influido en los mayores valores obtenidos en el presente estudio.

Según muestreos realizados en 2005 (Meerhoff 2009) los bivalvos (*Erodona mactroides*) fueron el grupo con mayor abundancia relativa, seguidos por los gastrópodos (*Heleobia australis*) y poliquetos (*Nephtys fluviatilis*). Los datos obtenidos durante 2017-2018 apuntan a los Gastropoda como el grupo con mayores abundancias relativas, lo cual quizá podría deberse al uso de tamiz más fino en muestres recientes. Coincidentemente con Jorcin (1999) el grupo más abundante en los distintos sitios dentro de la laguna fueron los moluscos, y el más abundante en las proximidades de Valizas fueron los poliquetos, lo que podría relacionarse a un mayor aporte orgánico desde el pueblo de pescadores ubicado aguas arriba del punto de muestreo.

En el Bolsón del Chafalote se observó predominancia de organismos clásicamente considerados como dulceacuícolas como ser larvas de insectos, y predominó *Heleobia* aff. *robusta* (especie dulceacuícola) en lugar de *Heleobia* aff. *australis* (especie típicamente estuarina). A su vez, *Erodona mactroides* presentó alta densidad de individuos de pequeño tamaño, lo que podría ser un efecto de la salinidad o de un reclutamiento en un ambiente menos favorable. A pesar de las altas abundancias observadas de

dicho bivalvo, no se ha detectado presencia de adultos, los cuales posiblemente se hallen en puntos no muestreados del sistema, como ser el lecho del Aº Valizas.

En el área central de la laguna en general se observó una baja densidad de organismos, posiblemente vinculado a que el sustrato es poco favorable (frecuentemente queda arcilla compacta expuesta). Por otro lado, el arroyo Valizas presentó predominancia de poliquetos, probablemente debido a que éste arroyo presenta sustratos blandos con alto contenido de materia orgánica.

Misidáceos e ictioplancton

Los misidáceos se encontraron en todas las estaciones del año, ocurriendo las mayores abundancias en primavera 2017 (coincidiendo con el pico de turbidez registrado en primavera 2017) y otoño de 2018, en el centro de la laguna (Figura 38). Como menciona Espinoza *et al.* (2019), la alta turbidez en estos cuerpos de agua beneficia la supervivencia de los misidáceos, propiciando refugio de sus predadores y alta disponibilidad de alimento.

Se registró ictioplancton en casi todos los muestreos, con excepción de los inviernos, registrando los máximos de abundancia en primavera de 2017 y verano 2018. Si bien se registró ictioplancton en todos los sitios de muestreo, la estación centro fue donde se registró con mayor frecuencia en todo el periodo analizado.

Metales y agroquímicos

Para los metales analizados en sedimento, se registraron valores cuantificables de Cr, Cu y Hg. Sin embargo, todos los valores determinados estarían por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG 1999)). Por tanto, estos valores cuantificados no representarían un riesgo para los diferentes usos de este sistema. Dada la ausencia de industrias y que los centros urbanos son pequeños en términos relativos, una posibilidad es que estos metales tengan un origen geológico, pero se requerirían estudios específicos para poder confirmarlo.

Respecto a los agroquímicos analizados en sedimento se registraron valores cuantificables de glifosato, cipermetrina y clorpirifos. Sin embargo, ninguno de estos tres parámetros cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles para la matriz sedimento.

Los Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) indicadores, junto con los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) fueron analizados únicamente en el verano del 2017. Los PCB pertenecen a los compuestos orgánicos persistentes (COP) y son indicadores de productos químicos industriales, siendo

nocivos para el medio ambiente y la salud humana, en especial por sus posibles efectos sobre el sistema endocrino (PNUMA, 2007). Al igual que en la Laguna de Rocha, los PCBs indicadores analizados a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg). En cuanto a los PAHs cuantificables, que presentan estándar en el GESTA-AGUA (2014), ninguno superó los estándares establecidos. Se utilizó además el estándar de PAHs totales propuesto por la EPA (22800 µg/kg), de forma de poder evaluar el contenido total, así como de los compuestos que carecen de estándares nacionales e internacionales, obteniéndose valores muy inferiores al estándar mencionado en todas las estaciones de monitoreo.

Para todos los agroquímicos analizados aún se cuenta con muy pocos datos para poder realizar una evaluación que sea representativa del sistema. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que su presencia es un indicador de que es necesario continuar el monitoreo.

Arroyos Laguna de Castillos

Los tributarios de la Laguna de Castillos en general presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. De todas formas, hubo incumplimientos para pH, turbidez, oxígeno disuelto, fósforo total y coliformes termotolerantes. En el caso del pH, únicamente un valor incumplió en el arroyo Castillos, 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, se registraron varios incumplimientos principalmente en la cañada de los Olivera y en el arroyo Castillos, donde la mayoría de los valores reflejaron una situación de hipoxia, que incluso fue cercana a la anoxia. En el caso de la cañada de Los Olivera estos valores podrían deberse que este sistema recibe aportes de materia orgánica provenientes de la ciudad de Castillos. En el arroyo Castillos, los bajos valores de concentración de oxígeno registrados pueden atribuirse a situaciones de bajos caudales (situación frecuente en este sistema) y la extensa superficie de humedales adyacentes.

Respecto a la turbidez, en general todos los tributarios presentaron valores de cumplimiento de la normativa ambiental Nacional (Decreto 253/79). 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. Sin embargo, es importante destacar que muestreos previos (realizados por CURE) realizados aguas arriba de este sitio registraron valores muy elevados de coliformes, provenientes del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Castillos.

Por otro lado, en cuanto a los nutrientes, todos los valores de fósforo total excedieron el estándar de la normativa ambiental, reflejando las altas cargas que se estarían dirigiendo a la Laguna de Castillos a través de todos los tributarios. Cabe destacar a la cañada de Los Olivera como el tributario que aporta

las mayores concentraciones, tanto de PT como de PO₄. Asimismo, el NT presentó valores de incumplimiento en todos los tributarios en relación al valor guía propuesto por la mesa técnica del agua (≤ 500 mg/L), siendo nuevamente en la cañada de Los Olivera donde se registraron los mayores valores, tanto para el NT como para las formas disueltas de este nutriente. Estos resultados indican que este tributario sería uno de los principales aportes de nutrientes a la Laguna de Castillos, aunque se requieren datos de caudal para confirmar este indicio.

Análisis de Cargas

Al igual que en la cuenca de la Laguna de Rocha, el análisis de los usos del suelo para el período comprendido entre 1997 y 2015, mostró un claro aumento de los cultivos y la forestación en detrimento del campo natural. El uso urbano se mantuvo en el tiempo y el bosque nativo mostró cierta variación aumentando levemente hacia el final del período.

El análisis de cargas anuales (ton/año) estimado para el 2015, indicó que las subcuencas que más carga aportaron de PT y NT a la laguna fueron las de los arroyos Don Carlos y Chafalote. Esto se debería mayormente a que son las cuencas con mayor superficie. Asimismo, esas subcuencas también fueron las que más aportaron PT y NT por unidad de superficie (kg/ha/año). Estos resultados no se ven reflejados en las concentraciones de nutrientes determinadas en el arroyo Chafalote, ni en el arroyo Don Carlos, que si bien superan los valores aceptables para nuestra normativa, no son tan elevados. Como se mencionó anteriormente es necesario contar con una serie más extensa de datos y una adecuada estimación de los caudales circulantes, para vincular estas cargas con las concentraciones de nutrientes obtenidas en los cursos de agua. Por otro lado, otro aspecto a considerar es el rol que estarían cumpliendo los humedales en esta área respecto a la reducción de nutrientes provenientes de esta subcuenca.

Por otro lado, el análisis de cargas a nivel de subcuenca no considera los aportes puntuales, por lo que la subcuenca de la cañada de Los Olivera no aparece como relevante, pese a que la concentración en agua así lo indica. Esto se debe justamente a que los principales aportes que recibe esta subcuenca son puntuales y no difusos.

Fitoplancton Arroyo Valizas

Respecto a la comunidad fitoplanctónica analizada en el arroyo Valizas los resultados obtenidos concuerdan con estudios anteriores donde se encontró una dominancia alternada entre diatomeas y criptofitas (Vidal 2008). Por otra parte, el arroyo Valizas mostró indicios de enriquecimiento por nutrientes y empieza a mostrar consecuencias de eutrofización, como ser la ocurrencia de

cianobacterias. Si bien durante el período considerado para este informe (año 2017 y 2018) no se registraron floraciones de cianobacterias, sí se hallaron presentes especies potencialmente tóxicas (e.g. *Dolichospermum spp.*, *Aphanizomenon sp.*), principalmente en verano, que es la estación en la cual estos organismos presentaron su mayor abundancia y biovolumen.

Al parecer el 2018 fue un año con condiciones más saludables, ya que presentó mayor abundancia y mayor riqueza de fitoplancton y si bien presentó cianobacterias en verano, estas no fueron tan importantes desde el punto de vista de su biovolumen, como en el 2017. A su vez, durante el 2017 se registraron cianobacterias (aunque en baja abundancia) en varios momentos del año, registrándose también zygnematophyceas filamentosas de gran tamaño (e.g. *Spirogyra sp.* y *Mougeotia sp.*), las cuales representaron un gran porcentaje del biovolumen, generando matas importantes y visibles.

Otros indicadores de eutrofización son la presencia de zygnematophyceas filamentosas (Timoshkin *et al.* 2015), y las floraciones de diatomeas, las cuales responden rápidamente a aumentos en la concentración de nutrientes (e.g. *Skeletonema*). Todos estos factores indicarían que el 2017 estuvo más enriquecido por nutrientes, lo cual coincide con los mayores valores de nutrientes (NT y PT) registrados en el 2017, en relación al 2018.

Por último, se registraron en otoño 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.

4.3 Laguna Garzón

Al igual que las lagunas de Rocha y Castillos, esta laguna presentó cambios estacionales en sus características físico-químicas, asociados a la hidrología del sistema. Todos los valores de oxígeno disuelto y pH cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79). Los valores de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica mostraron un aumento en invierno de 2018, probablemente asociado a la descarga de agua desde la cuenca. Si bien, en algunos registros la turbidez superó el límite establecido en la normativa vigente, éstos se mantuvieron dentro de los valores del rango histórico, que estuvieron dentro de lo esperable para lagunas costeras someras (Conde *et al.* 2002, Chalar & Clemente 2005).

Al igual que las lagunas de Rocha y Castillos, según la OCDE (1982) y Lamparelli (2004), la Laguna Garzón se clasificó en estado mesotrófico para el período de estudio. Esto coincide con observaciones previas, en las que se identificaron para la laguna diatomeas indicadoras de estado eutrófico y mesotrófico (Bergamino *et al.* 2018).

Los aumentos de clorofila a coincidieron con mayores concentraciones de PO₄. A su vez, el valor promedio de PO₄ triplicó el promedio histórico (2002-2016), y el promedio del fósforo total lo superó en más de dos veces al promedio histórico (ver Anexo 4). El fósforo total aumentó en otoño e invierno, pero decreció en primavera de 2018, posiblemente debido a la descarga de agua dulce y posterior intrusión de agua de mar con menor concentración de PT, debido a la apertura artificial de la barra. El nitrógeno total presentó una tendencia descendente en el período estudiado, llegando a su mínimo en primavera de 2018, coincidiendo con la reducción de PT y aumento de la conductividad.

Los valores de coliformes generalmente fueron bajos y siempre cumplieron el estándar establecido por el Decreto 253/79. Los mayores valores se registraron en invierno de 2018, principalmente en la zona sur de la laguna. Este aumento coincide con un aumento en la concentración de amonio. El aumento de estas variables podría estar asociado al efecto de efluentes vinculados a la presencia de casas de pescadores, y al hotel flotante sobre la zona sur de la laguna (Bergamino *et al.* 2018).

Si bien la barra de la Laguna Garzón se abrió artificialmente en reiteradas ocasiones a lo largo del estudio, las aperturas efectivas, es decir aquellas que promovieron una adecuada descarga de agua y sedimentos al mar y un ingreso de agua marina al sistema se reducen a la realizada en primavera de 2018. Por este motivo se observó un predominio de conductividad baja, que podría explicar los mayores niveles de nutrientes en agua (PO₄, NO₃, PT y NT) y sedimento respecto a los valores históricos, debido al pobre intercambio de agua y sedimentos con el océano. Sin embargo, esto no se tradujo en un aumento de la clorofila *a* promedio del agua ni del sedimento, pero constituye un riesgo a futuro de mantenerse la tendencia de aumento de la carga interna de nutrientes. Asimismo, no se observaron grandes diferencias en las variables fisicoquímicas del agua entre sitios de la laguna. Esta homogeneidad podría relacionarse al manejo actual de la barra que no habría permitido un adecuado intercambio con el mar, durante el período de estudio, coincidiendo con lo indicado por Bergamino *et al.* (2018).

El descenso de algunas variables posterior a la apertura de la barra en primavera de 2018, y el aumento de la conductividad, refuerza la idea de que la apertura de la barra arenosa en lagunas que se conectan en forma periódica con el mar, constituye un mecanismo de “autolimpieza”, permitiendo que las lagunas descarguen el agua dulce y sedimentos, con mayores valores de nutrientes, y posteriormente ingrese agua marina con valores menores de nutrientes y elevada salinidad. Esto ha sido demostrado en Laguna de Rocha y en otras lagunas costeras del mundo (Conde *et al.* 2000, Roselli *et al.* 2013, Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). En este sentido, para el caso de Laguna Garzón resulta relevante mejorar la toma de decisión respecto a la apertura artificial de la barra, y evaluar en profundidad los efectos que tuvo la construcción del puente, ya que los promedios históricos que muestran valores marcadamente menores a los actuales, mayoritariamente provienen de muestreos previos a la construcción de dicho puente.

Contrariamente a lo observado para la columna de agua, el sedimento de la zona norte presentó mayor contenido de materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total que la zona sur de la laguna, coincidiendo con Meerhoff *et al.* (2013), Rodríguez-Gallego *et al.* (2017) y Bergamino *et al.* (2018). Existen algunas diferencias en la localización de algunos de los puntos de muestreo históricos y actuales (especialmente en la zona centro), lo que podría explicar parcialmente las diferencias observadas respecto al registro histórico. El aumento del fósforo total del sedimento podría deberse a un aumento de la materia orgánica del mismo, sin embargo esto no se vio reflejado en un aumento en los valores de clorofila *a* del sedimento (ni del agua), la cual podría estar limitada por un aumento del valor promedio de la profundidad de la laguna respecto del registro histórico (2002 – 2016). La profundidad promedio histórica es 0.9 ± 0.6 m, mientras que en los dos años de monitoreo actual fue casi el doble (1.5 ± 0.4 m).

Comunidad bentónica

En Laguna Garzón se encontraron valores de riqueza y de abundancias relativas similares a los observados en muestreos realizados durante el año 2005 (Meerhoff, 2009). Los grupos identificados representan especies típicamente estuarinas y comúnmente encontradas en lagunas costeras (Jorcín 1999, Meerhoff 2009, Meerhoff *et al.* 2013). Si bien Meerhoff (2009) reportó una riqueza de especies menor en esta laguna que en Laguna de Rocha y de Castillos, en este monitoreo la riqueza fue más baja, pero debemos destacar que para esta laguna este estudio contó con menos muestreos, por lo que futuros muestreos podrían cambiar o afirmar esta observación.

Laguna Garzón: Misidáceos e Ictioplancton

Los misidáceos en Laguna Garzón estuvieron presentes con muy bajas abundancias, y se registraron en todos los sitios de muestreo, aunque se observaron con mayor frecuencia en el sur. Si bien, no hay estudios previos de este grupo en esta laguna, generalmente las abundancias de misidáceos se asocian a condiciones contrastantes de salinidad y temperatura en ambientes costeros (lagunas costeras o desembocadura de arroyos) (Espinoza *et al.* 2019). Por último, si bien estos organismos son costeros y estuarinos, su presencia se registró tanto en períodos de barra cerrada, como abierta. Respecto al ictioplancton, únicamente se registró en primavera de 2018, y se asoció fundamentalmente a la apertura efectiva de la barra.

Metales y agroquímicos

Al igual que para las lagunas de Rocha y Castillos solo se encontraron valores cuantificables para Cr, Cu y Hg. Como ya se mencionó anteriormente, no se cuenta con normativa ambiental nacional para poder evaluar estos parámetros en la matriz sedimento, por tanto se utilizaron las Guías Canadienses (CEQG) dentro de la sección para la protección de la vida acuática. Todos los valores cuantificables para estos parámetros se encontraron por debajo del estándar planteado por esta normativa internacional. Por lo tanto, estos parámetros no representarían un riesgo para los diferentes usos de este sistema. Dado que en la Laguna Garzón no se han registrado usos industriales y urbanos que puedan aportar estos compuestos, es posible que estén relacionados a la geología, pero se requieren estudios específicos para determinar su fuente.

Respecto a los agroquímicos analizados en sedimento se registraron valores cuantificables de glifosato, p,p' DDE, dieldrin y clorpirifos. Sin embargo, ninguno de estos parámetros cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles para la matriz sedimento.

Al igual que para las demás lagunas monitoreadas los Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) indicadores, y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) fueron analizados únicamente en el verano del 2017. Asimismo, al igual que en las lagunas de Rocha y Castillos, los PCBs indicadores analizados a excepción del PCB 028, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg). En cuanto a los PAHs cuantificables, de los que presentan estándar en el GESTA-AGUA (2014), ninguno superó los niveles establecidos. Se utilizó además el estándar de PAHs totales propuesto por la EPA (22800 µg/kg), de forma de poder evaluar el contenido total, así como de los compuestos que carecen de estándares nacionales e internacionales, obteniéndose valores muy inferiores al estándar mencionado en todas las estaciones de monitoreo.

Como se mencionó anteriormente respecto a todos los agroquímicos analizados, aún se cuenta con muy pocos datos como para poder realizar una evaluación que sea representativa del sistema. Sin embargo, su presencia es un indicador de que es necesario continuar el monitoreo.

Análisis de Cargas

El análisis de áreas de los diferentes usos de suelo para la Laguna Garzón comprendido en el período entre 1997 y 2015, mostró un aumento de la forestación en detrimento del campo natural. El uso urbano se mantuvo en el tiempo, los cultivos presentaron una disminución y el bosque nativo mostró cierta variación aumentando levemente hacia el final del período.

El análisis de cargas anuales (ton/año) estimado para el 2015, indicó que las subcuencas que más carga aportaron en términos de PT y NT a la laguna fue en primer lugar la subcuenca del arroyo Garzón y el arroyo Moleras, y en segundo lugar, las subcuencas de la Laguna Garzón y el arroyo Moleras, lo que

coincide con las mayores superficies de dichas cuencas. Este mismo patrón de aporte se registró también en las cargas de PT y NT por unidad de superficie (kg/ha/año), indicando posiblemente que el aporte de la agricultura no se concentra en alguna subcuenca en particular.

En el periodo de estudio (2017 – 2018) no se realizaron monitoreos en los tributarios de la Laguna Garzón. Por lo cual, no es posible vincular las cargas estimadas en las subcuencas con las concentraciones de nutrientes obtenidas en los cursos de agua de las mismas. Dichos tributarios se incluyen a partir de los monitoreos del 2019.

5 Síntesis

Las tres lagunas presentaron un acople térmico, mostrando una temperatura similar a lo largo del período de monitoreo. En general presentaron un gradiente norte - sur, que fue más o menos marcado según la variable, la laguna y en relación a su frecuencia de conexión con el mar, coincidiendo con observaciones anteriores (Conde & Sommaruga 1990, Meerhoff *et al.* 2013, Rodríguez-Gallego *et al.* 2015 y 2017). También presentaron un descenso de la conductividad en invierno, asociado a los eventos de precipitación más importantes y a la acumulación de agua debido al estado de barra cerrada (Anexo 4) y a una menor evapotranspiración. En estos períodos se observaron, aunque en diferente grado, aumentos en los niveles de turbidez, de algunos nutrientes (totales y disueltos) y de coliformes termotolerantes, posiblemente por efecto de una mayor escorrentía.

Si bien la Laguna Garzón en general presentó valores más elevados de nutrientes en agua y sedimento, las tres lagunas mostraron rangos similares de nutrientes y clorofila *a*. Esto podría estar relacionado a que sus cuencas están expuestas al mismo régimen de precipitaciones y presentan usos y tipos de suelo similares (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017), además de contar con cierta sincronía en su conexión con el mar.

