



**Monitoreo y evaluación ambiental de las lagunas costeras
(José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos) y de sus principales
tributarios. Reporte resultados 2019.**

NOVIEMBRE 2020



Ministerio
de Ambiente



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CURE
Centro Universitario
Regional del Este

Instituciones Participantes

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

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

Institución Coordinadora - DINAMA

División Evaluación de la Calidad Ambiental
Jefe Ing. Luis Reolón

Departamento Evaluación Ambiental Integrada
Jefa Mag. Lizet De León

Responsables del informe y coordinación

Mag. Elena Rodó
Mag. Malvina Masdeu

Como citar este informe:

DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2020). Monitoreo y Evaluación Ambiental de las Lagunas Costeras (José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos) y de sus principales tributarios. Informe Técnico. MVOTMA-DINAMA. Montevideo. 145 pg.

Foto tapa: Ana Martínez

Autores

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
Mag. Martín Laporta
Mag. Inés Pereyra
Mag. Orlando Santana
Lic. Santiago Silveira
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
Lic. Carolina Lescano
Mag. Sebastián Serra
Bach. Soledad Costa
Bach. Soledad Pasquariello
Lic. Ana Martínez
Lic. Karina Eirin
Dra. Carla Kruk

Técnicos Participantes

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, Verónica Pombo, Mariana Piriz, Hector Caymaris y a Miguel Bandera, Leandro Bergamino y Zenón Vicente.

Contenido

Resumen.....	8
1 Introducción	9
1.1 Objetivo	10
1.2 Área de estudio y antecedentes	11
2 Metodología	13
2.1 Monitoreo.....	13
2.1.1 Matriz agua.....	17
2.1.2 Matriz sedimento	19
3 Resultados	20
3.1 Cuenca de la Laguna de José Ignacio	20
3.1.1 Calidad del agua	20
3.1.2 Calidad de los sedimentos	25
3.1.3 Parámetros biológicos	27
3.1.4 Calidad de agua Tributarios	32
3.2 Cuenca de la Laguna Garzón.....	38
3.2.1 Calidad del agua	38
3.2.2 Calidad de los sedimentos	42
3.2.3 Parámetros biológicos	45
3.2.4 Calidad del Agua: Tributarios Laguna Garzón.....	50
3.3 Cuenca de la Laguna de Rocha	56
3.3.1 Calidad del agua: Laguna de Rocha	56
3.3.2 Calidad de sedimentos	61
3.3.3 Parámetros biológicos	63
3.3.4 Calidad de agua: Tributarios Laguna de Rocha.....	72
3.3.4.1 Toma OSE: parámetros físicos, químicos y agroquímicos en sedimento	81
3.4 Cuenca de la Laguna de Castillos.....	81
3.4.1 Calidad del agua: Laguna de Castillos	81
3.4.2 Calidad de los sedimentos	86
3.4.4 Calidad de agua: Arroyos Laguna de Castillos	98
4 Discusión.....	110
5 Bibliografía.....	136
6 Anexos	141
Anexo 1	141
Anexo 2	143

Índice Figuras

Figura 1. Cuencas hidrográficas de las Lagunas costeras de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos.	11
Figura 2. Estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna de José Ignacio	13
Figura 3. Estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Garzón.	14
Figura 4. Estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha.	15
Figura 5. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Castillos.....	16
Figura 6. Régimen de barras en la Laguna José Ignacio en 2019	20
Figura 7. Variación de temperatura y salinidad mensual, en la Barra de José Ignacio	20
Figura 8. Variación espacial y estacional de la temperatura, el pH, oxígeno disuelto y la conductividad de la Laguna José Ignacio	21
Figura 9. Variación espacial y estacional de turbidez (A), sólidos en suspensión (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna José Ignacio.	22
Figura 10. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna José Ignacio	23
Figura 11. Variación espacial y estacional de ortofosfato (A) fósforo total (B) de Laguna José Ignacio	24
Figura 12. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna José Ignacio	24
Figura 13. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna José Ignacio.....	25
Figura 14. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton, abundancia diatomeas (B), abundancia de cianobacterias y abundancia de dinoflagelados de la Laguna José Ignacio	28
Figura 15. Riqueza específica y Abundancia total del bentos (ind./m ²) para la Laguna de José Ignacio	29
Figura 16. Abundancia relativa de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna José Ignacio.....	29
Figura 17. Abundancia en ind. /100m ³ de A) misidáceos y B) ictioplancton en Laguna José Ignacio.	30
Figura 18. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de José Ignacio.	31
Figura 19. Variación estacional (2019) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna José Ignacio	32
Figura 20. Variación mensual de temperatura y salinidad, año 2019, en Laguna José Ignacio	32
Figura 21. Variación estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna José Ignacio	33
Figura 22. Variación estacional (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	33
Figura 23. Variación estacional (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	34
Figura 24. Variación estacional (2019) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	34
Figura 25. Variación estacional (2019) de la concentración de nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	35
Figura 26. Variación estacional (2019) de la concentración de amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	35
Figura 27. Variación estacional (2019) de la concentración de nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio.	35
Figura 28. Variación estacional (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio.....	36
Figura 29. Variación estacional (2019) de la concentración de ortofosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio	36
Figura 30. Variación estacional (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio.....	36

Figura 31. Variación estacional (2019) de la concentración de Clorofila a (Clo a) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio.....	37
Figura 32. Régimen de barras en la Laguna de Garzón.....	38
Figura 33. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la laguna de Garzón.....	38
Figura 34. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad (D) de la Laguna Garzón.....	39
Figura 35. Variación espacial y estacional de Turbidez (A), Sólidos en suspensión (B), y materia orgánica (C) y de la Laguna Garzón.....	40
Figura 36. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna Garzón.....	41
Figura 37. Variación espacial y estacional de ortofosfato (A) y fósforo total (B) de la Laguna Garzón.....	41
Figura 38. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna Garzón.....	42
Figura 39. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna Garzón.....	43
Figura 40. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B) y cianobacterias (C) de la Laguna Garzón.....	46
Figura 41. Riqueza específica (A) y Abundancia total del bentos en ind/m ² (B) a lo largo del año para la Laguna de Garzón.....	46
Figura 42. Abundancia relativa de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna Garzón.....	47
Figura 43. Abundancia en ind./100m ³ de ictioplancton en Laguna Garzón en el año 2019.....	48
Figura 44. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en verano y otoño de 2019 en la Laguna de Garzón.....	49
Figura 45. Variación espacial y estacional (2019) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	50
Figura 46. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la laguna de Garzón (en los sitios Barra de Garzón y Aº Garzón).....	50
Figura 47. Variación espacial y estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	51
Figura 48. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	51
Figura 49. Variación espacial y estacional (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	52
Figura 50. Variación espacial y estacional (2019) de la Turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	52
Figura 51. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	53
Figura 52. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	53
Figura 53. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	53
Figura 54. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	54
Figura 55. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de ortofosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	54
Figura 56. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	54
Figura 57. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de la Clorofila a (Clo a) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón.....	55
Figura 58. Régimen de barra en la Laguna de Rocha en 2019.....	56
Figura 59. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la barra de Laguna de Rocha.....	56