Para el caso de Laguna Garzón, el régimen actual de aperturas artificiales podría estar acentuando un proceso de acumulación de nutrientes en el agua y el sedimento, debido a que esta laguna presenta una dinámica de conexión al mar menos intensa, en comparación con Laguna de Rocha, que puede estar conectada al mar casi la mitad del año. Esto explica que, en estudios previos, incluso previos a la instalación del puente sobre esta laguna, se observaron mayores valores promedio de materia orgánica del sedimento y de los nutrientes asociados, respecto a las otras lagunas (Meerhoff *et al.* 2013, Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). En el caso de la Laguna de Castillos, el aporte de nutrientes desde los humedales debería ser evaluado en mayor grado, al igual que evaluar el funcionamiento hidrológico de la misma, ya que podría haber algunas dinámicas o procesos que no se están tomando en cuenta y podrían estar explicando en parte la mayor concentración de clorofila *a* y de nutrientes, sumado a los mayores cambios en los usos del suelo en la cuenca, en relación a Laguna de Rocha y Garzón.

Las tres lagunas según los criterios OECD (1982) y Lamparelli (2004) fueron clasificadas en estado mesotrófico por sus niveles de clorofila *a*. Sin embargo, en todos los casos se superaron los estándares establecidos de fósforo total por la normativa nacional.). Lo cual sugiere que las lagunas se encuentran en un estado vulnerable, pudiendo volverse rápidamente eutrófica frente a un aumento en su carga de nutrientes y/o a cambios en su hidrodinámica, que impidan una adecuada descarga de agua y sedimentos al mar, como el manejo de la apertura artificial de la barra arenosa.

Es necesario contar con series de tiempo de más largo plazo para poder realizar análisis estadísticos, que permitan explicar las relaciones entre las variables de interés, así como comprender los efectos de posibles medidas de gestión relacionadas a la apertura de la barra arenosa.

Comunidad bentónica

Las tres lagunas presentaron una fauna bentónica esperable para ambientes de características estuarinas, y en concordancia con lo previamente registrado para las mismas en investigaciones anteriores (Jorcín 1999, Meerhoff 2009, Rodríguez-Gallego *et al.* 2010, Meerhoff *et al.* 2013), con una clara dominancia en la mayoría de los casos de gastrópodos. Las diferencias observadas respecto a los antecedentes, en principio parecen ser atribuibles, en varios de los casos, a diferencias en la ubicación de algunos puntos de muestreos (ej. puntos con presencia de Hexapoda en Laguna de Rocha), una mayor periodicidad y duración de los muestreos, diferencias en la resolución taxonómica (ej. “Amphipoda” en Rodríguez-Gallego *et al.* 2010 vs. “Gammaridea sp.1 a 6” en el presente trabajo, para Laguna de Rocha), y/o a efectos de la distribución en parches de esta comunidad (ver comentarios Amphibalanus para Laguna Garzón).

En cualquier caso, no se observan especies indicadoras a priori de impactos de la eutrofización considerando al macrozobentos, las que en un futuro serán analizadas de forma más exhaustivas en función de otros parámetros biológicos y los parámetros fisicoquímicos ya obtenidos. La continuidad de estos monitoreos redundará en una mejor comprensión del funcionamiento comunitario de estas lagunas, filtrando los efectos de la variabilidad natural que es muy elevada en estas lagunas, y posibilitando la detección de potenciales bioindicadores específicos para estos sitios, ya sea a través de cambios observables sobre especies en concreto, como de la comunidad en su conjunto.

Misidáceos

Si bien en esta instancia no se realizó identificación taxonómica a nivel especie, en Uruguay la fauna de misidáceos es bastante desconocida. González (1974) y Cervetto (1987) identifican a *Neomysis americana* como la especie más probable en nuestros sistemas. A su vez en Calliari *et al.* (2001), identifican a *N. americana* como una población local del estuario del Arroyo Solís Grande, y discuten que

su ocurrencia dentro del estuario parece estar influenciada por las masas de agua que ingresan y salen (movimiento influenciado directamente por la precipitación y dirección del viento). Si bien esto está a confirmar, existen autores que consideran que *N. americana* podría ser una especie invasora (Aber *et al.* 2014), la cual estaría actuando actualmente como soporte de la trama trófica en lagunas costeras (Milesi *et al.* 2010).

En ambientes poco profundos, como es el caso de estas tres lagunas muestreadas, los misidáceos no tienen la posibilidad de ocultarse en capas de agua oscuras durante el día, pero esconderse dentro del sedimento podría estar siendo una estrategia de escape o camuflaje. Calliari *et al.* (2001) corroboran este comportamiento de migraciones o flujos entre la interfaz agua-sedimento, principalmente en los sitios Bolsón (Castillos), y sitios correspondientes al Norte en Laguna de Castillos y de Rocha. Las principales variables que pueden explicar las fluctuaciones de misidáceos son temperatura y salinidad. En este sentido, Calliari *et al.* (2001) proponen a estas dos variables como las principales que explican y acompañan las densidades de *N. americana* en Laguna Rocha. La abundancia de misidáceos en las tres lagunas costeras estudiadas parece también estar sujeta al movimiento de masas de agua y al dinamismo de la conexión con el mar que caracteriza a estos sistemas.

Ictioplancton

Las larvas y huevos de varias especies de peces marinos y costeros dependen de sistemas estuarinos y según las estrategias de alimentación y reproducción también pueden depender de lagunas costeras para criarse o reproducirse (Yáñez- Arancibia, 1986). Los resultados obtenidos indican que hay especies que utilizan estas lagunas para reproducirse, ya que se identificaron huevos (con relativamente altas abundancias) en las tres lagunas estudiadas, caracterizando a estos ambientes como áreas importantes de desoves, por ejemplo para la lacha (*Brevortia aurea*) en Laguna de Rocha (Machado 2007).

En estuarios subtropicales, las variables que influyen en la presencia, abundancia y ocurrencia de larvas y juveniles de peces son principalmente la temperatura, la biomasa del fitoplancton y del zooplancton y la época de desove (Pérez-Ruzafa *et al.* 2004, Lara-López & Neira 2008, Acuña *et al.* 2010). En lagunas costeras el estado de la barra es fundamental, ya que determina la comunicación con el mar (Machado *et al.* 2019). Y esta dinámica compleja es bien diferente en las tres lagunas estudiadas, por lo que se necesitan estudios con una escala temporal mayor para poder identificar estacionalidades marcadas. En este estudio se puede observar que las abundancias tanto de ictioplancton como de misidáceos se ven afectadas por la dinámica de la barra.

Metales y Agroquímicos

Las tres lagunas registraron concentraciones cuantificables de Cr, Cu y Hg. Sin embargo, todos los valores se encontraron por debajo del estándar planteado por la normativa internacional utilizada. Por

lo cual, en un principio estos parámetros no representarían un riesgo para los diferentes usos de estos sistemas.

Respecto a los agroquímicos analizados en sedimento si bien, algunos parámetros registraron valores cuantificables, no se cuenta con normativa nacional ni internacional que defina límites admisibles para dichos parámetros. Sin embargo, es importante considerar que aún se cuenta con muy pocos datos como para poder realizar una evaluación sea representativa para estos sistemas. La presencia éstos parámetros debe ser considerada como un indicador de que es necesario continuar el monitoreo.

Tributarios

En relación al cumplimiento de los estándares de calidad de la normativa ambiental, los tributarios de las cuencas de las Lagunas de Rocha y Castillos en general cumplieron con los estándares (a excepción del fósforo total y de datos puntuales de algunas variables medidas *in situ*). Respecto al PT, es importante destacar que los tributarios de ambas lagunas tuvieron valores que superaron el estándar fijado en la normativa vigente (máx. 25 µg P/L), lo cual sugiere que estas lagunas están recibiendo elevadas cargas de nutrientes a través de todos sus tributarios.

En este sentido, se identificaron en la cuenca de la Laguna de Rocha a los arroyos La Palma y Las Conchas y la cañada de Los Olivera en la cuenca de la Laguna de Castillos, como los tributarios más comprometidos en relación a los estándares ambientales, así como en función de las concentraciones de nutrientes. En el caso de los arroyos La Palma y Las Conchas las elevadas concentraciones de nutrientes se relacionan directamente con el uso de las subcuencas, las cuales son las más agrícolas (Rodríguez-Gallego 2010).

Es importante además destacar que el arroyo La Palma se utiliza como fuente de agua para potabilizar durante el verano para el balneario La Paloma. En este arroyo se han detectado floraciones algales y agroquímicos, los cuales han generado problemas de toxicidad y dificultades en el tratamiento del agua, así como un incremento en los costos de potabilización (Ing F. Recuero² com. pers). En este contexto, se generó un grupo interinstitucional (DINAMA, DINAGUA, IDRocha, OSE y CURE), en el cual se están estudiando medidas dirigidas a recuperar y preservar la calidad del agua de este arroyo, buscando minimizar los conflictos entre los diferentes usos y garantizar la sustentabilidad del recurso (Amorín *et al.* 2018).

En el caso de la cañada Los Olivera, (tributario de la Laguna de Castillos), las altas concentraciones de nutrientes determinadas provienen de fuentes puntuales aportadas desde la ciudad de Castillos. En este sentido, debería ser evaluado en mayor grado, el aporte de nutrientes que están recibiendo los

² Jefe Técnico de OSE Rocha

humedales de la Laguna de Castillos, desde esta cañada, así como la capacidad de filtración de los mismos en relación a las concentraciones que llegan.

Análisis de Cargas

A partir del análisis de los diferentes usos del suelo de las cuencas de las lagunas de Rocha y Castillos, en el período comprendido entre 1997 y 2015, se observa un claro aumento de los cultivos y la forestación en detrimento del campo natural, el uso urbano se mantuvo en el tiempo y por último el bosque nativo mostró cierta variación aumentando hacia el final del período. En el caso de la cuenca de la Laguna Garzón, no mostró el mismo patrón siendo principalmente la forestación el uso que aumentó en el período indicado en detrimento del bosque nativo.

En las subcuencas de los arroyos Las Conchas y La Palma, se detectó un efecto importante de la agricultura. Sin embargo, sigue siendo necesario continuar monitoreando estos sistemas, de forma de poder vincular estas cargas con las concentraciones de nutrientes obtenidas en los cursos de agua, como ya se mencionó, es necesario contar con una serie más extensa de datos y una adecuada estimación de los caudales circulantes, los cuales influyen directamente en las concentraciones de nutrientes en el agua y el aporte neto a las lagunas.

5 Consideraciones Finales

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 implementar este tipo de monitoreo. Se espera poder continuar fortaleciendo este programa de monitoreo, lo que permitirá seguir generando valiosa información para una adecuada gestión y preservación de estos ecosistemas.

En general se cumplieron con los objetivos planteados en el programa de monitoreo. En cuanto a la evaluación del cumplimiento de la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), se desprende que en los parámetros cumplieron con los estándares, a excepción del fósforo total y algunos datos puntuales de variables medidas *in situ*.

En relación al estado ambiental de las lagunas, los resultados indican que las lagunas de Rocha, Castillos y Garzón se encuentran con buena calidad del agua y sedimentos. Si bien se registraron metales y agroquímicos, en su mayoría éstos se encontraron o por debajo de los estándares permitidos. Sin embargo, para estas dos últimas variables se cuenta con pocos resultados debido a que el número de

muestreos realizados aún es bajo. Sin embargo, en el caso de aquellos parámetros cuantificables, su presencia debe ser considerada como un indicador de que es necesario continuar su monitoreo. Por otro lado, a pesar que las tres lagunas fueron clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de clorofila *a*, las concentraciones de nutrientes fueron relativamente elevadas. Estos resultados, junto con los indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica referidos en estudios específicos, sugieren que estos ecosistemas pueden volverse rápidamente eutróficos frente a un aumento en su carga de nutrientes.

Respecto a los agroquímicos analizados en sedimento si bien, algunos parámetros registraron valores cuantificables, no se cuenta con normativa nacional ni internacional que defina límites admisibles para dichos parámetros. Sin embargo, es importante considerar que aún se cuenta con muy pocos datos como para poder realizar una evaluación sea representativa para estos sistemas. La presencia éstos parámetros debe ser considerada como un indicador de que es necesario continuar el monitoreo

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, no se observan a priori especies indicadoras de impactos de eutrofización considerando al macrozobentos. Sin embargo, aún es necesario realizar análisis más exhaustivos, en función de otros parámetros biológicos y los parámetros fisicoquímicos ya obtenidos para obtener conclusiones más robustas.

En relación a las comunidades, la continuidad de este programa redundará en una mejor comprensión del funcionamiento ecológico de estas lagunas. Hará posible filtrar los efectos de procesos naturales que tienen alta variabilidad y dificultan la identificación de patrones claros o de efectos de actividades antropogénicas de forma simple y clara, tanto a corto, mediano y largo plazo; y posibilitando la detección de potenciales bioindicadores específicos para estos sitios, ya sea a través de cambios observables sobre especies particulares, como de la comunidad en su conjunto.

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, identificar causas, así como implementar acciones enfocadas a una mejor gestión, como por ejemplo la reducción de los niveles de nutrientes, entre otros.

El análisis de cargas de nutrientes exportadas por las cuencas permite a su vez relacionar usos del suelo intensivos, con las subcuencas con mayores concentraciones de nutrientes en los tributarios respectivos. Sin embargo, sigue siendo necesario continuar monitoreando estos sistemas, de forma de poder vincular estas cargas con las concentraciones de nutrientes obtenidas en los cursos de agua, para

lo cual es importante contar con una serie más extensa de datos y una adecuada estimación de los caudales circulantes.

Finalmente, se puede decir que el rol que cumple la apertura de la barra arenosa de las lagunas es relevante, tanto en la componente biótica como abiótica. Esto deberá ser motivo de estudio detallado para mejorar el manejo de la misma en aras de la protección ambiental y el desarrollo sostenible de las lagunas.

6 BIBLIOGRAFÍA

Aber A, Ferrari G, Zerbino S, Porcile JF, Brugnoli E, Nuñez L. 2014. Especies exóticas invasoras en el Uruguay. Comité de especies exóticas invasoras. MVOTMA.

Acuña A., Passadore C. and Giménez L. (2010) Fish assemblage in a temperate estuary on the Uruguayan coast: seasonal variation and environmental influence. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 299–314.

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, 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.

Bergamino L, Rodríguez-Gallego L, Pérez-Parada A, Rodríguez Chialanza M, Amaral V, Perez L, Scarabino F, Lescano C, García-Sposito C, Costa S, Lane CS, Tudurí A, Venturini N, García-Rodríguez F. (2018) Autochthonous organic carbon contributions to the sedimentary pool: A multi-analytical approach in Laguna Garzón. *Organic Geochemistry* 125: 55-65.

Bonilla S & 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., Cliari, 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.

Boschi, E.E., (2016). Los crustáceos de interés pesquero y otras especies relevantes en los ecosistemas marinos. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP. 271 p. (Boschi, E.E. ed., El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros; 6).

Brandt, O.M., Fujimura, R.W. , Finlayson, B.J. (1993). Use of *Neomysis mercedis* (Crustacea: Mysidacea) for estuarine toxicity tests. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 122 (2): 279-288.

Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment. Página: <http://cegg-rcqe.ccm.ca/en/index.html#void>.

Calliari D, Cervetto G & M Gómez (2001). Short-term variability in abundance and vertical distribution of theopossum shrimp *Neomysis americana* in the Solís Grande river estuary, Uruguay. *Atlantica, Rio Grande*, 23: 117- 125.

Cervetto G (1987). Fluctuaciones del zooplancton del arroyo Solís Grande, Uruguay (16 al 30/11/82) (No. 504.45 CER).

Chalar G & Clemente J (2005). Tasa de resuspensión de fósforo y sedimentos en un cuerpo de agua muy somero (Laguna de Rocha, Uruguay). En I. Vila y J. Pizarro (eds.) Tercer Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses. CYTED. Patagonia Impresores, Santiago, Chile. pp. 89-106.

Chigbu P & TH Sibley (1994). Relationship between abundance, growth, egg size and fecundity in a landlocked population of longfin smelt, *Spirinchus thaleichthys*. *Journal of Fish Biology* 45(1): 1-15.

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, Aubriot L, Sommaruga R (2000). Changes in UV penetration associated with marine intrusions and freshwater discharge in a shallow coastal lagoon of the Southern Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 207: 19–31

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.

Conde D, Solari S, de Alava D, Rodríguez L, Verrastro N, Chreties C, Lagos X, Piñeiro G, Teixeira L, Seijo L, Vitancurt J, Caymaris H, Panario D (2019) Ecological and social basis for the development of a sand barrier breaching model in Laguna de Rocha, Uruguay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219:300–316.

Decreto 253/79. Decreto reglamentario del Código de aguas de 1978.

Espinosa, N., Calliari, D., & Rodríguez-Graña, L. (2019). Life history, population structure and environmental modulation of *Neomysis americana* (Mysinae) in an intermittently open coastal lagoon of the South West Atlantic. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 223, 129-137.

Fabiano G. & O. Santana. (2006). Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay. In: Menafra 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.

GESTA-AGUA (2014). Propuesta de modificación del Decreto 253/79 “Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas”.

Gonzalez LA (1974). Finding of *Neomysis americana* Smith (1873) (Crustacea: Mysidacea) en Rio de La Plata, Uruguay. *Revista de Biología del Uruguay*.

Jorcín A (1999). Temporal and spatial variability in the macrobenthic community along a salinity gradient in the Castillos lagoon (Uruguay). *Archive für Hydrobiologie* 146: 369-384.

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.

Lamparelli M (2004). Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tesis de Doctorado, Universidad de San Pablo (disponible on-line)

Lara-López L, Neira F (2008). Synchronicity between zooplankton biomass and larval fish concentrations along a highly flushed Tasmanian estuary: assessment using net and acoustic methods. *Journal of Plankton Research* 30: 1061-1073.

López Cazorla, A.C. (1996). The food of *Cynoscion striatus* (Cuvier) in the Bahía Blanca area, Argentina. *Fish. Res.*, 28: 371-379.

López Cazorla, A.C. (2004). Peces. En: Piccolo, M.C., Hoffmeyer, M.S. (Eds.). *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Bahía Blanca: 191-201

Machado I (2007). Ictioplancton en Lagunas Costeras de Uruguay: composición, distribución especial y su relación con variables ambientales durante el período estival. Informe de Pasantía para optar a la Licenciatura en Ciencias Biológicas.

Machado I, Conde D & Rodríguez-Graña L (2011). Composition y spatial distribution of ichthyoplankton in intermittently- open coastal lagoons of Uruguay. *Panamerican Journal of Aquatic Sciences*. Vol 6237-243.

Machado I, Rodríguez-Gallego L, Lescano C, Calliari D. (2019) Conectividad entre una laguna costera y la zona costera adyacente: implicancias para el ictioplancton. XVIII COLACMAR 2019, resumen sometido.

MAP (1975). Dirección de Suelos y Fertilizantes Carta Geológica del Uruguay 1:1000000

Martínez A (2014). Floraciones algales en el Arroyo Valizas, Rocha. En: JIBE. Jornadas de Interdisciplinarias de Biodiversidad y Ecología. Rocha, Uruguay (3-5 de diciembre de 2014). Rocha: JIBE.

Martínez A, Kruk C, Rodríguez-Gallego L, Blumetto O, Lescano C y Conde D (2019) Floraciones de cianobacterias en la laguna de Castillos. II Congreso Nacional de Biociencias. 4-7 de Setiembre de 2019, Montevideo.

Meerhoff E, Rodríguez-Gallego L, Giménez L, Muniz P, Conde D (2013) Spatial patterns of macrofaunal community structure in coastal lagoons of Uruguay. *Marine Ecology Progress Series* 492: 97-110

Meerhoff E (2009). Variación espacio temporal de las comunidades macrobentónicas de cinco lagunas costeras del Uruguay. Tesis de Maestría en Biología - Opción Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República Oriental del Uruguay, Montevideo, Uruguay. 152 pp.

Milessi A, Calliari D, Rodríguez L, Conde D, Sellanes J y Rodríguez-Gallego L (2010) Trophic mass-balance model of a subtropical coastal lagoon, including a comparison with a stable isotope analysis of the food-web. *Ecological Modelling*, 221: 2859-2869

Müller, R. & O. Widemann (1955) Die Bestimmung des Nitrat-Ions in Wasser. *Von Wasser*, 22: 24

MVOTMA-DINAMA. (2017). Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales. División Laboratorio Ambiental, 3era edición.

Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Brito, A., Cardoso, A.C., Coljin, F., Dalla Riva, S., Gertz, F., Hansen, J., Holmer, M., vanova, K., Leppakoski, E., Mocenni, C., Mudge, S., Murray, N., Perjup, M., Razinkovas, A., Reizopoulou, S., Perez- Ruzafa, A., Schernewski, G., Schubert, H., Seeram, L., Solidoro, C., Viaroli, P., Zaldívar, J.M., 2013. An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 140, 1e28.

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.

Parsons R, Takahashi M & B Margrave (1984). *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press, London. Pp 330.

Preece, E., F. Hardy, B. Moore, M. Bryan. (2017). A review of microcystin detections in Estuarine and Marine waters: Environmental implications and human health risk. *Harmful Algae* 61: 31-45

Perez MC, Bonilla S, De Leon L, Smarda J & J Komarek (1999). A bloom of *Nodularia balticaspumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. *Algological Studies*, 93: 91-101

Pérez-Ruzafa A, Quispe-Becerra J, García-Charton JA, Marcos C (2004). Composition, structure and distribution of the ichthyoplankton in a Mediterranean coastal lagoon. *Journal of Fish Biology* 64, 202-218.

Quintans F, Rodríguez-Gallego L & 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-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., Santos C., Amado S., Gorfinkel D., González MN., Gómez J., Neme C., Tommasino H & Conde D. (2008). *Costos y Beneficios Socioeconómicos y Ambientales del Uso Actual de la Laguna de Rocha y su Cuenca: Insumos Para La Gestión Integrada De Un Área Protegida Costera*. Informe final, Programa de Desarrollo Tecnológico, Montevideo. 185pp.

Rodríguez-Gallego L, Sabaj V, Masciadri S, Kruk C, Arocena R, Conde D (2015) Salinity as a major driver for submerged aquatic vegetation in coastal lagoons: a multi-year analysis in the subtropical Laguna de Rocha. *Estuaries and Coasts* 38: 451–465

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. En: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 188, pp. 116-126.

Rodríguez-Gallego L, Meerhoff E, Clement JM & D Conde (2010). Can ephemeral proliferations of submerged macrophytes influence zoobenthos and water quality in coastal lagoons? *Hydrobiologia*, 646: 253–269.

Roselli L, Canedo-Argüelles M, Costa Goela P, Cristina S, Rieradevall M, D'Adamo R, Newton A (2013). Do physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 117: 29-36.

Santana O, Fabiano G, NIEDDU M, Laporta M, Silveira S & Pereyra I. (2018). Estimación de edad y crecimiento de juveniles de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) en las lagunas costeras salobres de Uruguay. *FRENTE MARÍTIMO. VOLUMEN 25 - SEPTIEMBRE 2018*.

Schneider, D.C. (1981). Size-Selective Predation on Mysids by Birds (Plovers). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5 (2): 223-224.

Sommaruga R & Conde D (1990). Distribución de materia orgánica en los sedimentos recientes de la Laguna de Rocha (Rocha Uruguay). *Atlántica* 12: 35-44.

Timoshkin, OA., NA. Bondarenko, A. Volkova, IV. Tomberg, VS. Vishnyakov, VV. Malnik. (2015). Mass development of green filamentous algae of the genera *Spirogyra* and *Stigeoclonium* (Chlorophyta) in the littoral zone of the Southern part of Lake Baikal. *Hydrobiological Journal* 51(1): 13-23

Valderrama, J.C. (1981). The simultaneous analysis of total N and P in natural waters. *Marine Chemistry*, 10:,109–122.

Vander Zanden M. J. & Vadeboncoeur Y. (2002). Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. *Ecology* 83: 2152-2161.

Vidal L. (2008). Estructura y biomasa del fitoplancton en lagunas costeras; relevancia del picoplancton autótrofo. Tesis de Maestría, PEDECIBA, Facultad de Ciencias, Montevideo. 96pp.

Wallace J. B & Webster J. R. (1996). The Role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Annual Review of Entomology* .Vol. 41:115-139

Yáñez- Arancibia A (1986) Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos. AGT, Editor, México D.F. 1ª Edición, 189 pp.

ANEXOS

Anexo 1



DOCUMENTO DE TRABAJO

Título: INFORME DINARA-MGAP: matriz agua y tejido, período 2017-2018. Cooperación Técnica y Científica MVOTMA-DINAMA, MGAP-DINARA, OSE, IDR y CURE: Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios.

Autores (en orden alfabético): Graciela Fabiano, Martín Laporta, Alfredo Pereira, Inés Pereyra, María Salhi, Orlando Santana, Santiago Silveira.

Institución: Dirección Nacional de Recursos Acuáticos- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Unidad de Gestión Pesquera Atlántica (DINARA-MGAP, La Paloma).

RESUMEN: Este documento presenta los principales resultados del monitoreo realizado por la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA-MGAP), en el marco del Acuerdo de Cooperación Técnica y Científica entre el MVOTMA-DINAMA, el MGAP-DINARA, OSE y la Intendencia Departamental de Rocha (IDR) y del Convenio con el CURE-Rocha "Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios. Entre 2017 y 2018 se realizaron monitoreos de desembarques estacionales de las especies de importancia comercial: corvina blanca (*Micropogonias furnieri*), pejerrey (*Odontesthes argentinensis*), lenguado rojo (*Paralichthys orbignyanus*), lisa (*Mugil liza*) y lacha (*Brevoortia aurea*), camarón (*Penaeus paulensis*) y cangrejo sirí (*Callinectes sapidus*). En estas especies se extrajeron y analizaron muestras de tejidos para metales pesados (mercurio, cadmio, y plomo). También se presentan datos de variables físico-químicas del agua y de la condición de las barras arenosas, obtenidos en el marco del Programa de monitoreo y evaluación de los recursos pesqueros de las lagunas costeras salobres de la DINARA-MGAP.

Documento de trabajo elaborado en el marco del Programa de Monitoreo Interinstitucional de Lagunas Costeras MVOTMA (DINAMA) – OSE – IDR –MGAP (DINARA) (exp: 2016/14000/14380). Este documento puede contener información no publicada y/o análisis o conclusiones sujetas a modificaciones. La información contenida en este documento no debe ser citada ni usada para otro

propósito que no sea el trabajo propio del mencionado Programa sin el permiso expreso de los autores e instituciones que la originaron.

Cooperación Técnica y Científica MVOTMA-DINAMA, MGAP-DINARA, OSE, IDR y CURE: Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios

INFORME DINARA-MGAP: matriz agua y tejido, período 2017-2018

INTRODUCCIÓN

El presente informe se enmarca dentro del Acuerdo de Cooperación Técnica y Científica realizado entre el MVOTMA-DINAMA, el MGAP-DINARA, la empresa estatal OSE y la Intendencia Departamental de Rocha (IDR) suscrito por la partes en diciembre de 2018 y del Convenio MVOTMA-DINAMA y CURE-Rocha; para formalizar las actividades de dichas instituciones en el marco del Plan de Monitoreo Interinstitucional de las Lagunas Costeras de Uruguay. Este informe recopila una parte de las actividades realizadas por la Unidad de Gestión Pesquera Atlántica, el Departamento de Biología Poblacional y Departamento de Industrias Pesqueras de la DINARA durante los años 2017 y 2018, con anterioridad a la firma del acuerdo. En este período se realizaron monitoreos de desembarques estacionales de las especies de importancia comercial: corvina blanca (*Micropogonias furnieri*), pejerrey (*Odontesthes argentiniensis*), lenguado rojo (*Paralichthys orbignyanus*), lisa (*Mugil liza*) y lacha (*Brevoortia aurea*) en peces y camarón (*Penaeus paulensis*) y cangrejo sirí (*Callinectes sapidus*) en crustáceos. En todos los casos se obtuvieron muestras de tejidos para análisis de metales pesados (mercurio, cadmio, y plomo). También se presentan registros de parámetros físico-químicos del agua y de la condición de las barras arenosas, obtenidos en el marco del Programa de monitoreo y evaluación de los recursos pesqueros de las lagunas costeras salobres de la DINARA-MGAP.

Parámetros físico químicos y condición de las barras arenosas

Entre enero de 2017 y diciembre de 2018 se registraron mensualmente la temperatura (°C) y la salinidad del agua (Salinómetro ECOSENSE 300), así como la condición de las barras arenosas en monitoreos perimetrales de las lagunas de Rocha y de Castillos (Tabla 1). Los sitios relevados se corresponden aproximadamente con los mismos sitios definidos en el marco de este acuerdo.

Tabla 1. Sitios relevados en el monitoreo mensual de las lagunas de Rocha y Castillos entre enero de 2017 y diciembre de 2018.

Laguna-Arroyo	Estación limnológica	Ubicación	Latitud	Longitud
Arroyo Valizas	Puente Valizas	Arroyo Valizas en Puente Ruta 10, km 267	34°21,30.35	53°50,41.68
Arroyo Valizas	Barra Valizas	Barra del Arroyo Valizas en el mar	34°20,37.7	53°47,17.05
Castillos	Servetto	Zona N de la laguna de Castillos (en Monte Grande muelle o playa)	34°17,7.47	53°54,11.02
Castillos	Aº Chafalote	Arroyo Chafalote en Puente Ruta 9	34º21,14.7	54º3,39.36
Castillos	Aº Don Carlos	Arroyo Don Carlos en Puente Ruta 9, km 225	34°25,18.14	54° 8,43.28
Rocha	Aº Las Conchas	Arroyo Las Conchas en Puente Ruta 15	34°30,54.89	54°14,59.62
Rocha	Aº Rocha	Arroyo Rocha en Puerto de los Botes	34°32,44.33	54°19,10.69
Rocha	Barra Rocha	Barra de la laguna de Rocha	34°40'56.10	54°16'14.06

Muestras biológicas de desembarque

Para el monitoreo de peces se realizaron muestreos biológicos de desembarque de las especies capturadas por pescadores artesanales en las lagunas de Rocha y Castillos, en invierno (2017 y 2018) y primavera (2017). En 2018 no se pudo realizar el muestreo correspondiente a primavera. Las capturas fueron obtenidas con redes de enmalle de fondo de diferentes tamaños de luz de malla según la especie objetivo: 4, 4.5 y 5.7 cm (pejerrey), 4.5, 8, 9 y 10 cm (corvina), 4.5 y 8 cm (lacha) y 14, 16, 18 y 20 cm (lenguado). Para cada individuo se registró: longitud total (Lt, cm) y peso total (Pt, g), 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 g para el peso, dependiendo de las especies. Cuando fue posible se determinó el sexo y grado de madurez a nivel macroscópico utilizando una clave de estadios de madurez modificada de Vazzoler (1996) y Macchi y Acha (1998) (Tabla 2). Se realizaron histogramas de frecuencias absolutas y acumuladas de tallas y se estimó la talla a la cual quedó retenida el 50 % de la captura ($LT_{50\%}$) para aquellas especies que tuvieron una mayor representatividad en las capturas (corvina, pejerrey, lenguado rojo y lacha). Para estas especies se calcularon también las relaciones largo total-peso total determinadas a partir de la ecuación de crecimiento alométrico $Pt = aLt^b$; donde Pt = peso total (g), Lt = largo total (cm), a = coeficiente de proporcionalidad y b = coeficiente de alometría. Los parámetros a y b fueron estimados mediante un modelo de regresión por mínimos cuadrados, previa transformación logarítmica de las variables Lt y Pt (Ricker, 1973).

Tabla 2. Clave de grados de madurez gonadal utilizada en los muestreos biológicos de desembarque modificada de Vazzoler (1996) y Macchi & Acha (1998).

ESCALA DE MADUREZ	MACHOS	HEMBRAS
INMADURO (I)	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.
MADURACION (II)	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
MADURO I-F (III)	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).
POST-EVACUACIÓN O RECUPERACION (IV)	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
REPOSO (V)	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.

Para el monitoreo de camarón (*Penaeus paulensis*) se obtuvieron semanalmente muestras biológicas de desembarques artesanales entre los meses de enero y mayo de 2018 en las Lagunas de Rocha y Castillos, y los datos fueron agrupados por estación en verano y otoño.

De cada ejemplar se registró el largo del cefalotórax (LCT, mm), tomado desde el extremo distal del rostro hasta la escotadura posterior (Calibre fibra de carbono TAJIMA, precisión 0,1 mm) (Figura 1); y el Pt (g) (Balanza SARTORIUS, precisión 0,01 g). Los ejemplares fueron discriminados por sexo, identificando la presencia de petasma en machos o télico en hembras (Figura 2). Para cada sexo y discriminado por estación y laguna, se estimaron los estadísticos descriptivos básicos (rango, media y desvío estándar) del LCT y del Pt; se realizaron histogramas de frecuencias absolutas y acumuladas de tallas y se calcularon las relaciones LCT-Pt de igual manera que las estimadas para peces.

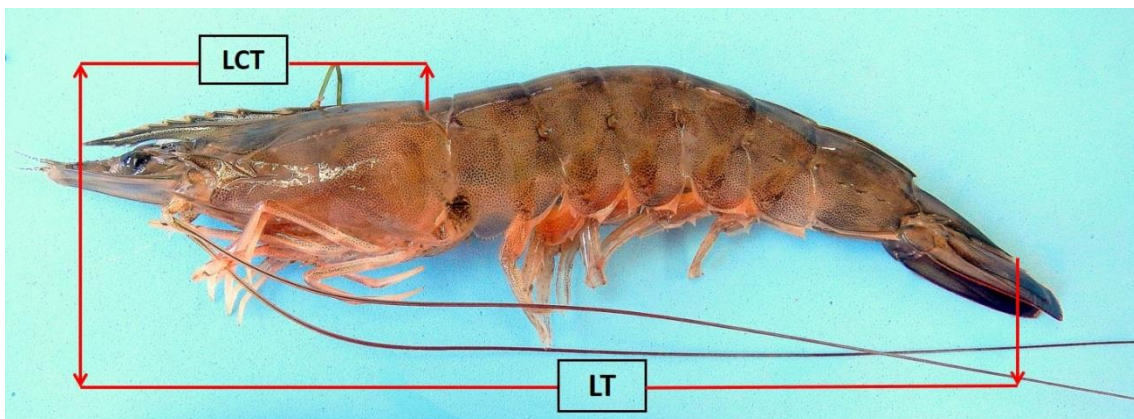


Figura 1. Medida del largo cefalotórax (LCT mm) de *Penaeus paulensis*, tomado desde el extremo distal del rostro hasta la escotadura posterior.

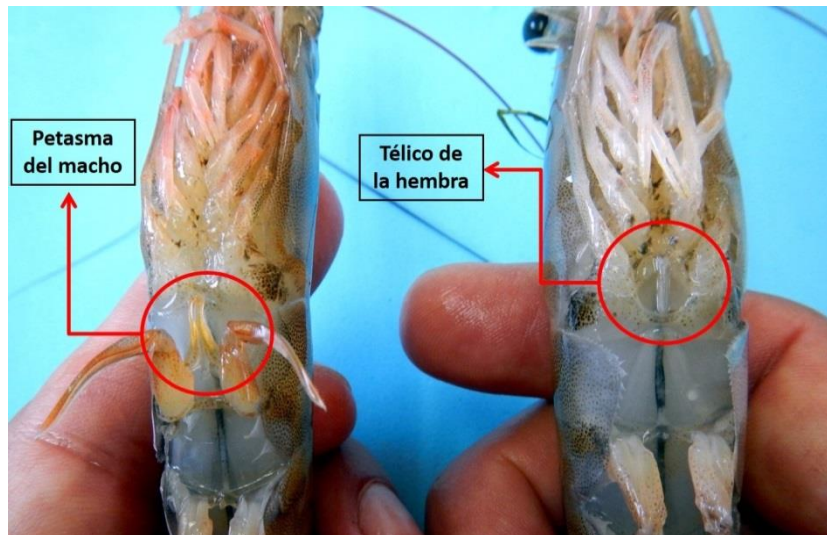


Figura 2. Diferenciación sexual en *Penaeus paulensis*, donde se observa la presencia de petasma en machos y télico en hembras.

En el monitoreo de cangrejo sirí (*Callinectes sapidus*), se utilizaron ejemplares provenientes de campañas de pesca exploratoria con un raño o *beam-trawl* en primavera de 2017 y primavera de 2018 en el arroyo Valizas-Laguna de Castillos. Para cada individuo se registró: ancho total (At, mm), tomado entre los extremos distales de las espinas laterales (Calibre fibra de carbono TAJIMA, precisión 0,1 mm), Pt (g) (Balanza SARTORIUS, precisión 0,01 g), sexo y grado de madurez considerando si presentaban el abdomen soldado o libre (Figura 3).



Figura 3. Diferenciación sexual en *Callinectes sapidus*. Las imágenes superiores corresponden a un macho y las inferiores a una hembra, en vista dorsal (izquierda) y ventral (derecha).

Para cada sexo se estimaron los estadísticos descriptivos básicos (rango, media y desvío estándar) del At y Pt; y se realizaron histogramas de frecuencias absolutas y acumuladas de tallas.

En todos los muestreos biológicos de desembarques (peces y camarón), así como en las campañas de pesca exploratoria (sirí) se registraron las variables físico-químicas y la situación de la barra arenosa de cada laguna.

Obtención de muestras biológicas para contaminación

A partir de los muestreos biológicos de desembarque (peces y camarón) y de pesca exploratoria (sirí), se colectaron muestras para el análisis de contaminación por metales pesados: cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb). En 2017 las muestras de peces consistieron en individuos enteros o porciones de los mismos (músculo de mejilla o cachete) elegidos al azar de ejemplares de tallas comerciales de corvina blanca, pejerrey y lenguado rojo en invierno (Tabla 3); y corvina blanca y lacha en primavera (Tabla 4). En 2018 las muestras de invierno consistieron en ejemplares de tallas comerciales de corvina blanca, lisa, pejerrey y lacha (Tabla 5). Las muestras de camarón fueron obtenidas en verano (marzo en Rocha) y otoño (abril en Castillos) de 2018 y las de sirí en primavera (diciembre) de 2017 en Castillos (Tabla 5). No se pudieron colectar muestras de peces, ni crustáceos en primavera de 2018.

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 3. Muestras de peces colectadas en invierno de 2017 en la Laguna de Rocha y Castillos, remitidas para análisis de metales pesados (Hg, Pb y Cd).

Laguna	Especie	Tipo de muestra
Rocha	<i>Micropogonias furnieri</i>	3 ejemplares enteros
Rocha	<i>Odonthestes argentiniensis</i>	5 ejemplares enteros
Rocha	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Pool de 5 ejemplares(14 g c/u)
Castillos	<i>Micropogonias furnieri</i>	2 ejemplares enteros
Castillos	<i>Paralichtys orbignyanus</i>	Pool de 15 ejemplares (6g c/u)

Tabla 4. Muestras de peces colectadas en primavera de 2017 en la Laguna de Rocha y Castillos, remitidas para análisis de metales pesados (Hg, Pb y Cd).

Laguna	Especie	Peso total (g)	Tipo de muestra
Rocha	<i>Micropogonias furnieri</i>	857.54	5 ejemplares enteros
Rocha	<i>Brevoortia aurea</i>	893.77	5 ejemplares enteros
Castillos	<i>Micropogonias furnieri</i>	2730	5 ejemplares enteros

Tabla 5. Muestras de peces y crustáceos colectadas en primavera de 2017 y verano, otoño e invierno de 2018 en las lagunas de Rocha y Castillos, remitidas para análisis de metales pesados (Hg, Ca y Pb) (pArt = monitoreo biológico de desembarque de pesca artesanal; pExp= Pesca exploratoria).

Estación	Laguna	Especie	Tipo de muestra	Procedencia
Primavera 2017	Castillos	<i>Callinectes sapidus</i>	10 ejemplares enteros	pExp
Verano 2018	Rocha	<i>Penaeus paulensis</i>	10 ejemplares enteros	pArt
Otoño 2018	Castillos	<i>Penaeus paulensis</i>	10 ejemplares enteros	pArt
Invierno 2018	Castillos	<i>Micropogonias furnieri</i>	3 ejemplares enteros	pArt
	Castillos	<i>Mugil liza</i>	2 ejemplares enteros	pArt
	Castillos	<i>Odontesthes sp.</i>	4 ejemplares enteros	pArt
	Rocha	<i>Micropogonias furnieri</i>	3 ejemplares enteros	pArt
	Rocha	<i>Brevoortia aurea</i>	3 ejemplares enteros	pArt
	Rocha	<i>Odontesthes argentiniensis</i>	4 ejemplares enteros	pArt

Resultados

Laguna de Rocha

Parámetros físico químicos y condición de las barras arenosas

Los valores de temperatura en el año 2017 estuvieron comprendidos entre 10 y 24 °C (Barra de Rocha), 13 y 24.1 °C (Las Conchas) y entre 13.2 y 26.3 °C (Puerto de los Botes). En 2018 los valores de temperatura estuvieron comprendidos entre 11.3 y 28.1 °C (Barra de Rocha), 12.1 y 28.5 °C (Las Conchas) y entre 10.9 y 28.1 °C (Puerto de los Botes) (Figura 4).