Figura 60. Variación espacial y estacional (2019) de la temperatura (A), el pH (B), el oxígeno disuelto (C) y la conductividad (D) de la Laguna de Rocha	57
Figura 61. Variación espacial y estacional (2019) de la turbidez (A), los sólidos en suspensión (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Rocha.....	58
Figura 62. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Rocha.....	59
Figura 63. Variación espacial y estacional de la concentración (2019) de ortofosfato (PO ₄) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Rocha.....	60
Figura 64. Variación espacial y estacional (2019) de la clorofila-a (Clo-a) de la Laguna de Rocha.	60
Figura 65. Variación espacial y estacional de la concentración (2019) de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total y clorofila-a del sedimento de la Laguna de Rocha.....	61
Figura 66. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C), dinoflagelados (D) y clorofitas (E), de la Laguna de Rocha.....	64
Figura 67. Riqueza específica (A) y Abundancia total del bentos en ind./m ² (B) en 2019 para la Laguna de Rocha.....	65
Figura 68. Abundancias relativas de las clases taxonómicas de la comunidad bentónica identificadas en la Laguna de Rocha.....	65
Figura 69. Abundancia en ind./100m ³ de A) misidáceos y B) ictioplancton en Laguna de Rocha.....	67
Figura 70. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de Rocha.	71
Figura 71. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en verano de 2019 en la Laguna de Rocha.....	71
Figura 72. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Callinectes sapidus</i> registrados en el otoño de 2019 en la Laguna de Rocha.	71
Figura 73. Variación estacional (2019) de la Temperatura (Temp) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	72
Figura 74. Variación de temperatura y salinidad (2019), en el Arroyo Rocha (estaciones monitoreo: Barra de Rocha y Puerto de los Botes) y Aº Las Conchas, del Monitoreo de DINARA (MGAP).	73
Figura 75. Variación estacional y espacial (2019) del pH en los principales tributarios de de la Laguna de Rocha.....	73
Figura 76. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	74
Figura 77. Variación estacional y espacial (2019) de la conductividad de los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	75
Figura 78. Variación estacional y espacial (2019) de la turbidez de los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	75
Figura 79. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	76
Figura 80. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	77
Figura 81. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	77
Figura 82. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	78
Figura 83. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	79
Figura 84. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de ortofosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	79
Figura 85. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de clorofila-a (Clo-a) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	80

Figura 86. Variación espacial y estacional de temperatura (A), pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad (D) de la Laguna de Castillos (2019).	82
Figura 87. Variación espacial y estacional de turbidez (A), sólidos suspendidos totales (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Castillos.....	83
Figura 88. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Castillos.	84
Figura 89. Variación espacial y estacional de la concentración de ortofosfato (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Castillos	84
Figura 90. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna de Castillos	85
Figura 91. Variación espacial y estacional (2019) de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna de Castillos	86
Figura 92. Variación espacial y estacional (2019) de abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C) chrysofitas D) y zygnemataceas E) de la Laguna de Castillos.	89
Figura 93. Variación espacial y estacional de abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C) chrysofitas D) y zygnemataceas E) de la Laguna de Castillos	90
Figura 94. Abundancia relativa de las clases taxonómicas de la comunidad bentónica identificadas en la Laguna de Castillos, considerando las cuatro estaciones del año.	91
Figura 95. Abundancia en ind.100m-3 de misidáceos y ictioplancton en Laguna de Castillos	92
Figura 96. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en verano de 2019 en la Laguna de Castillos-Arroyo de Valizas.	95
Figura 97. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Penaeus paulensis</i> muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de Castillos-Arroyo de Valizas.....	96
Figura 98. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de <i>Callinectes sapidus</i> registrados en el muestreo de verano de 2019 en la laguna de Castillos.	96
Figura 99. Variación estacional (2019) de la Temperatura (T°C) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos	98
Figura 100. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la Laguna de Castillos	99
Figura 101. Variación estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. ..	100
Figura 102. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	101
Figura 103. Variación estacional y temporal (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Castillos	102
Figura 104. Variación estacional y temporal (2019) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos	103
Figura 105. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de amonio (NH ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	104
Figura 106. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de nitrito (NO ₂) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	105
Figura 107. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de nitrato (NO ₃) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	106
Figura 108. Variación estacional y temporal (2019) de la Concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	107
Figura 109. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de ortofosfato (PO ₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	108
Figura 110. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	108
Figura 111. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de clorofila-a (Clo-a) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	109

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales características de la Laguna de José Ignacio.....	12
Tabla 2. Puntos de monitoreo en la cuenca de la Laguna José Ignacio	13
Tabla 3. Puntos de monitoreo de la Laguna Garzón.....	14
Tabla 4. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha.	15
Tabla 5. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Castillos.	16
Tabla 6. Parámetros Físicos, químicos y biológicos analizados en la matriz agua de las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo	17
Tabla 7. Sitios relevados en el monitoreo mensual de las lagunas costeras salobres en 2019	18
Tabla 8. Parámetros Físicos, químicos y biológicos analizados en la matriz sedimento de las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo y tareas de laboratorio.	19
Tabla 9. Metales analizados en la matriz tejidos de peces de las lagunas de Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo y responsabilidades en cuanto a tareas de laboratorio.	19
Tabla 10. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de la Laguna José Ignacio	24
Tabla 11. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de José Ignacio	26
Tabla 12. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en verano 2019	27
Tabla 13. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna José Ignacio durante 2019.	29
Tabla 14. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) discriminados por sexo, para la estación de otoño de 2019 en la Laguna de José Ignacio	31
Tabla 15. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) de Laguna de José Ignacio en otoño de 2019	31
Tabla 16. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de José Ignacio	37
Tabla 17. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna Garzón.....	42
Tabla 18. Agroquímicos y metales en el sedimento de la Laguna Garzón en el período 2019	44
Tabla 19. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el verano 2019	45
Tabla 20. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Garzón durante 2019.	47
Tabla 21. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2019 en la Laguna de Garzón	49
Tabla 22. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) de Laguna de Garzón en verano-otoño de 2019.....	49
Tabla 23. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de Garzón.	55
Tabla 24. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Rocha	60
Tabla 25. Demanda bioquímica de oxígeno (DBOs) en la Laguna de Rocha.....	61
Tabla 26. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Garzón	62
Tabla 27. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón	63
Tabla 28. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha	66
Tabla 29. Abundancia de huevos y larvas de peces en Laguna de Rocha	67
Tabla 30. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso total (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Rocha	68
Tabla 31. Proporción de sexos, grados de madurez macroscópicos y longitud total (LT, cm) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Rocha	69

Tabla 32. Parámetros estimados de la relación largo total (Lt, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) de Laguna de Rocha en invierno (I) y primavera (P) de 2019.....	69
Tabla 33. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2019 en la Laguna de Rocha	70
Tabla 34. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) de Laguna de Rocha en verano-otoño de 2019.....	70
Tabla 35. Estadísticos descriptivos básicos del ancho total (AT, mm) y peso (g) de los individuos de <i>Callinectes sapidus</i> discriminados por sexo en otoño de 2019 en la Laguna de Rocha.	72
Tabla 36 . Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de Rocha.....	80
Tabla 37. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del embalse del Arroyo La Palma.	81
Tabla 38. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Castillos.....	85
Tabla 39. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) en la Laguna de Castillos	85
Tabla 40. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Castillos en el período 2019	87
Tabla 41. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Castillos	88
Tabla 42. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Castillos	91
Tabla 43. Abundancia de huevos y larvas de peces en la Laguna de Castillos	92
Tabla 44. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso total (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Castillos.....	93
Tabla 45. Proporción de sexos, grados de madurez macroscópicos y longitud total (LT, cm) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Castillos.....	93
Tabla 46. Parámetros estimados de la relación largo total (Lt, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) de Laguna de Castillos	94
Tabla 47. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) discriminados por sexo, en la Laguna de Castillos.	94
Tabla 48. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (<i>Penaeus paulensis</i>) de Laguna Castillos y Arroyo Valizas.....	95
Tabla 49. Estadísticos descriptivos básicos del ancho total (AT, mm) y peso (g) de los individuos de <i>Callinectes sapidus</i> discriminados por sexo en verano de 2019 en la Laguna de Castillos.	97
Tabla 50. Valores de mercurio hallados en músculo de tres especies de peces de talla comercial, capturadas por la pesca artesanal en la Laguna de Castillos.....	97
Tabla 51. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Castillos.....	110

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).