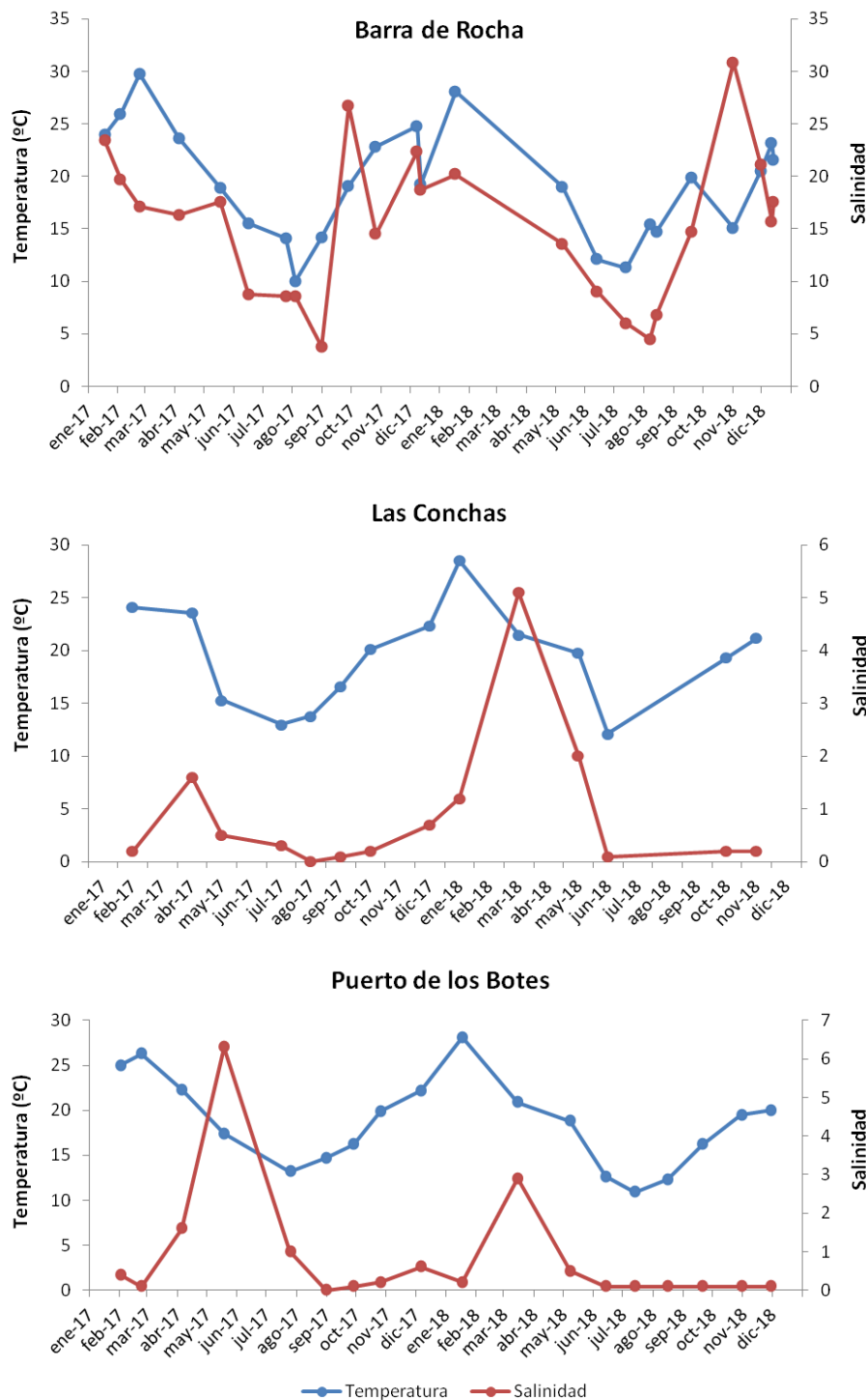


Figura 4. Variación de temperatura y salinidad, durante el período 2017-2018, en la Laguna de Rocha (en los sitios Barra de Rocha, Puerto de los Botes y Las Conchas).

Los valores de salinidad en 2017 estuvieron comprendidos entre 3.8 y 27.7 (Barra de Rocha), 0.1 y 1.6 (Las Conchas) y 0.1 y 6.3 (Puerto de los Botes). En 2018 los valores de salinidad estuvieron comprendidos entre 4.5 y 30.8 (Barra de Rocha), 0.1 y 5.1 (Las Conchas) y 0.1 y 2.9 (Puerto de los Botes).

La laguna de Rocha no estuvo conectada con el mar entre enero y julio de 2017, abriéndose la barra de forma artificial en ése último mes, permaneciendo en esa condición hasta enero de 2018. A partir de este mes se cerró hasta junio, cuando nuevamente fue abierta artificialmente, permaneciendo así hasta fines de agosto, aun cuando en setiembre se observaron intrusiones de agua desde el mar sobre la barra. Posteriormente, la conexión con el mar fue intermitente y se alternaron períodos de cierre y de abertura natural (Figura 5). La barra de Rocha estuvo abierta durante el 35 y 40% del año durante 2017 y 2018 respectivamente.

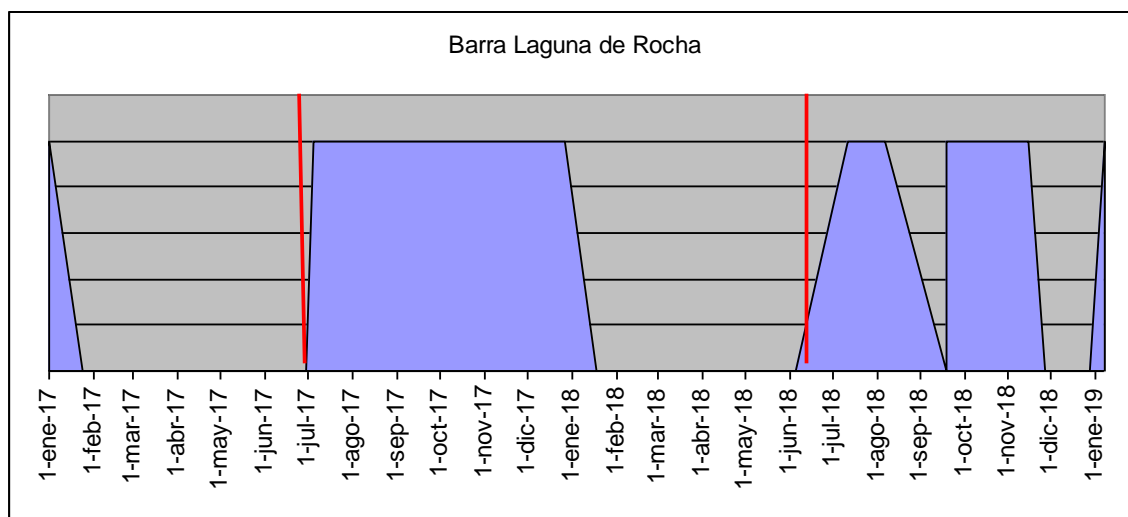


Figura 5 Régimen de barra en la Laguna de Rocha (área celeste=abierta y área sin colorear =cerrada). La línea roja indica la apertura artificial. Nota: cada mes tiene observaciones de frecuencia quincenal.

Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque

Los valores de las variables ambientales medidas durante los muestreos de invierno y primavera de 2017 y verano, otoño e invierno de 2018 en la Laguna de Rocha, se detallan en las Tablas 6 y 7, respectivamente. Los parámetros fisicoquímicos del agua son similares a los valores reportados anteriormente en este informe (sitio R2).

Tabla 6. Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque realizados en la Laguna de Rocha en invierno y primavera de 2017.

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	10.0	8.6	9.58	10.75	8.38	8.7
Primavera	Barra de Rocha	abierta	19.2	18.7	19.51	26.73	7.15	8.7

Tabla 7. Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque realizados en la Laguna de Rocha en verano, otoño e invierno de 2018.

Estación del año	Estación de monitoreo	Fecha	Barra	Temp (°C)	Sal (UPS)	STD (g/l)	Cond mS	O2 mg/l	pH	Secchi
Verano 2018	Barra vieja poblado pescadores	15-mar.-18	cerrada	18,7	18,4	19,32	26,07	7,4	sd	>100
Otoño 2018	Barra vieja poblado pescadores	19-abr.-18	cerrada	21,3	18,1	19,00	27,12	5,04	sd	>100
Invierno 2018	Barra vieja poblado pescadores	14-Ago-18	abierta	14,7	6,8	7,68	9,48	9,19	sd	50

Peces de importancia comercial

Muestreos 2017

Las especies de peces objetivo de la pesca artesanal registradas en los muestreos biológicos de desembarque fueron corvina blanca, pejerrey y lenguado en invierno; y corvina blanca y lacha en primavera. Adicionalmente se registraron otras especies, tanto en invierno como en primavera, pero las mismas fueron de captura incidental (Tabla 8).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2017 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Min: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Especie (N)	LT min-máx (cm)	Media ± DS (cm)	Peso 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> (189)	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	
Total=324					
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	
Total=170					

El rango de tallas de la corvina blanca fue similar en ambas estaciones, presentando en invierno un valor medio de 32.0 cm (n = 64), y en primavera una media de 30.4 cm (n = 43) (Tabla 8). Las $LT_{50\%}$ también fueron similares entre estaciones (invierno: 32.0 cm y primavera: 30.0 cm) y estuvieron por encima de la talla de madurez sexual ($LTM_{50\%}$) estimada para las hembras (20.4 cm de Lt) por Vizziano *et al.* (2002) (Figuras 6 y 7).

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 %).

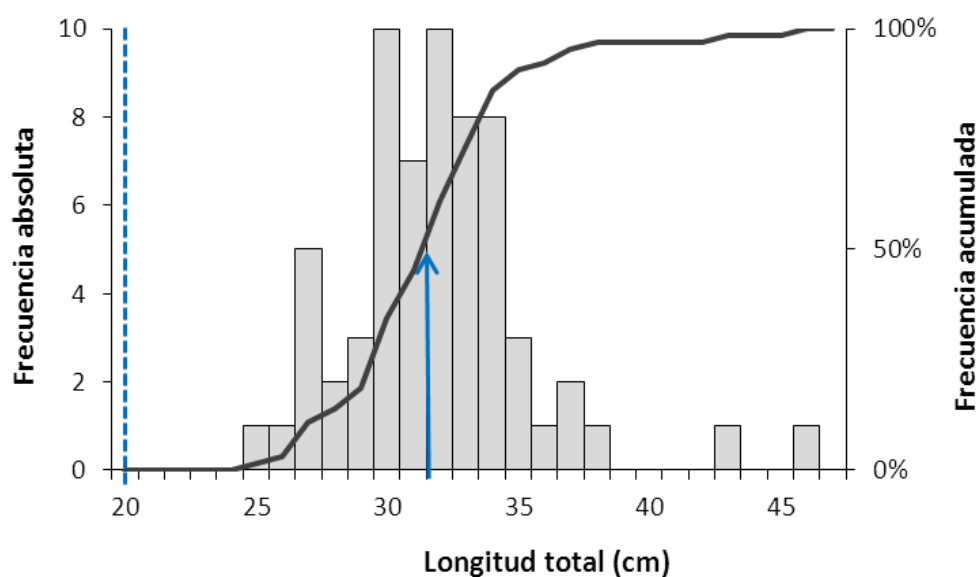


Figura 6. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en invierno de 2017 en la laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (32.0 cm Lt).

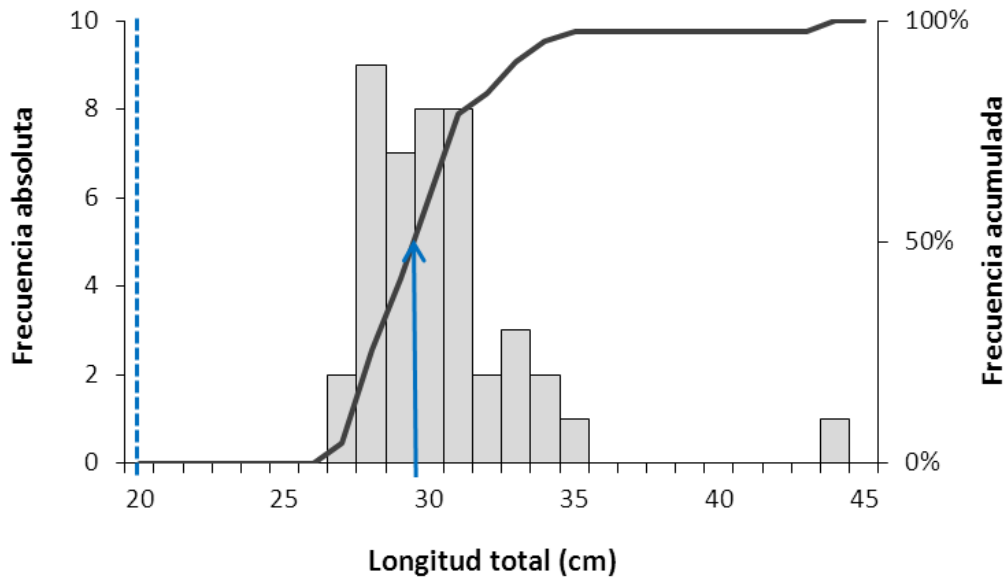


Figura 7. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en primavera de 2017 en la laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (30.0 cm Lt).

El rango de tallas de los ejemplares de pejerrey capturados en invierno estuvo comprendido entre 16.5 y 24.5 cm de Lt (media: 19.5 cm de Lt, n = 188) (Tabla 8). La $LT_{50\%}$ (19.0 cm) se encontró por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (16.1 cm de Lt) por Moresco y Bemvenuti (2006) (Figura 8). 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).

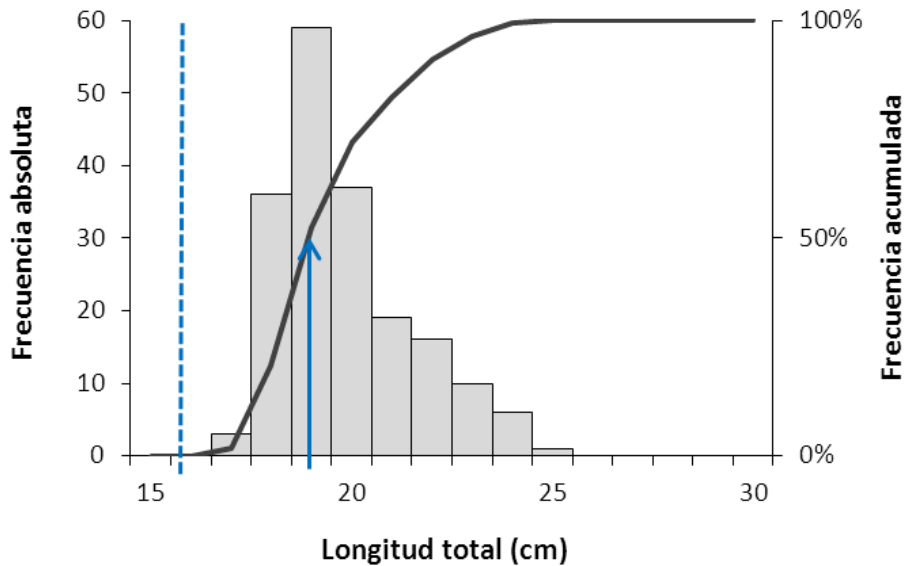


Figura 8. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Odontesthes argentiensis* muestreados en invierno de 2017 en la laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (16.1 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (19.0 cm Lt).

El rango de tallas de los ejemplares de lenguado rojo capturados en invierno estuvo comprendido entre 30 y 70 cm de Lt (media: 48.9 cm de Lt, $n = 70$) (Tabla 8). La $LT_{50\%}$ (50.5 cm) se encontró por encima de la $LTM_{50\%}$ establecida para las hembras (38.5 cm de Lt) por Mellito *et al.* (1995) (Figura 9).

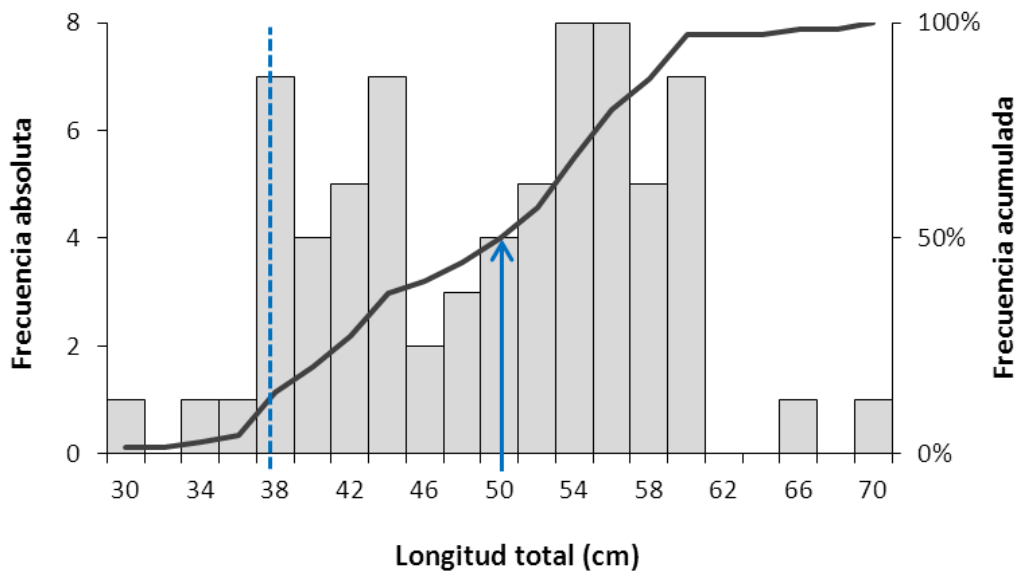


Figura 9. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Paralichthys orbignyanus* muestreados en invierno de 2017 en la laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (38.5 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (50.5 cm Lt).

EL rango de tallas de los ejemplares de lacha capturados en primavera estuvo comprendido entre 22 y 35 cm de Lt (media: 25.5 cm de Lt, n=120) (Tabla 8). La $LT_{50\%}$ (25 cm) estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (20.5 cm Lt) por Rodríguez (2016) (Figura 10). 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).

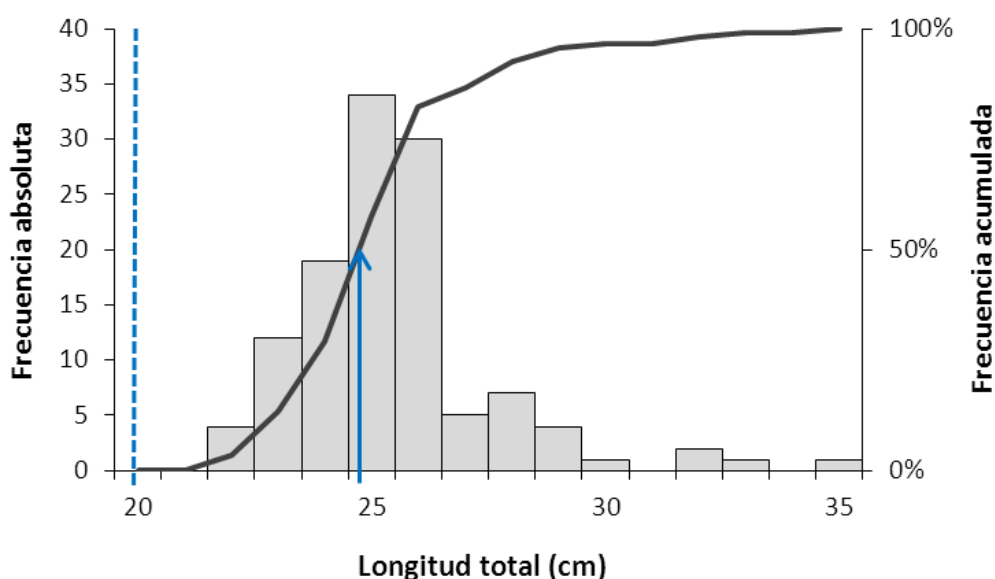


Figura 10. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Brevoortia aurea* muestreados en primavera de 2017 en la laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.5 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (25.0 cm Lt).

En la Tabla 9 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 2017.