El presente informe se enmarca dentro de las actividades de divulgación del Programa de Monitoreo de las Lagunas Costeras, y hace referencia únicamente al año 2019. El objetivo del mismo es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas costeras del Uruguay, buscando identificar las zonas de mayor presión antropogénica que inciden en la calidad ambiental. Para lo cual se realizará la evaluación de la calidad del agua y de los sedimentos de las Lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos, 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 fitoplancton, bentos, íctioplancton y misidáceos, se realizaron monitoreos de pesca artesanal y análisis de mercurio en tejido de ciertos ejemplares de peces para las lagunas de Rocha y Castillos. 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. Los resultados indican que las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos se encuentran en general 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. Por otro lado, si bien, las tres lagunas de José Ignacio, Garzón y Rocha fueron clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de clorofila-a, la Laguna Castillos pasó a clasificarse como eutrófica lo que muestra indicadores de eutrofización que alertan sobre un deterioro progresivo. Sin embargo, al igual que en informes anteriores, las concentraciones de nutrientes fueron relativamente elevadas en todas las lagunas. La Laguna de Castillos presentó floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, *Dolichospermum* spp, durante la época estival al igual que algunos años anteriores. El resto de las lagunas si bien no presentaron floraciones, en todas se registraron cianobacterias, muchas de ellas especies potencialmente tóxicas. La Laguna Garzón presentó una proporción bastante importante de cianobacterias respecto al resto de los grupos de fitoplancton presentes, lo que sumado al manejo artificial de su barra podría desencadenar problemas de floraciones algales de tomar medidas de manejo adecuadas. La Laguna José Ignacio y Laguna de Rocha fueron las menos preocupantes respecto a floraciones de cianobacterias, pero ambas tuvieron ingreso de otras especies marinas de microalgas potencialmente tóxicas como la diatomea *Pseudonitzschia* spp, que hasta el momento en Uruguay no han dado problemas. Estos resultados, sumado a otros estudios específicos sobre la calidad del agua y el aumento de las actividades agrícolas en las cuencas señalan que estos ecosistemas se encuentran en un estado vulnerable, pudiendo sufrir rápidamente cambios en su calidad de agua frente a un aumento en su carga de nutrientes y/o a cambios en su hidrodinámica. Respecto a las comunidades bentónicas, al igual que en el período 2017- 2018, no se encontraron taxas indicadores de deterioro ambiental, con la excepción de la presencia en la Laguna Garzón del poliqueto invasor (*Ficopomatus enigmaticus*). Respecto a las especies de peces registradas, las mismas fueron representativas de la pesca artesanal. En cuanto a las zonas de mayor presión antropogénica, los arroyos Las Conchas y La Palma, son los tributarios que aportan mayor carga de nutrientes a la Laguna de Rocha, y la Cañada de los Olivera es el tributario con mayor aporte de nutrientes a la Laguna de Castillos. Los tributarios de las Lagunas Garzón y José Ignacio presentaron en promedio menores concentraciones de nutrientes. Es necesario continuar monitoreando estos sistemas, de forma de conocer la evolución del estado ambiental de estas lagunas como respuesta a los impactos de las actividades humanas, así como implementar acciones enfocadas a una mejor gestión, para por ejemplo reducir los niveles de nutrientes y evitar el deterioro de la calidad del agua.

1 Introducción

Uruguay presenta en su costa atlántica un sistema de lagunas costeras de agua salobre compuesto por la Laguna de José Ignacio, la Laguna Garzón, la Laguna de Rocha y la Laguna de Castillos. Estas lagunas son ecosistemas 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. Asimismo, son sistemas destacados con elevada importancia social y económica, debido a que sustentan importantes servicios ecosistémicos intensamente utilizados por la población, como ser las pesquerías artesanales continentales más destacadas de la costa y un creciente ecoturismo (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017, 2010; DINAMA 2018, 2019). A su vez, representan sitios de prioridad nacional e internacional para la conservación, debido a su alta diversidad de aves, singularidad de formaciones vegetales y paisajes característicos. 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).

El estado ambiental de las lagunas en función de sus concentraciones de clorofila *a* y de nutrientes, las que resultaron relativamente elevadas, presenta a las lagunas de Rocha, Castillos y Garzón como ambientes mesotróficos (DINAMA, 2017, 2018). Estos resultados, junto con los indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica referidos en estudios específicos, sugieren que estos ecosistemas están en riesgo de volverse rápidamente eutróficos, con las consecuencias ecosistémicas y ambientales que ello implica: reducción de la biodiversidad, empobrecimiento de la trama trófica, pérdida de servicios ecosistémicos, entre otros.

Con el objetivo de realizar una gestión sustentable de las cuencas de las lagunas costeras desde el conocimiento del estado ambiental de las mismas, la Dirección Nacional del Medio Ambiente (DINAMA) coordina desde 2017 el Programa de Monitoreo Interinstitucional de las Lagunas Costeras del Uruguay. Este programa surge en base a la necesidad de identificar las zonas de mayor presión antropogénica de estas cuencas, así como las principales actividades que impactan en la calidad ambiental de las mismas.

Este Programa presenta un abordaje interinstitucional, formalizado a través de dos convenios de cooperación técnica entre el MVOTMA-DINAMA y la Universidad de la República-Centro Universitario Regional Este (CURE), y un acuerdo de cooperación entre MVOTMA-DINAMA, OSE, Intendencia

Departamental de Rocha y el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca – DINARA. Cumple con objetivos planteados en el Plan Ambiental Nacional, en los cuales se propone realizar acciones para promover el uso sustentable del agua (objetivo 1.3), así como conservar y gestionar en forma sostenible las áreas costeras y marinas (objetivo 1.4). Por tanto, este programa de monitoreo coparticipativo permite proteger y mejorar el control y la vigilancia de estos ecosistemas, fortaleciendo las capacidades técnicas nacionales, generando valiosa información para una adecuada gestión optimizando recursos, tanto humanos como económicos.

Actualmente el programa abarca las cuatro lagunas y sus tributarios principales, siendo la laguna de José Ignacio la última en incluirse al programa en 2019. Se analizan indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del agua de las lagunas y de los principales tributarios, de las cuales se analizan también parámetros de sedimento, se cuenta a su vez con información de la producción pesquera. La información obtenida se disponibiliza a través de informes anuales a través del Observatorio Ambiental Nacional (OAN) de la DINAMA.

1.1 Objetivo

El presente continúa con el objetivo del programa de Lagunas Costeras que es: “aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas costeras del Uruguay, buscando identificar las zonas de mayor presión antropogénica que inciden en la calidad ambiental”. En este caso en particular se hace referencia al año 2019.

Objetivos específicos

- Conocer la calidad del agua actual, junto con la calidad de los sedimentos de las lagunas.
- Evaluar el estado de las comunidades fitoplanctónicas, bentónicas e ícticas de las lagunas.
- Evaluar el cumplimiento de los estándares ambientales nacionales.
- Identificar las zonas bajo mayor presión antropogénica
- Conocer el estado de la calidad de agua de los principales tributarios de las lagunas

1.2 Área de estudio y antecedentes

En el presente informe únicamente se hace referencia al área de estudio y antecedentes de la Laguna de José Ignacio, debido a que la misma ha sido incorporada en el año 2019 al programa de monitoreo. Por información del área de estudio y antecedentes de las lagunas de Garzón, Rocha y Castillos ver informes anteriores (DINAMA-OSE-CURE-MGAP 2017 y 2018).