Tabla 9. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera 2017. 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 95% (a)	b	IC 95% (b)			
Invierno	<i>Micropogonias furnieri</i>	64	0,0072	0,0035-0,0147	3,1125	2,9049-3,3201	0,93	898,2	$2,2 \times 10^{-16}$
	<i>Odontesthes argentiniensis</i>	187	0,0379	0,0254-0,0566	2,4078	2,2731-2,5424	0,87	1244	$2,2 \times 10^{-16}$
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i>	43	0,0046	0,0019-0,0116	3,2263	2,9575-3,4951	0,93	587,5	$2,2 \times 10^{-16}$
	<i>Brevoortia aurea</i>	117	0,008	0,0039-0,0164	3,0945	2,8719-3,3171	0,87	758,2	$2,2 \times 10^{-16}$

Muestreos 2018

Las principales especies de peces objetivo de la pesca artesanal registradas en los muestreos biológicos de desembarque en invierno fueron corvina blanca y pejerrey. Se registraron también otras especies, pero las mismas fueron de captura incidental: lacha, lisa y *Pogonias cromis* (corvina negra) (Tabla 10).

Tabla 10. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso (g) de las especies muestreadas en invierno de 2018 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Especie (N)	LT		Peso	
		Mín-máx (cm)	media \pm DS (cm)	Mín-máx (g)	media \pm DS (g)
Invierno	<i>Brevoortia aurea</i> (15)	21,0 - 32,0	24,0 \pm 2,4	115,0 - 400,0	172,7 \pm 64,2
	<i>Micropogonias furnieri</i> (125)	26,0 - 47,0	32,3 \pm 3,2	180,1 - 1115,0	392,1 \pm 136,4
	<i>Mugil liza</i> (1)	46,0 - ND		860,0 - ND	
	<i>Odontesthes argentinensis</i> (244)	16,0 - 26,0	19,6 \pm 1,4	35,0 - 105,0	56,3 \pm 10,9
	<i>Pogonias cromis</i> (4)	24,0 - 35,0	32,0 \pm 4,6	210,0 - 655,0	491,5 \pm 168,2
Total=389					

El rango de tallas de los ejemplares de corvina blanca capturados en invierno estuvo comprendido entre 26 y 47 cm de Lt (media: 32.3 cm de Lt, n = 125) (Tabla 10). La $LT_{50\%}$ (32 cm) se encontró por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (20.4 cm de Lt) por Vizziano *et al.* (2002) (Figura 11).

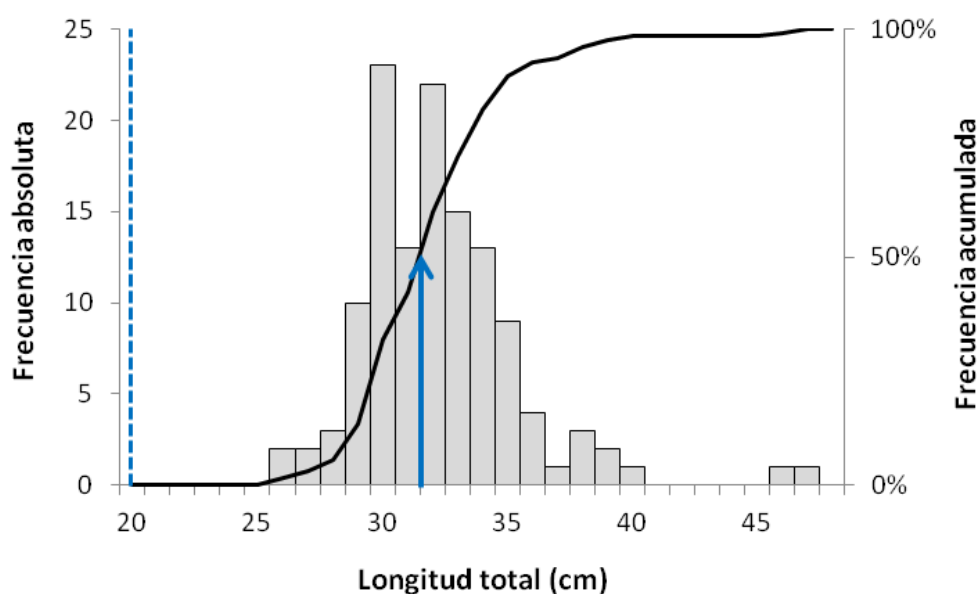


Figura 11. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea negra) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en invierno de 2018 en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (32 cm Lt).

Del total de ejemplares de corvina blanca analizados en invierno (n = 125), se registró el sexo en 13 individuos, 8 fueron machos (rango = 26.0- 30.0 cm; media = 28.5 cm de Lt) y 5 hembras (rango = 27.0- 31.0 cm; media = 29.6 cm de Lt). En ambos sexos todos los ejemplares se encontraron en maduración (Tabla 11).

Tabla 11. Proporción de sexos y grados de madurez sexual para las principales especies de peces objetivo y de captura incidental en la Laguna de Rocha durante el invierno: N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo, Madurez 2 = en maduración, 3 = maduro.

Especie (N tot)	N	Machos				Hembras			
		Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez		Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez	
				2	3			2	3
<i>Brevoortia aurea</i> (15)	10	21,0 - 25,0	23,1	10	5	23,0 - 32,0	25,8	5	5
<i>Micropogonias furneri</i> (13)	8	26,0 - 30,0	28,5	8	5	27,0 - 31,0	29,6	5	5
<i>Odontesthes argentinensis</i> (105)	68	17,0 - 23,0	19,4	68	37	18,0 - 23,0	20,1	37	37

El rango de tallas de los ejemplares de pejerrey capturados en invierno estuvo comprendido entre 16 y 26 cm de Lt (media: 19.6 cm de Lt, n = 244) (Tabla 10). La $LT_{50\%}$ (19 cm) estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (16.1 cm de Lt) por Moresco y Bemvenuti (2006) (Figura 12). De los 244 ejemplares analizados se registró el sexo en 105 individuos, de los cuales 68 fueron machos (rango = 17.0-23.0 cm; media = 19.4 cm de Lt) y 37 hembras (rango = 18.0- 23.0 cm; media = 20.1 cm de Lt). En machos y hembras todos los individuos se encontraron maduros (Tabla 11).

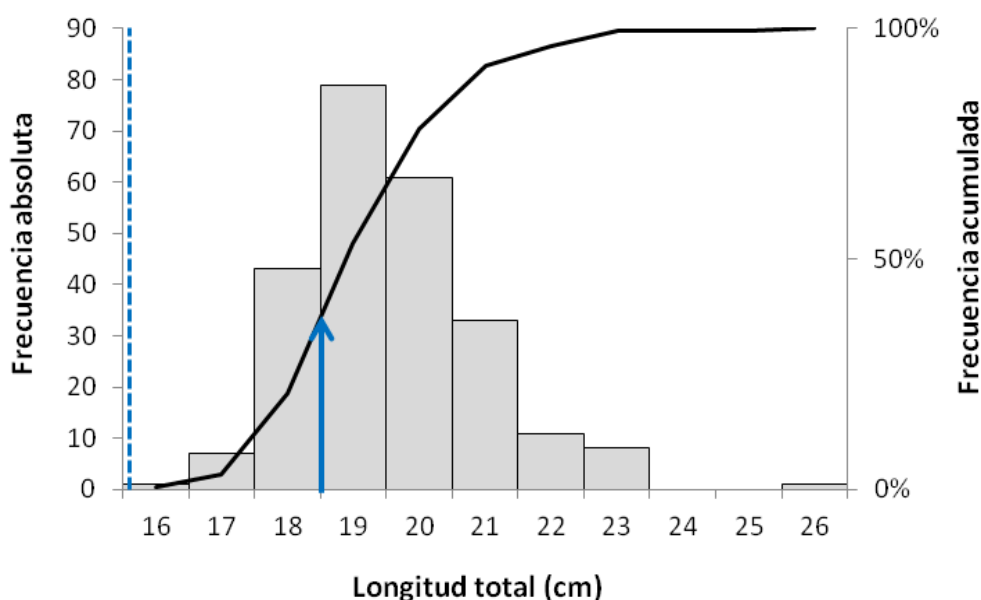


Figura 12. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea negra) de los individuos de *Odontesthes argentinensis* muestreados en invierno de 2018 en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (16.1 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (19 cm Lt).

En la Tabla 12 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 2018.

Tabla 12. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno 2018. 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 95% (a)	b	IC 95% (b)			
Invierno	<i>Odontesthes argentinensis</i>	244	0.0583	0.0363-0.0937	2.3071	2.1476-2.4666	0.77	811.8	$2,2 \times 10^{-16}$
	<i>Micropogonias furnieri</i>	125	0.0144	0.0088-0.0235	2.9303	2.7889-3.0716	0.93	1684	$2,2 \times 10^{-16}$

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

Entre el 16 de enero y el 14 de marzo de 2018 se realizaron 10 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de verano. En ese periodo se muestrearon un total de 958 ejemplares de camarón, de los cuales 421 fueron machos y 537 hembras (Tabla 13). Los valores medios del Pt fueron 18.5 y 26.4 g para machos y hembras respectivamente (Tabla 13). El rango de talla de los machos estuvo comprendido entre 31.0 y 54.5 mm (media: 45.7 mm) y de las hembras entre 28 y 63 mm (media: 51.5 mm) (Tabla 13, Figura 13).

Entre el 21 de marzo y el 3 de mayo de 2018 se realizaron 9 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 582 camarones, de los cuales 152 fueron machos y 430 hembras (Tabla 13). Los valores medios del Pt fueron 25.3 y 38.3 g para machos y hembras respectivamente (Tabla 13). El rango de talla de los machos estuvo comprendido entre 42.5 y 59.6 mm (media: 51.1 mm) y de las hembras entre 41.5 y 66.8 mm (media: 58.8 mm) (Tabla 13, Figura 14).

Tabla 13. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2018 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	Especie (N)	LCT		Peso	
			Mín-máx (mm)	media \pm DS (mm)	Mín-máx (g)	media \pm DS (g)
Verano	Machos	<i>Penaeus paulensis</i> (421)	31,0-54,5	45,7 \pm 4,1	6,4-30,9	18,5 \pm 4,5
	Hembras	<i>Penaeus paulensis</i> (537)	28,0-63,0	51,5 \pm 5,8	4,1-46,3	26,4 \pm 8,2
Otoño	Machos	<i>Penaeus paulensis</i> (152)	42,5-59,6	51,1 \pm 2,9	14,8-37,3	25,3 \pm 3,7
	Hembras	<i>Penaeus paulensis</i> (430)	41,5-66,8	58,8 \pm 3,8	15,3-57,9	38,3 \pm 4,1

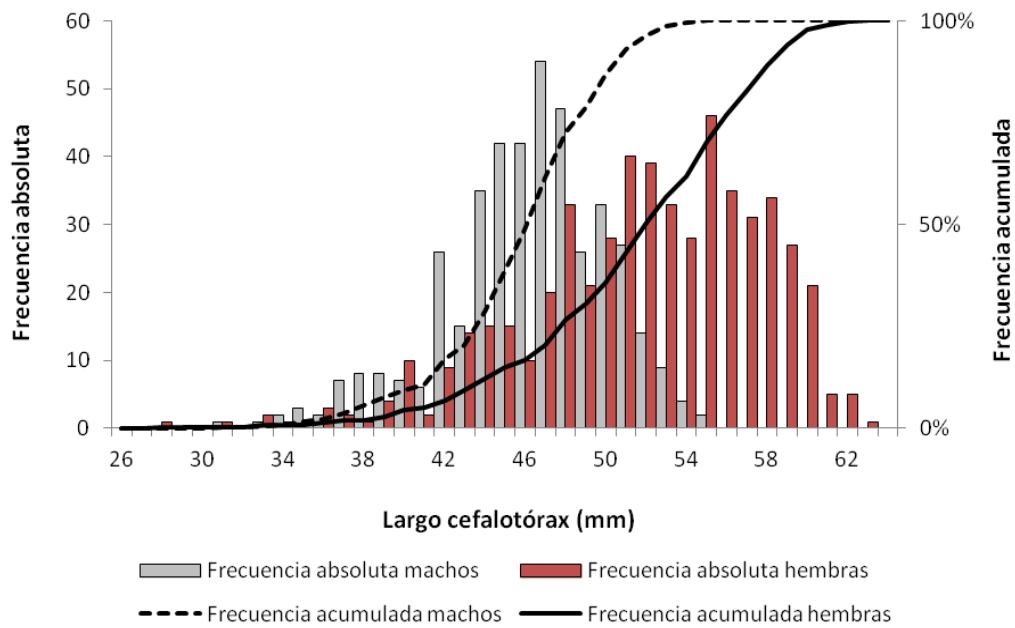


Figura 13. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en verano de 2018 en la Laguna de Rocha.

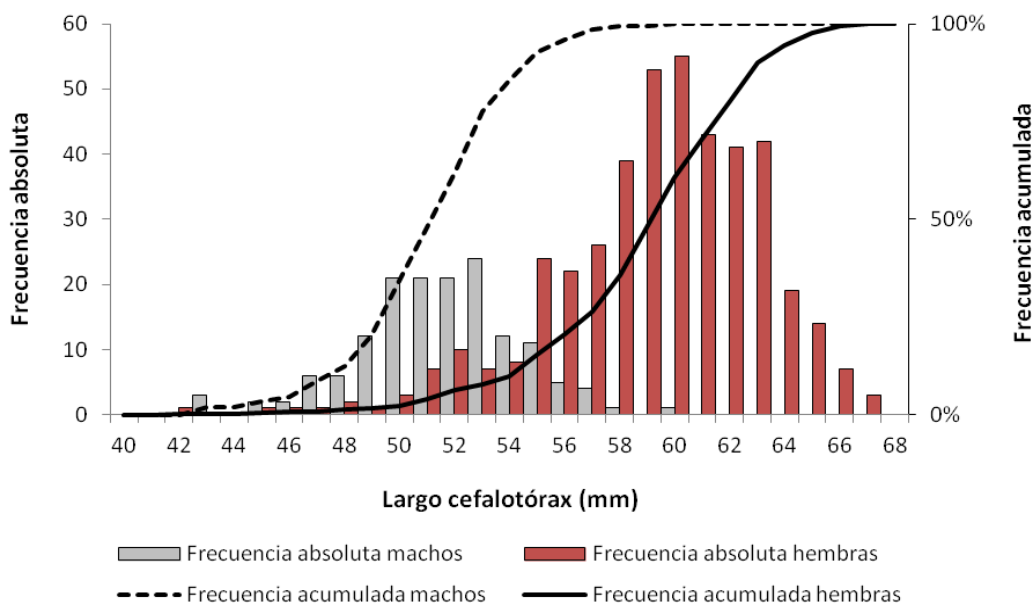


Figura 14. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en otoño de 2018 en la Laguna de Rocha.

En la Tabla 14 se presentan los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso, estimados para camarón en la Laguna de Rocha en verano-otoño 2018.

Tabla 14. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de *Penaeus paulensis* muestreados en la Laguna de Rocha en verano-otoño 2018. 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	<i>n</i>	Parámetros			r^2	<i>F</i>	<i>p</i> -valor	
		<i>a</i>	IC 95% (<i>a</i>)	<i>b</i>				IC 95% (<i>b</i>)
<i>Penaeus paulensis</i>	1537	0,0003	0,00032-0,00036	2,86	2,83-2,89	0,96	3685	2,2x10 ⁻¹⁶

Metales pesados; mercurio, cadmio y plomo

Año 2017 y 2018

Del análisis de metales pesados en músculo de peces, se desprende que solo el mercurio (Hg) presentó valores detectables (Tabla 15). Cuando en una especie, los resultados de los análisis para cadmio o plomo no arrojaron valores detectables en los primeros ejemplares considerados, no se prosiguió con su detección en los restantes ejemplares de la misma especie.

Tabla 15. Valores de mercurio, cadmio y plomo en músculo de diferentes especies de peces de talla comercial, capturadas por la pesca artesanal en la Laguna de Rocha, en invierno y primavera de 2017 y camarón en verano 2018. Límites de detección: Mercurio (Hg) = 0.015 mg/kg, Cadmio (Cd) = 0.0066 mg/kg y Plomo (Pb) = 0.028 mg/kg. ND = no detectable

Especie	Nombre común	Fecha	Nº Muestra	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/17	01	0,13 ± 0,024	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/17	02	0,22 ± 0,041	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/17	03	0,14 ± 0,026	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	01	0,17±0,029	⁻¹	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	02	0,19±0,033	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	03	0,19±0,033	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	04	0,24 ± 0,041	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	05	0,25 ± 0,043	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	Lacha	12/17	01	0,05± 0,010	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	Lacha	12/17	02	0,11± 0,021	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	Lacha	12/17	03	0,10± 0,018	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	Lacha	12/17	04	<0.031	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	Lacha	12/17	05	ND	-	-
<i>Odontesthes argentinensis</i>	Pejerrey	08/17	01	0,085 ± 0,016	ND	ND
<i>Odontesthes argentinensis</i>	Pejerrey	08/17	02	0,076 ± 0,014	ND	ND
<i>Odontesthes argentinensis</i>	Pejerrey	08/17	03	0,071 ± 0,013	ND	ND
<i>Odontesthes argentinensis</i>	Pejerrey	08/17	04	0,096 ± 0,018	ND	ND
<i>Odontesthes argentinensis</i>	Pejerrey	08/17	05	0,11 ± 0,020	ND	ND
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Lenguados ²	08/17	01	0,14 ± 0,030	ND	ND
<i>Penaeus paulensis</i>	Camarón	12/18	01	<0.031	-	-

No se realizó análisis de cadmio y plomo en estas muestras

² Pool de 5 individuos de lenguado

Laguna de Castillos

Parámetros físico químicos y condición de las barras arenosas

Los valores de temperatura en el año 2017 estuvieron comprendidos entre 12.4 y 24.7 °C (Barra de Valizas), 11.2 y 28.3 °C (Puente de Valizas) y 15.7 y 29.9 °C (Monte Grande, Servetto). En 2018 los valores de temperatura estuvieron comprendidos entre 11.9 y 25.6 °C (Barra de Valizas), 11.1 y 26.6 °C (Puente de Valizas) y entre 11.6 y 29.9 °C (Monte Grande, Servetto) (Figura 15).

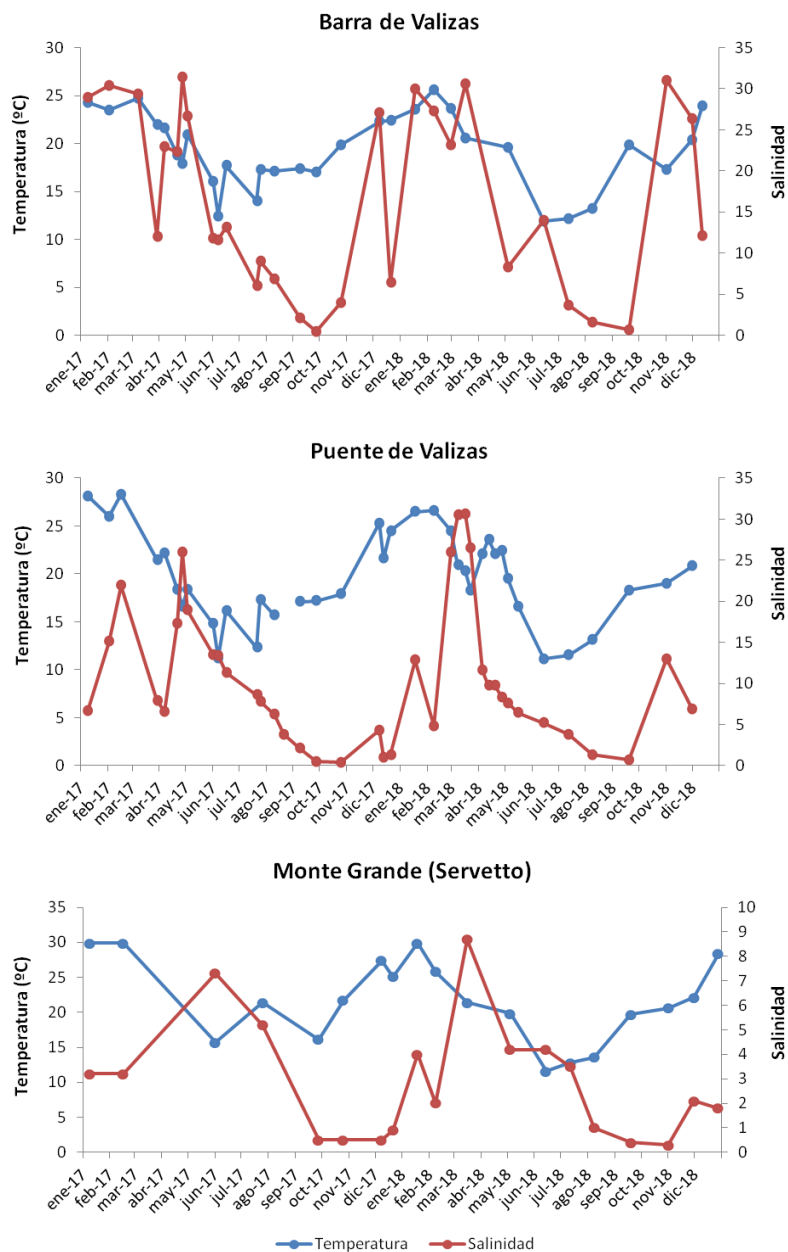


Figura 15. Variación de temperatura y salinidad, durante el período 2017-2018, en la Laguna de Castillos

Los valores de salinidad en 2017 fluctuaron entre 0.5 y 31.4 (Barra de Valizas), 0.4 y 26.0 (Puente de Valizas) y 0.5 y 7.3 (Monte grande, Servetto). En 2018 los valores de salinidad fluctuaron entre 0.7 y 30 (Barra de Valizas), 0.7 y 30.6 (Puente de Valizas) y 0.3 y 8.7 (Monte Grande, Servetto).