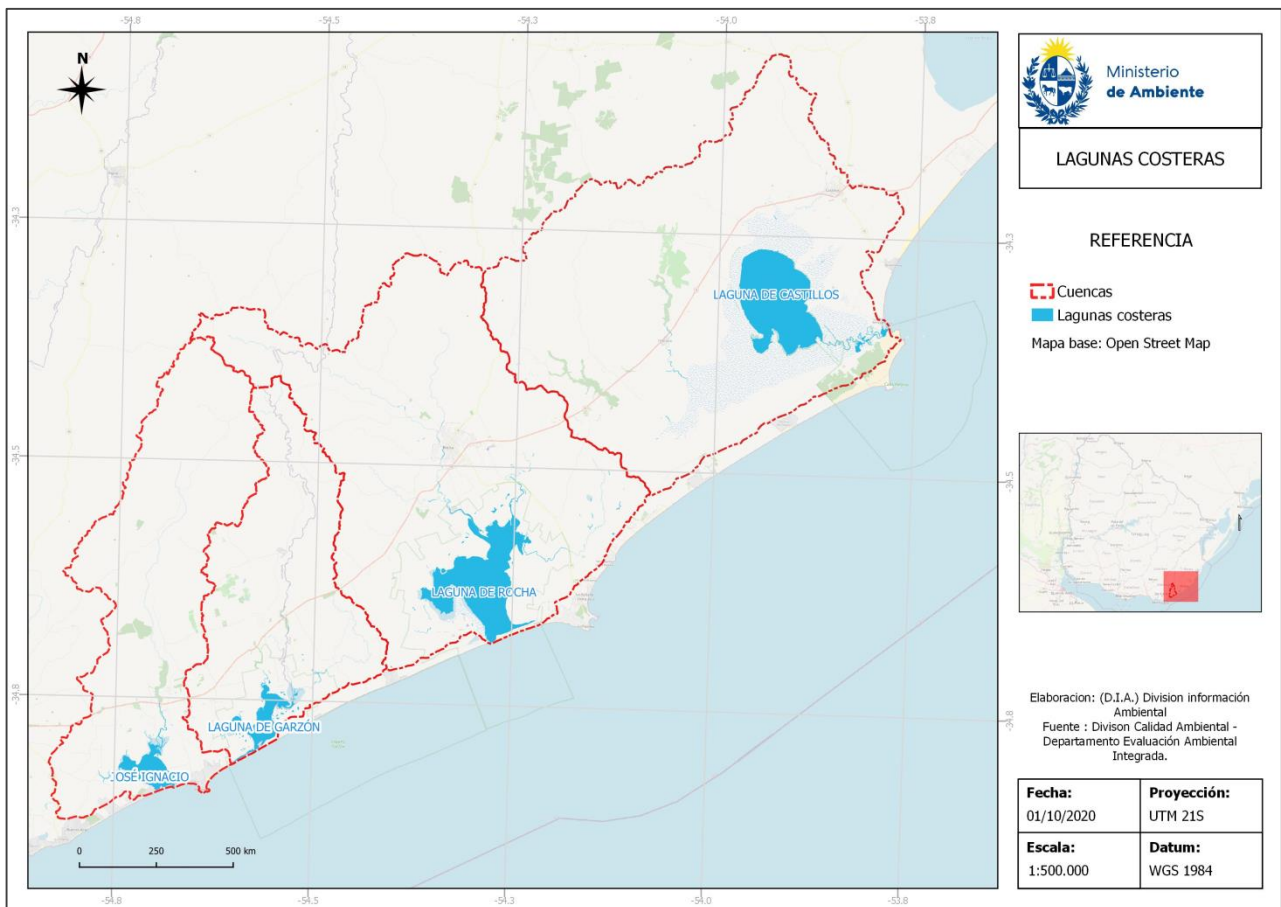


Figura 1. Cuencas hidrográficas de las Lagunas costeras de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos. SIA - DINAMA 2020

Cuenca de la Laguna de José Ignacio

La cuenca de la Laguna de José Ignacio (34°49'34''S-54°42'09''W) abarca un área de 70358 ha. Esta laguna ha sido denominada un área importante para la conservación de aves, por su importancia ornitológica (IBA – Laguna José Ignacio (UY017)).

La Laguna de José Ignacio presenta una superficie de 1565 ha y una profundidad media de 0.5 m, conectándose periódicamente con el mar a través de una barrera arenosa (Tabla 1). Esta se abre de forma natural o artificial (Rodríguez-Gallego 2010). Presenta en su cuenca una superficie de 919 ha. de humedales y recibe como tributarios al arroyo José Ignacio y las cañadas Magdalena Sosa, de la Colina y de la Totorá.

Las principales actividades económicas que se desarrollan en el área son la ganadería extensiva, el turismo y la forestación (Rodríguez-Gallego et al. 2017). Al igual que para las restantes lagunas costeras, en esta cuenca tuvo lugar un cambio en el uso del suelo. Estudios realizados por Rodríguez-Gallego *et al.* (2017) muestran que esta cuenca presenta un bajo cambio en el uso del suelo, dado que desde 1974 hasta el 2005 se observó una disminución del 3.9% en las praderas naturales y del 4.2% del bosque nativo. Asimismo, en el mismo período la forestación aumentó un 5.4 % y la agricultura aumentó solamente un 3.4%. Sin embargo, se requieren evaluaciones más recientes, que describan los cambios actuales en dicha cuenca.

Tabla 1. Principales características de la Laguna de José Ignacio (tomado de Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Área de la laguna (ha)	1565
Área de la cuenca (ha)	70358
Profundidad media (m)	0.5
Principales tributarios	arroyo José Ignacio , cañada Sosa
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	Pueblo de J. Ignacio, balnearios de Santa Mónica y Roca Eden, influencia de la zona turística de La Barra y J. Ignacio. (893 habitantes, INE 2004)
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, urbanización para el turismo

2 Metodología

2.1 Monitoreo

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 2 a Figura 5, Tabla 2 a Tabla 5. **Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Castillos.**). El período de estudio considerado estuvo comprendido entre enero y diciembre de 2019. La frecuencia de monitoreo es estacional, tanto para los arroyos como para las lagunas.