La temperatura, para todo el periodo de análisis considerado (2017-2018), fluctuó en el Aº Chafalote entre 11,3 y 23,8 °C y en el Aº Don Carlos, entre 10,6 y 23,5 °C. En ambos sitios la intrusión de agua desde el mar no modificó su condición principal de ambientes de agua dulce ($S < 0,1$).

La laguna de Castillos no estuvo conectada con el mar entre abril y julio de 2017, abriéndose la barra de forma artificial en agosto de 2017, permaneciendo en esa condición hasta diciembre de 2018 (Figura 16). La barra de Valizas estuvo abierta 65 y 100 % del tiempo durante 2017 y 2018 respectivamente.

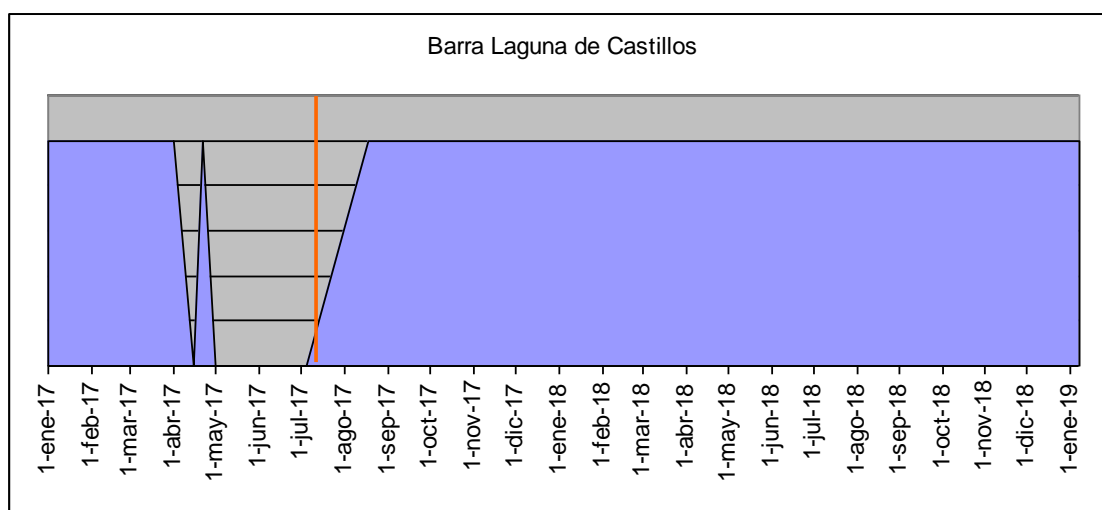


Figura 16. Régimen de barras en la Laguna de Castillos (área celeste=abierta y área sin colorear=cerrada). La línea roja indica la apertura artificial. Nota: cada mes tiene observaciones de frecuencia quincenal.

Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque

Los valores de las variables ambientales medidas durante los muestreos de invierno y primavera de 2017 y verano, otoño e invierno de 2018 en la Laguna de Rocha, se detallan en las Tablas 6 y 7, respectivamente. Los parámetros físicoquímicos del agua son similares a los valores reportados anteriormente en este informe (sitio R2).

Tabla 16. Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque realizados en el arroyo Valizas (Laguna de Castillos) en invierno y primavera de 2017.

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	1.3	1.8	7.2	8.7
	Barra Valizas	abierta	22.4	6.4	7.4	10.7	7.2	8.6

Tabla 17. Variables físico-químicas medidas durante los muestreos biológicos de desembarque realizados en el arroyo Valizas (Laguna de Castillos) en verano, otoño e invierno de 2018.

Estación	Estación de monitoreo	Fecha	Barra	Temp (°C)	Sal (UPS)	STD (g/l)	Cond mS	O2 mg/l	pH	Secchi (cm)
Verano 2018	Pte A° Valizas	21-dic.-17	abierta	24,5	1,3	1650,0	2,51	9,3	sd	20
Verano 2018	Pte A° Valizas	16-mar.-18	abierta	20,3	30,6	30,55	42,75	5,92	sd	100
Otoño 2018	Pte A° Valizas	19-abr.-18	abierta	23,6	9,7	10,68	16,43	5,93	sd	100
Invierno 2018	Pte A° Valizas	8-Ago-18	abierta	13,1	1,3	1,69	2,01	8,27	sd	50

Peces de importancia comercial

Muestreos 2017

Las especies de peces objetivo capturadas por la pesca artesanal en invierno fueron corvina blanca y lenguado, mientras que en primavera fue la corvina blanca (Tabla 18).

Tabla 18. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2017 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Min: mínimo, máx: máximo 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)	29.0 - 42.0	33.0 ± 4.4	261.0 - 825.0	418.7 ± 193.6
Invierno	<i>Mugil liza</i> (1)	43.0 - ND		655.0 - ND	
Invierno	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (28)	35.0 - 61.0	48.3 ± 6.0	500.0 - 2560.0	1316.1 ± 478.0
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i> (119)	27.0 - 44.0	35.6 ± 3.2	240.0 - 1125.0	556.2 ± 149.8

El rango de tallas de los ejemplares de lenguado rojo capturados en invierno estuvo comprendido entre 35 y 61 cm de Lt (media: 48.3 cm, n = 28) (Tabla 18). La LT_{50%} (48.5 cm) estuvo por encima de la LTM_{50%}

estimada para las hembras de esta especie (38.5 cm Lt) por Mellito *et al.* (1995) (Figura 17). 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.

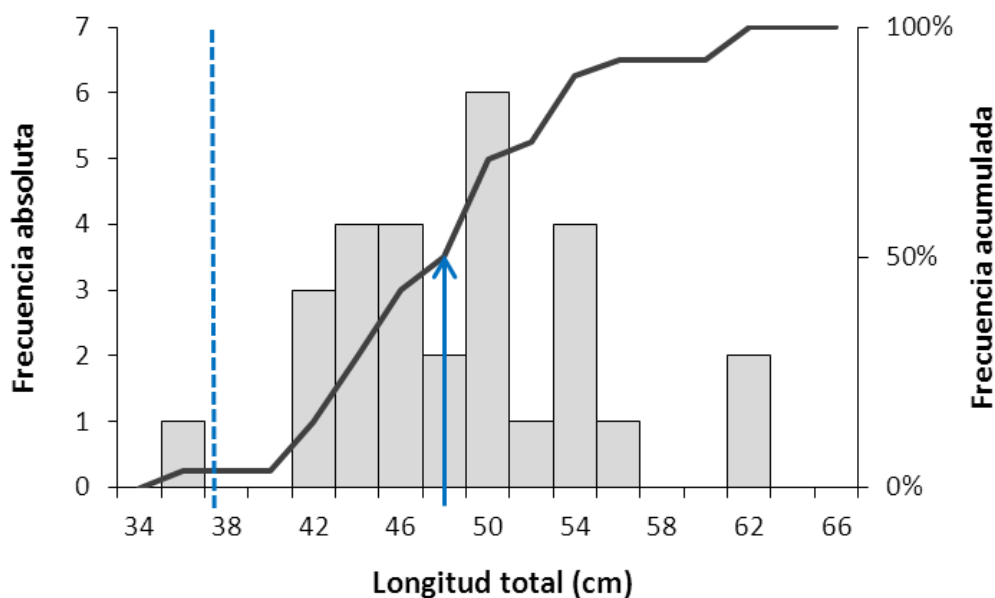


Figura 17. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Paralichthys orbignyanus* muestreados en invierno de 2017 en la laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (38.5 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (48.5 cm Lt).

El rango de tallas de los ejemplares de corvina blanca capturados en primavera estuvo comprendido entre 27 y 44 cm de Lt (media: 35.6 cm de Lt, n = 89) (Tabla 18). La $LT_{50\%}$ (35.5 cm) estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras (20.4 cm Lt) de esta especie por Vizziano *et al.* (2002) (Figura 18). 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).

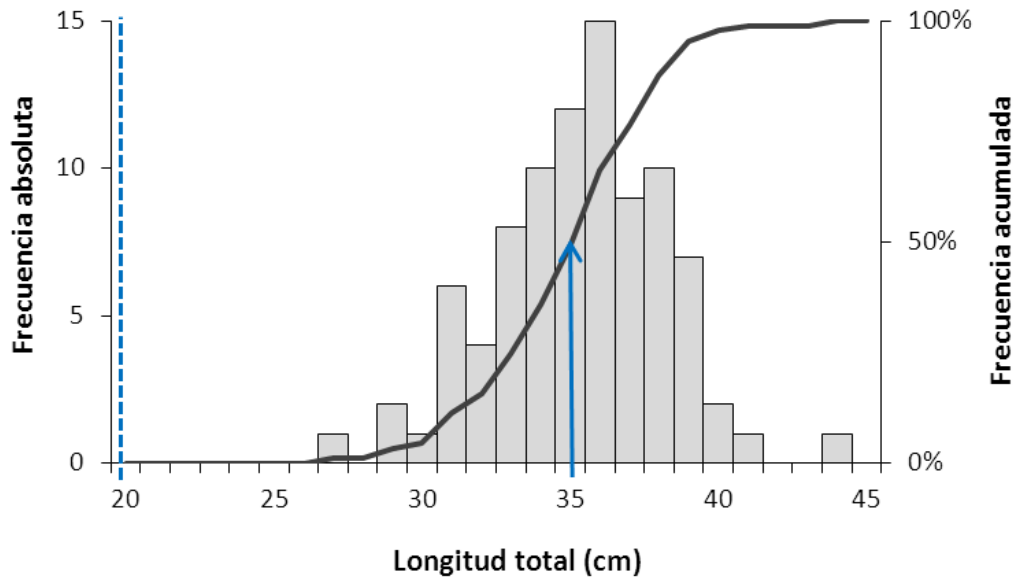


Figura 18. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en primavera de 2017 en la laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm LTt y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (35.5 cm Lt).

En la Tabla 19 se presentan los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera de 2017.

Tabla 19. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de las especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera de 2017. 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 _{95%} (a)	b				IC _{95%} (b)
Invierno	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	28	0,0229	0,0096-0,0550	2,8160	2,5899-3,0421	0,96	655,6	$2,2 \times 10^{-16}$
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i>	85	0,0254	0,0120-0,0536	2,7924	2,5827-3,0021	0,89	701,4	$2,2 \times 10^{-16}$

Muestreos 2018

Las especies de peces capturadas por la pesca artesanal en invierno fueron: corvina blanca, lisa, pejerrey y lenguado (Tabla 20).

Tabla 20. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso (g) de las especies muestreadas en invierno de 2018 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Especie (N)	LT		Peso	
		Mín-máx (cm)	media \pm DS (cm)	Mín-máx (g)	media \pm DS (g)
Invierno	<i>Micropogonias furnieri</i> (35)	29,3 - 46,0	35,8 \pm 4,2	275,0 - 1070,0	505,4 \pm 188,9
	<i>Mugil liza</i> (8)	38,5 - 44,0	41,9 \pm 2,0	415,8 - 855,0	693,7 \pm 136,3
	<i>Odontesthes</i> sp. (195)	24,0 - 44,0	30,0 \pm 3,5	120,0 - 670,0	210,9 \pm 83,3
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (6)	38,0 - 60,0	48,3 \pm 8,3	455,0 - 2135,0	1395,8 \pm 627,3
Total=244					

El rango de tallas de los ejemplares de corvina blanca capturados en invierno estuvo comprendido entre 29.3 y 46 cm de Lt (media: 35.8 cm de Lt, n = 35) (Tabla 20). La $LT_{50\%}$ (36.0 cm) estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (20.4 cm de Lt) por Vizziano *et al.* (2002) (Figura 19). Del total de ejemplares analizados (n = 35), 7 fueron machos (rango = 31.5-38.0 cm; media = 35.0 cm de Lt) y 28 hembras (rango = 29.3-46.0 cm; media = 36.0 cm de Lt). En machos se encontraron 2 individuos en maduración y 5 en post-evacuación o recuperación. En las hembras se encontraron 9 individuos en maduración, 1 maduro y 18 en post-evacuación o recuperación (Tabla 21).

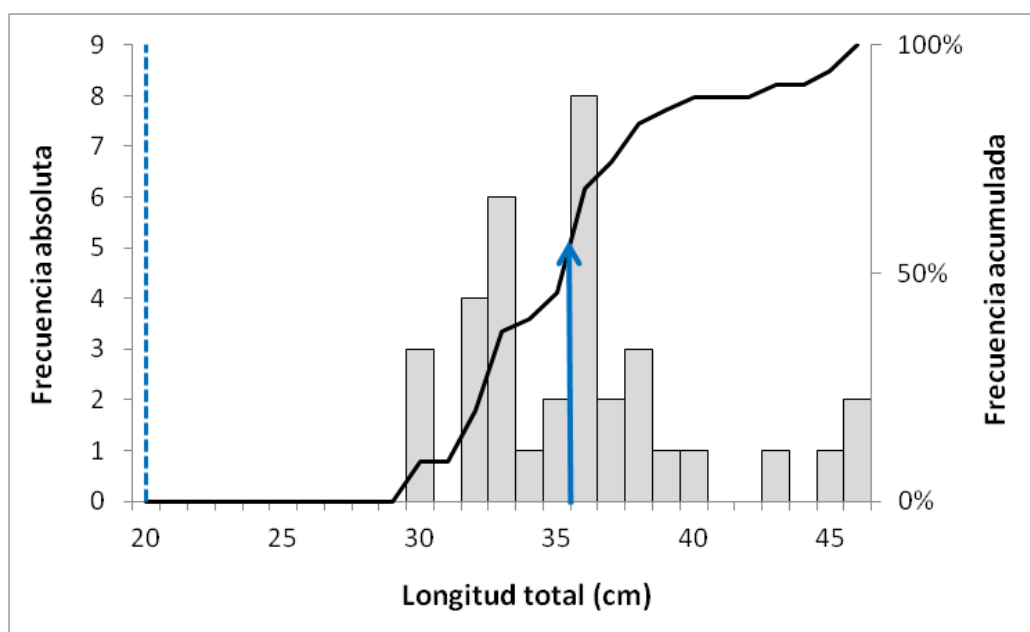


Figura 19. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea negra) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en invierno de 2018 en la Laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (36 cm Lt).

El rango de tallas de los ejemplares de pejerrey capturados en invierno estuvo comprendido entre 24 y 44 cm de Lt (media: 30 cm de Lt, n = 195) (Tabla 20). La $LT_{50\%}$ (29 cm) estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (16.1 cm de Lt) por Moresco y Bemvenuti (2006) (Figura 20). De los 195 ejemplares analizados se registró el sexo en 94 individuos, de los cuales 51 fueron machos (rango = 24.0-36.0 cm; media = 31.8 cm de Lt) y 43 hembras (rango = 25.5- 44.0 cm; media = 49.8 cm de Lt). Todos los individuos sexados se encontraron maduros y sólo 1 macho estaba en post-evacuación o recuperación (Tabla 21).

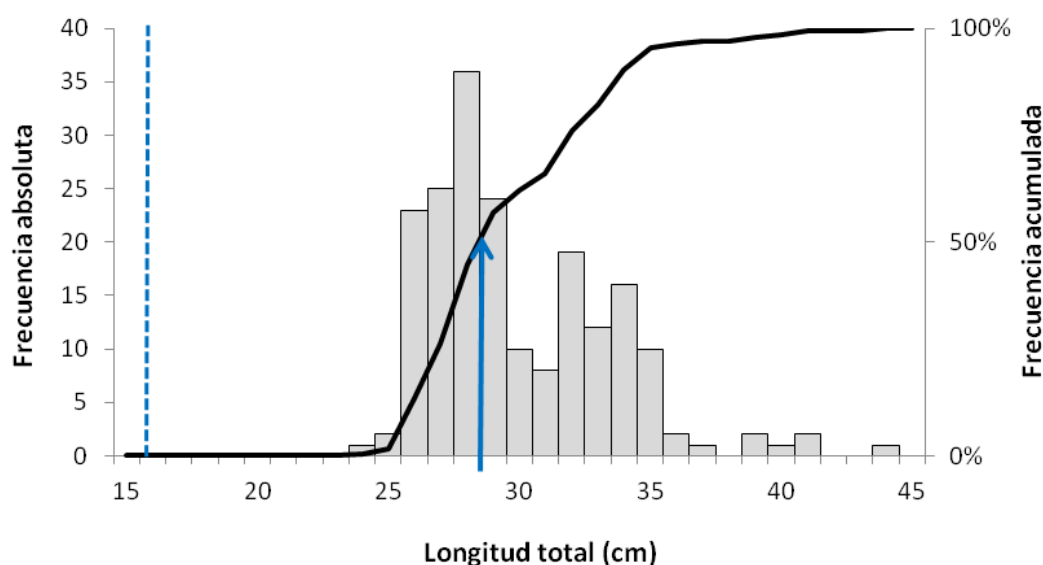


Figura 20. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea negra) de los individuos de *Odontesthes argentinensis* muestreados en invierno de 2018 en la Laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (16.1 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (29 cm Lt).

La captura de lenguado rojo registrada en el muestreo de invierno fue baja (n = 6). Los ejemplares presentaron un rango de tallas comprendido entre 38.0 y 60.0 cm de Lt y un valor medio de 48.3 cm de Lt (Tabla 20). Todos los individuos capturados, excepto uno, se encontraron por encima de la $LTM_{50\%}$ establecida para las hembras de esta especie (38.5 cm de Lt) por Mellito *et al.* (1995) (Tabla 21).

La lisa también estuvo poco representada en la captura registrada en el muestreo de invierno (n = 7). Los ejemplares tuvieron un rango de tallas comprendido entre 38.5 y 44.0 cm y un valor medio de 42.4 cm de Lt (Tabla 20). Todos los individuos, excepto dos, se encontraron por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada en esta especie para ambos sexos (40.8 cm de Lt) por Lemos *et al.* (2014) en el sur de Brasil (Tabla 21).

Tabla 21. Proporción de sexos y grados de madurez sexual para las principales especies de peces objetivo y de captura incidental en la Laguna de Castillos durante el invierno: N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo, Madurez 2 = en maduración, 3 = maduro, 4 = post-evacuación o recuperación, 5 = reposo.

Especie (N tot)	N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Machos					N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Hembras		
				Madurez								Madurez		
				2	3	4	5	2				3	5	
<i>Micropogonias furnieri</i> (35)	7	31,5 - 38,0	35	4				3	28	29,3 - 46,0	36	9	1	18
<i>Mugiliza</i> (7)	1	39,0 - ND					1		6	38,5 - 44,0	42,4	3		3
<i>Odontesthes</i> sp. (94)	51	24,0 - 36,0	31,8		50	1			43	25,5 - 44,0	49,8		43	
<i>Paralichthys orbignyanus</i> (6)	1	41,0 - ND		1					5	38,0 - 60,0	35,9	5		

En la Tabla 22 se presentan los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno de 2018.

Tabla 22. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de las especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno de 2018. 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	<i>n</i>	Parámetros				r^2	<i>F</i>	<i>p</i> -valor
			<i>a</i>	IC 95% (<i>a</i>)	<i>b</i>	IC 95% (<i>b</i>)			
Invierno	<i>Odontesthes</i> spp.	191	0.0095	0.0068-0.0133	2.9255	2.8277-3.0232	0.95	3488	$2,2 \times 10^{-16}$
	<i>Micropogonias furnieri</i>	35	0.0199	0.0083-0.0477	2.8229	2.5785-3.0673	0.94	552.1	$2,2 \times 10^{-16}$

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

Entre el 28 de febrero y el 16 de marzo de 2018 se realizaron 3 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de verano. En ese periodo se muestrearon un total de 393 camarones, de los cuales 208 fueron machos y 185 hembras (Tabla 23). Los valores medios de Pt fueron 10.10 y 11.39 g para machos y hembras respectivamente (Tabla 23). El rango de talla de los machos estuvo comprendido entre 17.6 y 43.2 mm (media: 38.1 mm) y de las hembras entre 24.5 y 46.1 mm (media: 39.7 mm) (Figura 21, Tabla 23).

Entre el 22 de marzo y el 16 de mayo de 2018 se realizaron 7 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 751 camarones, de los cuales 343 fueron machos y 408 hembras (Tabla 23). Los valores medios de Pt fueron 6.10 y 6.60 g para machos y hembras respectivamente (Tabla 23). El rango de talla de los machos estuvo comprendido entre 21.2 y 43.3 mm (media: 32.1 mm) y de las hembras entre 20.9 y 47.5 mm (media: 33.1 mm) (Figura 22, Tabla 23).

Tabla 23. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2018 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	Especie (N)	LCT		Peso	
			Mín-máx (mm)	media \pm DS (mm)	Mín-máx (g)	media \pm DS (g)
Verano	Machos	<i>Penaeus paulensis</i> (208)	17.6-43.2	38.1 \pm 3.4	1.2-14.2	10.1 \pm 2.1
	Hembras	<i>Penaeus paulensis</i> (185)	24.5-46.1	39.7 \pm 4.2	2.5-17.7	11.4 \pm 3.1
Otoño	Machos	<i>Penaeus paulensis</i> (343)	21.2-43.3	32.1 \pm 3.6	1.9-36.8	6.1 \pm 2.5
	Hembras	<i>Penaeus paulensis</i> (408)	20.9-47.5	33.1 \pm 4.4	2.2-17.2	6.6 \pm 2.6

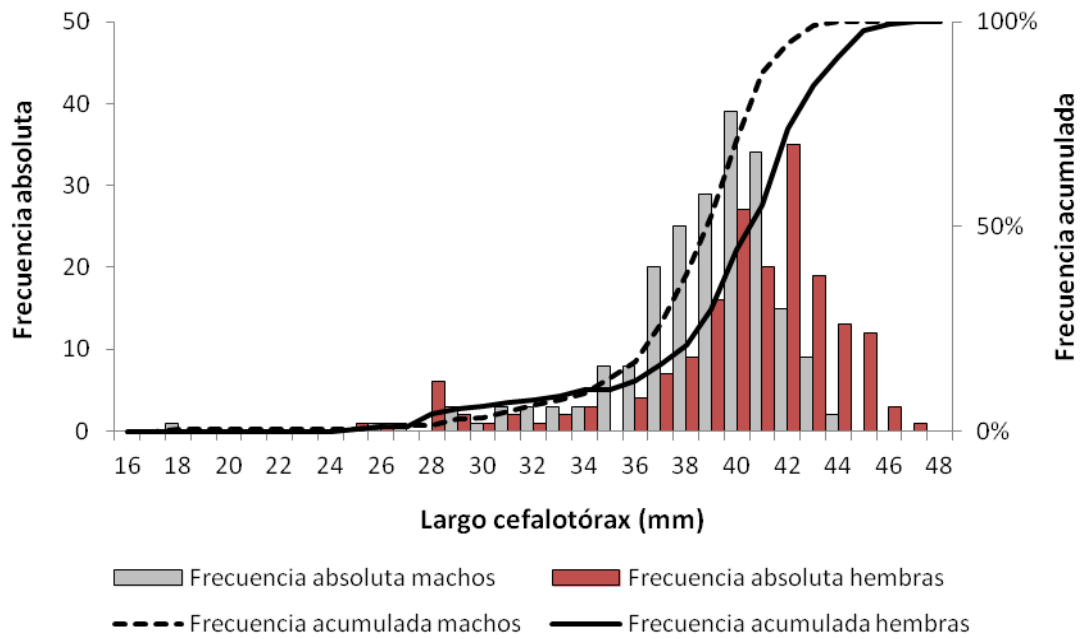


Figura 21. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en verano de 2018 en la Laguna de Castillos.

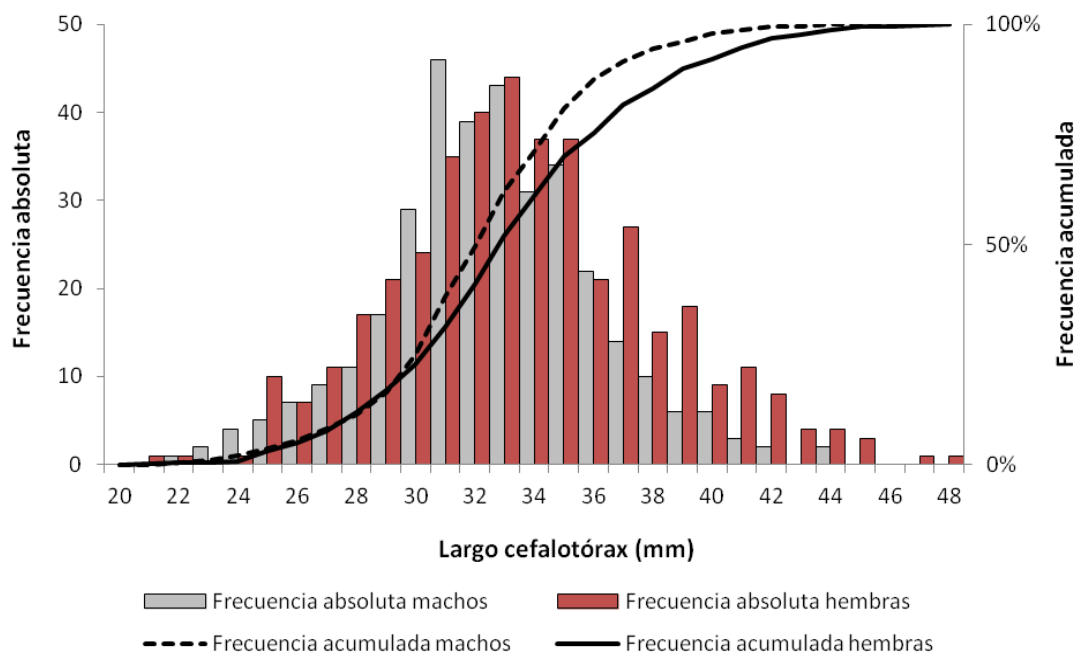


Figura 22. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en otoño de 2018 en la Laguna de Castillos.

En la Tabla 24 se presentan los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso, estimadas para camarón en la Laguna de Castillos en verano-otoño 2018.

Tabla 24. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de *Penaeus paulensis* muestreados en la Laguna de Castillos en verano-otoño 2018. Tamaño de muestra (n), intercepto (a), pendiente (b), límites de los intervalos de confianza del 5% 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 95% (a)	b	IC 95% (b)			
<i>Penaeus paulensis</i>	1145	0,00025	0,00021-0,00029	2,90	2,85-2,94	0,93	1749	$2,2 \times 10^{-16}$

Sirí

Muestreos de pesca exploratoria 2017 y 2018

En el muestreo de primavera (dic) de 2017 se capturaron en el arroyo Valizas 155 ejemplares, de los cuales 92 fueron machos (rango At: 25-150 mm; media: 70.4 mm; rango Pt: 1.4-215 g; media: 40,5 g) y 63 hembras (rango At: 20-138.7 mm; media: 59.9 mm; rango Pt: 0.8-139.6 g; media: 21.9 g) (Figura 23, Tabla 25). El 63 % de los ejemplares machos fueron inmaduros sexualmente y presentaron el abdomen soldado. En las hembras, el 84,1% de los ejemplares fueron inmaduros.

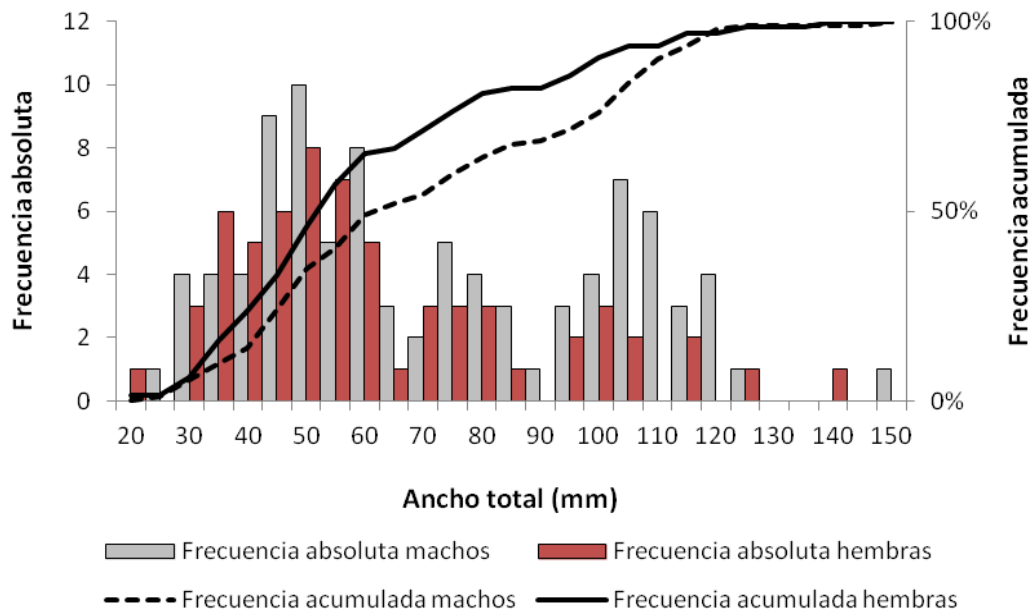


Figura 23. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Callinectes sapidus* registrados en el muestreo de primavera de 2017 en el A° Valizas-Laguna de Castillos.

Tabla 25. Estadísticos descriptivos básicos del ancho total (AT, mm) y peso (g) de los individuos de *Callinectes sapidus* discriminados por sexo, para primavera de 2017 y 2018 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo (N)	AT (mm)		Peso (g)	
		Mín-máx	media ±DS	Mín-máx	media ±DS
Primavera 2017	Machos (92)	25,0-150,0	70,4 ± 29,4	1,4 - 215,0	40,5 ± 42,0
	Hembras (63)	20,0-138,7	59,9 ± 26,2	0,8 - 139,6	21,9 ± 25,2
Primavera 2018	Machos (26)	16,4-138,3	79,4 ± 36,7	0,38-205,1	57,8 ± 59,4
	Hembras (17)	21,1-128,1	68,4 ± 33,6	0,53-102,3	32,9 ± 35,8

En el muestreo de primavera (dic) de 2018 se capturaron en el arroyo Valizas 43 ejemplares, de los cuales 26 fueron machos (rango At: 16.4-138.3 mm; media: 79.4 mm; rango Pt: 0.38-205.1 g; media: 57.8 g) y 17 hembras (rango At: 21.1-128.1 mm; media: 68.4 mm; rango Pt: 0.53- 102,3 g; media 32.9 g) (Figura 24; tabla 25). El 73 % de los ejemplares machos fueron inmaduros sexualmente y presentaron el abdomen soldado. En las hembras, el 77 % de los ejemplares fueron inmaduros.

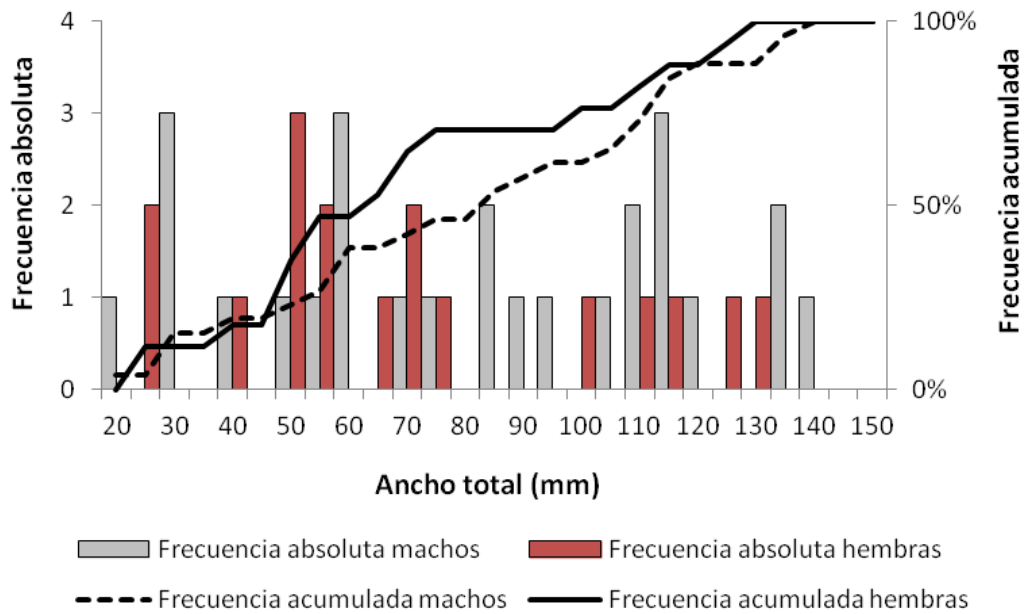


Figura 24. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Callinectes sapidus* registrados en el muestreo de primavera de 2018 en el A° Valizas-Laguna de Castillos.

Metales pesados; mercurio, cadmio y plomo

Año 2017 y 2018

El mercurio estuvo presente en la mayor parte de las muestras analizadas de peces y crustáceos. Sin embargo, cadmio y plomo no fueron detectables, por no estar presentes o estar por debajo del límite de detección de los equipos. Una excepción a esto fue en el caso del plomo en el pool de mejillas de lenguado (Tabla 26). Cuando los resultados del análisis de cadmio o plomo en los primeros ejemplares analizados de una misma especie (Ej. corvina) no arrojaron valores detectables, no se prosiguió con su detección en los restantes ejemplares de la misma especie.

Tabla 26. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de las diferentes especies de peces de talla comercial capturadas por la pesca artesanal en la Laguna de Castillos en invierno y primavera de 2017; y cangrejo sirí en invierno 2017. Límites de detección: Mercurio (Hg)= 0.015 mg/kg, Cadmio (Cd)=0.0066 mg/kg y Plomo (Pb)= 0.028 mg/kg. ND=no detectable

Especie	Nombre	Fecha	Nº Muest	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/17	01	ND	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/17	07	<0,070	ND	ND
<i>Callinectes sapidus</i>	Cangrejo Siri	08/17	01	0,05 ± 0,009	-	-
<i>Paralichthys orbignyana</i>	Lenguados ¹	08/17	01	0,081± 0,015	ND	<0,056
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	01	0,05 ± 0,009	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	02	0,12± 0,021	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	03	0,05 ± 0,009	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	04	0,06 ± 0,010	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	12/17	05	0,10 ± 0,018	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/18	01	0,10 ± 0,018	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/18	02	0,05 ± 0,008	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	08/18	03	0,12 ± 0,020	-	-
<i>Odontesthes sp.</i>	Pejerrey	08/18	01	0,07 ± 0,011	-	-
<i>Odontesthes sp.</i>	Pejerrey	08/18	02	0,05 ± 0,009	-	-
<i>Odontesthes sp.</i>	Pejerrey	08/18	03	0,07 ± 0,012	-	-
<i>Odontesthes sp.</i>	Pejerrey	08/18	04	0,08 ± 0,013	-	-
<i>Mugil liza</i>	Lisa	08/18	01	< LD	-	-
<i>Mugil liza</i>	Lisa	08/18	02	< LD	-	-
<i>Paralichthys orbignyana</i>	Lenguados ²	08/18	01	0,17 ± 0,030	-	-

¹ Pool de 15 individuos (mejillas)

² Pool de 10 individuos (mejillas)

DISCUSIÓN GENERAL

Peces

Las especies de peces objetivo, registradas en los muestreos de desembarque de la pesca artesanal en las lagunas de Rocha y de Castillos en el período 2017-2018 fueron: corvina blanca, pejerrey, lacha y lenguado durante invierno y corvina blanca y lacha durante primavera. Estas especies de carácter marino-estuarino corresponden a las habitualmente capturadas en estas lagunas y en esas estaciones del año (Santana y Fabiano 1999, Fabiano y Santana 2006, DINARA datos no publicados). Adicionalmente, se registraron especies de captura incidental como lisa, corvina negra, pámpano (*Trachinotus marginatus*) y anchoa de banco (*Pomatomus saltatrix*), las cuales también son retenidas para comercialización y consumo humano. Las lisas además son especie objetivo, y generalmente dan

lugar a zafras en otoño e invierno (Santana y Fabiano 1999; Mellado et al., 2013) sobre cardúmenes migrantes desde el mar, por lo que razonablemente los ejemplares analizados correspondan a esta migración. Esta especie, así como las otras marino-estuarino mencionadas, cumplen una parte inicial de su ciclo vital en estas lagunas, el cual puede extenderse por varios años (entre 1 y 3) antes de sumarse a las áreas de reproducción en el mar (Fabiano et al., 2016), para luego reingresar a las lagunas en desplazamientos tróficos.

Otras pesquerías zafrales que refieren a especies de peces dulceacuícolas en ambas lagunas, son bagre negro (*Rhamdia quelen*) y tararira (*Hoplias malabaricus*), así como también pejerrey grande (*Odontesthes bonariensis*) en la Laguna de Castillos. Estas especies son residentes en estos ecosistemas y se reproducen en primavera-verano, en áreas someras del cuerpo lagunar y sus tributarios, observándose desplazamientos más o menos importantes entre las áreas tróficas y reproductivas, muchas veces asociados también a los ciclos de inundación y sequía. No se accedió en este periodo a muestreos de desembarques de estas especies. En este sentido es necesario mencionar que los pejerreyes de mayor porte obtenidos en invierno de 2018 en Castillos, y que fueron identificados como *O. argentinienis*, deben ser revisados dado que algunos ejemplares pueden corresponder a *O. bonariensis*.

La sobreexplotación produce cambios temporales en la estructura de tallas de las poblaciones de peces y en particular en las $LTM_{50\%}$, siendo este indicador importante para establecer valores de referencia para posteriores estimaciones (Gangl y Pereira 2003, Lappalainen et al. 2016). Asimismo, la $LTM_{50\%}$ evaluada en relación con la $LT_{50\%}$, es utilizado como un indicador de la gravedad de la presión de pesca sobre un stock (ICES 2012). En este periodo, las $LT_{50\%}$ de todas las especies objetivo capturadas (corvina, pejerrey, lacha y lenguado) estuvieron por encima de sus respectivas $LTM_{50\%}$ estimadas por estudios previos en estas lagunas (Mellito et al. 1995, Santana y Fabiano 1999, Vizziano et al. 2002, Moresco y Bemvenuti 2006, Lemos et al. 2014, Rodríguez 2016). En este sentido, el arte de pesca (redes de enmalle de monofilamento de fondo) y los tamaños de luz de malla utilizados para la captura de las diferentes especies objetivo consideradas no capturarían individuos juveniles de estas especies. El empleo de este indicador, u otros indicadores a explorar, para evaluar la presión y el estado de las poblaciones de los peces capturados requiere de series de datos más extensas y abordajes complementarios. Los resultados que se presentan por tanto son preliminares y acotados a los muestreos realizados.

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 las dos lagunas y las diferencias encontradas pueden deberse al número y las 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).

Camarón

Penaeus paulensis utiliza las lagunas costeras salobres en gran parte de su crecimiento post-larvario (PL), migrando al mar todavía como juveniles (Santana & Fabiano, 1999). La temporada de pesca o zafra abarca generalmente verano y otoño, en función del momento en que se haya registrado el ingreso de PL y la velocidad de crecimiento (Fabiano y Santana 2006). Durante esas estaciones la pesca se dirige casi exclusivamente a esta especie.

En el marco de este convenio se abarcó la totalidad de la zafra de camarón correspondiente a verano y otoño de 2018. Los volúmenes de pesca fueron muy importantes tanto en la Laguna de Castillos (87 toneladas), como en la Laguna de Rocha (111 toneladas). Las tallas y pesos registrados en el monitoreo coinciden con los tamaños históricos para esta especie en ambas lagunas, aunque pueden existir variaciones interanuales en los tamaños, asociadas a efectos climáticos locales (Santana et al., 2013; 2015). La variabilidad de tallas y pesos en las diferentes lagunas estaría determinada por las variaciones en los principales parámetros ambientales (temperatura y salinidad) y el efecto que este hecho genera en el crecimiento de los camarones (Browder et al., 2002). Esto se ve reflejado en el análisis de tallas y pesos en ambas lagunas, donde se observa que en la laguna de Rocha los ejemplares de camarón alcanzan mayor tamaño que en la laguna de Castillos, tal como lo señalan Mistakidis (1965), Nion et al, (1974), Santana y Fabiano (1999) y Santana et al., (2015).

Los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para camarón en verano-otoño de 2018 en las lagunas de Rocha y de Castillos son similares a los establecidos por Santana et al. (2015) para las dos lagunas.

Considerando que en Uruguay la producción total de camarón de las lagunas se vuelca al mercado interno, y que se trata de un recurso con venta directa y de consumo masivo sobre todo en la temporada estival, es importante dar continuidad al seguimiento de las capturas así como de su aptitud para el consumo humano.

Otro elemento a tener en cuenta respecto a la valoración ambiental de la producción de camarón en las lagunas costeras es la exportación de nutrientes, particularmente fósforo. Este elemento que estaría en la base de la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, ingresa a las lagunas costeras como producto de las actividades agropecuarias, domésticas, etc., que tienen lugar en las cuencas, y es exportado por las diferentes especies que habitan las lagunas a través de sus ciclos migratorios. En este sentido, la actividad pesquera representa también una vía de salida por medio de los volúmenes (toneladas)

extraídos de peces, crustáceos y (en su tiempo) moluscos. A modo de ejercicio es posible estimar que, si la densidad de fósforo total es de 18 mg por 100 g de camarón (Fuente: Seafood Handbook, 1986, serie 2), una zafra alta de camarón (200 toneladas) extraería aproximadamente 360 kg de fósforo. Si a esto se sumara el tonelaje de cangrejo sirí y peces, esta cifra se duplicaría. La actividad pesquera en las lagunas costeras representa así una de las fuentes de extracción y aún de exportación de nutrientes de estos ecosistemas, poco evaluada.

Sirí

Callinectes sapidus es el cangrejo portúnido dominante en las lagunas costeras de Rocha y de Castillos. Su ciclo vital comprende una fase marina y otra estuarina que se cumple en las lagunas costeras salobres, fundamentalmente en las de Castillos y Rocha, y otros tributarios del litoral atlántico (Nion et al; Santana y Fabiano, 2004, Uscudun, 2014). Los dos años de muestreo biológicos provenientes de campañas de pesca exploratoria abarcados por este acuerdo (2017 y 2018), se correspondieron con años de abundancias bajas a muy bajas, particularmente el año 2018 en la Laguna de Rocha. La biomasa de *C. sapidus* está sujeta a importantes fluctuaciones anuales. Santana y Fabiano (2004) estimaron un valor máximo de biomasa de 200 toneladas (t) en el año 2002 en la Laguna de Rocha. El valor medio de biomasa, considerando valores anuales de biomasa aproximados desde 1974, puede ubicarse en torno a 50 toneladas/año en las 4 lagunas costeras; con oscilaciones comprendidas entre valores nulos en algunos años en alguna laguna y valores máximos en torno a 200 t (Masello et al., 2016). La abundancia y las capturas de los pescadores artesanales, por tanto, son variables entre años y también entre lagunas.

La composición observada de tallas para ambos sexos, encontrada en los periodos de muestreo muestra que el rango de tallas de *C. sapidus* fue amplio y se corresponde con el uso que esta especie hace de los ecosistemas someros en las etapas iniciales de su ciclo vital, luego del ingreso a las lagunas en el estadio de megalopa (Santana y Fabiano, 2004). Una vez que las hembras alcanzan la madurez sexual, son fertilizadas y migran al mar donde se produce la eclosión de los huevos, mientras que los machos pueden permanecer en el interior de las lagunas. La pesca generalmente está dirigida a individuos que superan las tallas de madurez sexual establecida por Uscudun (2014) para estos ambientes.

El cangrejo sirí es una especie de elevado valor económico en el mercado nacional donde ingresa fundamentalmente en la temporada estival como “pulpa de cangrejo”, en su mayor parte elaborada por los pescadores en zonas aledañas a las lagunas, aunque también se comercializa entero vivo o en medias piezas según la demanda del sector gastronómico. Los diferentes productos son demandados por este sector durante todo el año en forma creciente, aunque el mayor consumo está asociado a la temporada estival, que es satisfecha actualmente por la producción de las lagunas de Rocha y de

Castillos. Solo de manera muy reciente (2018-2019), se observó la oferta de músculo cocido y congelado de cangrejo sirí de procedencia extranjera.

Metales pesados

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 por la DINARA para asegurar la inocuidad de un producto pesquero. Los registros obtenidos de esos tres metales pesados, son los primeros asociados a las lagunas de Rocha y Castillos. Los valores de mercurio registrados (rango: 0.071-0.22 mg/kg) se hallan muy por debajo del valor máximo permitido en productos pesqueros para consumo humano, de acuerdo a normativas internacionales vigentes (0.5 mg/Kg o 1 mg/kg, dependiendo de las especies, según Decreto N° 14/013, Reglamento Bromatológico Nacional. En el caso del plomo y el cadmio no presentaron valores detectables en estas lagunas, excepto una muestra de lenguado (Laguna de Castillos) que presentó valores detectables de plomo (<0.056 mg/kg), pero muy por debajo del límite máximo permitido en carne de pescado (0.30 mg/kg, Decreto N° 14/013).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las cuatro especies de peces registradas en la pesca artesanal durante los monitoreos de desembarque realizados en 2017-2018, tres (corvina blanca, pejerrey y lenguado) son de consumo humano relevante, mientras que la lacha actualmente es destinada exclusivamente a carnada. Las muestras obtenidas para análisis de contaminación por metales pesados en estas especies (2017 y 2018) en ambas lagunas no presentaron valores detectables para cadmio y en el caso del plomo solo una muestra presentó valores detectables, pero muy por debajo del límite máximo permitido en peces. El mercurio presentó valores detectables en la mayoría de las muestras, pero los mismos también estuvieron siempre por debajo del límite máximo permitido en peces.

En todas las especies la $LT_{50\%}$ estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ y el rango de tallas observado correspondería tanto a ejemplares que alcanzaron su primera madurez sin abandonar todavía las lagunas, como a posibles reingresos desde el mar.

Para la nueva fase del presente programa se obtuvieron ya, a inicios de 2019, muestras de lisa (juveniles residentes y adultos migrantes desde el mar) y tararira en la laguna de Castillos. Sería deseable acceder a muestras para análisis de contaminantes de las mismas especies para la Laguna de Rocha y de bagre negro para ambas lagunas. En esta última especie es además relevante evaluar su aptitud para consumo humano desde el punto de vista sanitario dado que fue reportada como portadora de *Clinostomum* sp. en ambas lagunas.

El estudio de la comunidad íctica en las lagunas de Rocha y de Castillos con artes de pesca pasivos (baterías de redes de enmalle) se incorporará en la próxima fase del acuerdo. Este tipo de muestreo puede aportar al conocimiento de la composición de especies de peces y a la estructura de sus poblaciones, al mismo tiempo que es útil para el cálculo de índices de diversidad, utilizados como indicadores de calidad ambiental.

Las especies bentónicas de interés comercial consideradas en este período de trabajo refirieron a crustáceos braquiuros (*Callinectes sapidus*) y macruros (*Penaeus paulensis*). En *C. sapidus* se encontraron individuos juveniles y también adultos, mientras que en camarón todos los ejemplares analizados fueron juveniles y cumplieron su fase juvenil en las lagunas, con un tiempo de residencia en las mismas de en torno a medio año, variable según la talla. En *P. paulensis* la dieta estaría basada predominantemente en poliquetos, moluscos, artrópodos y detritos. Es por esto que puede bioacumular y biomagnificar contaminantes propios de estos ecosistemas, por lo que podría ser de elección como una especie indicadora en un programa de monitoreo.

Dado que los análisis de contaminantes en general, incluyendo cianotoxinas, son habitualmente caros, es recomendable luego de este período de trabajo 2017-2018 en donde se hizo una línea de base inicial, seleccionar las especies de peces y crustáceos a ser analizadas, considerando su interés para el consumo humano, su posición en la escala trófica y hábitos alimentarios, el tiempo de residencia en las lagunas y el conocimiento de los contaminantes esperados.

Reconocer un estado de calidad ambiental adecuado para las lagunas y demostrar la ausencia de los contaminantes analizados, u otros posible, en las diferentes especies peces de importancia comercial de la misma manera que en *P. paulensis* y *C. sapidus* puede significar además de seguridad para el consumidor, un valor diferencial frente a productos de importación.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC 2012. Official Methods of Analysis of AOAC international. 19th edition. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Barnes R S K (1980) Coastal lagoons. Cambridge University Press, Cambridge: 106 pp.
- 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.
- Dayton, P. K., Thrush, S. F., Agardy, M. T., & Hofman, R. J. (1995). Environmental effects of marine fishing. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems, 5(3), 205-232.
- Decreto 14-013: Alimentos-Límites máximos de contaminantes inorgánicos. Actualización Decreto Bromatológico Nacional (5ª edición)
- Fabiano G. & Santana O. 2006. Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay. En: Menafrá R., Rodríguez-Gallego L., Scarabino F. & Conde D. (Eds.) Bases para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya. Vida Silvestre, Montevideo, pp 557-565
- 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
- Fabiano G, Santana O, Silveira S y Laporta M 2016. Estimación del aporte de juveniles de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) de la Laguna de Rocha (Uruguay) a las pesquerías del Frente Marítimo del Río de la Plata. FRENTE MARÍTIMO. VOLUMEN 24 - MAYO 2016. ISSN 1015-3233 p 99-114
- Fabre, A., G. Fabiano & S. Silveira. 2013. Floración de cianobacterias y mortandad de lisas en la Laguna de Castillos, Rocha. Congreso de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, Noviembre de 2013.
- 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., 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>.
- Hatch, W. R. & Ott, W. L. 1968. Determination of sub-microgram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Anal. Chem.* 40: 2085-2087.
- ICES MSFD D3 REPORT, 2012. Marine Strategy Framework Directive - Descriptor 3+(2012). ICES CM 2012/ACOM:62. (2012a) 172 paginas.
- 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.
- 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.
- Larson, D., G. Ahlgren & E. Wilén. 2014. Bioaccumulation of microcystins in the food web: a field study of four Swedish lakes. *Inland Waters* 4: 91-104
- Lemos VM, Varela AS, Schwingel PR, Muelbert JH, Vieira JP. 2014. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (teleostei: mugilidae) in south brazil. *J. Fish Biol.* 85 (3):671–687.
- Magalhães, V. M. Marinho, P. Domingos, AC. Oliveira, SM. Costa, VF. Magalha, LO. Azevedo & SM Azevedo. 2003. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Septeiba Bay (Brasil, RJ). *Toxicon* 42: 289-295
- Mellito da Silveira M.P., Brahm Cousin J.C. & 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. & MdeA. 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.
- Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión del 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el
contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial
de la Unión Europea*.
- Ricker W. E. 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the fisheries board of Canada*, 30(3),
409-434.
- 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.
- Rodriguez C., Galli O., Olsson D., Tellechea J.S. & Norbis W. 2017. Length-weight relationships and
condition factor of eight fish species inhabiting the Rocha Lagoon, Uruguay. *Brazilian Journal of
Oceanography*, 65(1), 97-100. <https://dx.doi.org/10.1590/s1679-87592017107306501>
- 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.
- Santana O. & Fabiano G.. 2004. Sobre la abundancia y las pesquerías de camarón (*Farfantepenaeus
paulensis*) y cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en la laguna de Rocha: período 1991-2004.
Avances científico-técnicos para el manejo del Área Protegida Laguna Rocha. Facultad de
Ciencias/UdelaR.
- Santana O., Silveira, S. & Fabiano, G. 2015. Catch variability and growth of pink shrimp
(*Farfantepenaeuspaulensis*) in two coastal lagoons of Uruguay and their relationship with ENSO
events. *Braz J Oceanogr*. vol. 63 no.3, 84-90.

- Saona, G., Forni, F., Vizziano, D. y Norbis, W. 2003. Structure by size, sex and maturity stage of the white croaker (*Micropogonias furnieri*, Desmarest, 1823; Teleostei: Sciaenidae) in the bycatch of the artisanal fishery at Rocha Lagoon, Uruguay. *Ciencias Marinas*, 29(3):315-324.
- Uscudun G. 2014. Estrategia reproductiva del cangrejo sirí *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae), en la Laguna de Rocha, Uruguay. Tesis de Maestría del PEDECIBA
- 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.
- Wood, J., R. Franklin, G. Garman, S. McIninch, AJ. Porter & P. Bukaveckas. 2014. Exposure to the cyanotoxin microcystin arising from interspecific differences in feeding habits among fish and shellfish in the James River Estuary, Virginia. *Environmental Science and Technology* 48: 5194-5202

Anexo 2

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	Tributarios de Laguna de Rocha: R4 R5 R6	CURE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, clorofila <i>a</i>	Otoño, invierno, primavera y verano	¹ la estrategia de monitoreo es diferente para el Punto C5 : - CURE: realizará la extracción de muestras y el análisis de nutrientes y clorofila <i>a</i> . - IDR se encargará del análisis de coliformes termotolerantes - OSE se encargará del análisis de DBO ₅ . - DINARA realizará el análisis cualitativo de la comunidad fitoplanctónica semanalmente.
			OSE	Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O ₂ , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura), DBO ₅ , coliformes		
		Tributarios: Laguna de Rocha: R7 R8 R9 R10 R11 Laguna de Castillos: C5 ¹ C6 C7 C8 C9 C10	OSE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, clorofila <i>a</i> Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O ₂ , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura), DBO ₅ , coliformes		
Lagunas Rocha, Castillos y Garzón	CURE	Laguna de Rocha: R1 R2 R3	IDR	Coliformes termotolerantes	Otoño, invierno, primavera y verano	² El CURE colecta las muestras y se las facilita a la IDR
		Laguna de Castillos: C1 C2 C3 C4 Laguna Garzón: G1 G2 G3	CURE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, DBO ₅ ² , clorofila <i>a</i> , SST, MO, Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O ₂ , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura)	³ Otoño, invierno, primavera y verano	³ Muestras de DBO ₅ las colecta CURE y las analiza OSE
		Laguna de Rocha: R1 R2 R3 Laguna de Castillos: C1 C2 C3 C4	DINARA	Comunidad Fitoplanctónica (cuantitativa y cualitativa), Cianotoxinas	Otoño, invierno, primavera y verano En caso de floración	
	DINARA	Laguna de Rocha: R3 Laguna de Castillos: 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	Laguna de Rocha: R1 R2 R3 Laguna de Castillos: C1 C2 C3 C4 Laguna Garzón: G1 G2 G3	CURE	NT, PT, MO, clorofila <i>a</i>	Otoño, invierno, primavera y verano		
				Análisis de las comunidades bentónicas	Otoño, invierno, primavera y verano	Se realizará a partir de 2017	
			DINAMA	Cadmio, Cromo Total, Cobre, Mercurio, Plomo, Arsénico endosulfan alfa, endosulfan beta y endosulfan sulfato clorpirifos, cipermetrina, malatión, glifosato/AMPA	Bianual (primavera y verano)	CURE colecta las muestras y se las facilita a DINAMA	
	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	Anual (verano)		CURE colecta las muestras y se las facilita a DINAMA			
	OSE	Arroyos Laguna de Rocha: ² R7 ² R5 R4 R6	DINAMA	¹ atrazina		³ Otoño, invierno, primavera y verano	¹ OSE colecta las muestras para la determinación de Atrazina y se las facilita a CURE quien envía a DINAMA. ² no se realizará determinación de atrazina. ³ La frecuencia de monitoreo podrá cambiar en función de los resultados obtenidos el primer año.
			CURE	NT, PT			
DINARA	Laguna de Rocha: R1 R2 R3 Laguna de Castillos: 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	Laguna de Rocha:	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				
		Laguna de Castillos:				
		C1				
		C2				
C3	DINARA	Cadmio, Mercurio, Plomo	Anual (a definir por DINARA)	Peces de importancia comercial, camarones y sirí		
C4						

Anexo 3

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 4

Tabla 1. Comparación de variables entre el período de estudio (2017-2018) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna de Rocha. Los promedios incluyen los sitios norte, centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE.

	2017-2018		2002-2016	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	18.8	5.0	18.6	5.0
O2 disuelto (mg/L)	8.2	1.2	9.6	2.7
pH	7.6	0.5	8.0	1.1
Turbidez (NTU)	46.0	41.4	28.3	32.7
SS (mg/L)	56.7	49.2	39.5	34.1
MOSS (mg/L)	9.3	8.5	8.4	6.9
Conductividad (uS/cm)	21521	10293	21412	10521
Clo-a agua (ug/L)	4.0	2.5	4.4	3.8
NH4 (mg N/L)	0.068	0.088	0.038	0.039
NO2 (mg N/L)	0.003	0.003	0.003	0.003
NO3 (mg N/L)	0.033	0.045	0.035	0.055
NT (mg N/L)	0.610	0.300	0.576	0.311
PRS (ug P/L)	37.8	19.9	24.1	18.5
PT (ug P/L)	98.6	41.9	67.0	36.9
MO sed (mg/g PS)	32.1	26.1	24.0	22.5
PT sed (mg P/Kg PS)	107.8	66.7	155.1	109.9
NT sed (mg N/Kg PS)	138.2	156.8	204.9	144.2
Clo-a sed (mg/Kg PS)	20.9	21.8	17.0	17.4

Tabla 2. Comparación de variables entre el período de estudio (2017-2018) y datos históricos (1996-2016) en la Laguna de Castillos. Los promedios incluyen los sitios norte, centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE.

	2017-2018		1996-2016	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	19.1	4.6	19.0	4.9
O2 disuelto (mg/L)	8.2	1.1	9.0	1.1
pH	7.8	0.5	7.5	0.4
Turbidez (NTU)	59.2	68.7	85.7	71.9
SS (mg/L)	38.4	42.2	49.1	48.3
MOSS (mg/L)	5.0	4.2	10.2	7.5
Conductividad (uS/cm)	7882	5931	5706	6725
Clo-a agua (ug/L)	4.8	3.4	5.4	5.2
NH4 (mg N/L)	0.040	0.050	0.025	0.029
NO2 (mg N/L)	0.003	0.004	0.003	0.002
NO3 (mg N/L)	0.031	0.058	0.059	0.078
NT (mg N/L)	0.650	0.230	0.754	0.624
PRS (ug P/L)	22.7	22.0	29.0	26.6
PT (ug P/L)	75.6	44.2	74.8	48.1
MO sed (mg/g PS)	24.5	7.9	26.8	39.5
PT sed (mg P/Kg PS)	138.0	39.0	164.7	77.9
NT sed (mg N/Kg PS)	232.0	184.0	280.5	161.8
Clo-a sed (mg/Kg PS)	14.2	18.3	18.6	12.2

Tabla 3. Comparación de variables entre el período de estudio (2017-2018) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna Garzón. Los promedios incluyen los sitios norte, centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE.

	2017-2018		2002-2016	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	19.8	5.1	20.3	5.0
O2 disuelto (mg/L)	7.8	1.0	8.9	1.0
pH	7.7	0.4	7.7	0.6
Turbidez (NTU)	27.2	27.5	-	-
SS (mg/L)	21.4	17.7	38.7	26.5
MOSS (mg/L)	4.8	3.0	11.6	9.2
Conductividad (uS/cm)	5282	6382	13237	8189
Clo-a agua (ug/L)	5.4	2.9	5.1	3.9
NH4 (mg N/L)	0.049	0.030	0.015	0.029
NO2 (mg N/L)	0.002	0.001	0.001	0.001
NO3 (mg N/L)	0.153	0.159	0.012	0.011
NT (mg N/L)	0.660	0.220	0.422	0.331
PRS (ug P/L)	53.8	21.7	17.2	29.7
PT (ug P/L)	134.7	44.1	46.7	43.8
MO sed (mg/g PS)	63.5	35.8	38.9	29.5
PT sed (mg P/Kg PS)	236	97.9	185.9	120.6
NT sed (mg N/Kg PS)	313.1	293.3	345.0	236.4
Clo-a sed (mg/Kg PS)	18.9	12.3	30.8	21.8