Figura 2. Estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna de José Ignacio

Tabla 2. Puntos de monitoreo en la cuenca de la Laguna José Ignacio

Puntos	Observaciones	Coordenadas
Jl1	Punto al norte de la laguna	34°49'18.82"S, 54°42'12.75"W
Jl2	Punto al sur de la laguna	34°49'43.09"S, 54°43'01.99"W
Jl3	Arroyo José Ignacio (ruta 9)	34°45'24.11"S, 54°41'37.74"W
Jl4	Arroyo de Sosa	34°49'47.46"S, 54°46'07.97"W

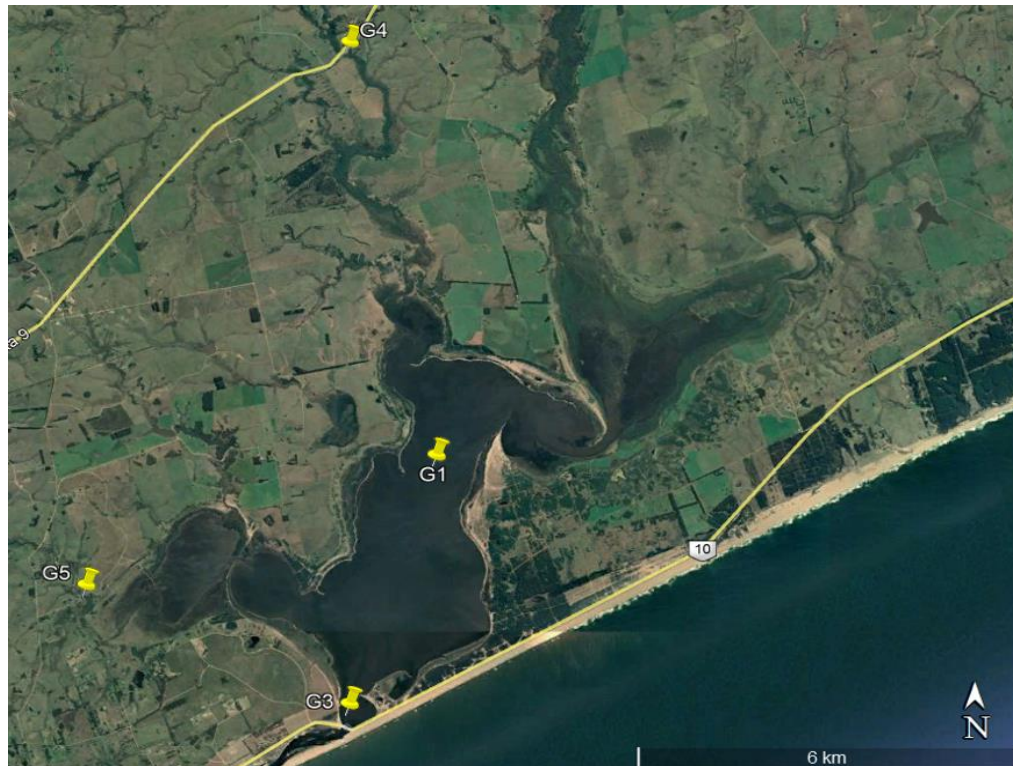


Figura 3. Estaciones de monitoreo de la cuenca de la Laguna Garzón.

Tabla 3. 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
G3	Punto sur de la laguna (antes del puente)	34°48'06.43"S, 54°34'17.70"W
G4	Arroyo Garzón (ruta 9)	34°41'42.04"S, 54°34'20.73"W
G5	Arroyo Anastasio	34°46'54.52"S, 54°37'04.71"W



Figura 4. Estaciones de monitoreo de 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	34°34'34.50"S, 54°17'07.90"W
R2	Punto al sur de la Laguna	34°39'49.60"S, 54°15'42.60"W
R3	Punto en el centro de la Laguna	34°38'41.00"S, 54°17'44.90"W
R4	Arroyo La Palma embalse OSE	34°35'24.27"S, 54°10'01.25"W
R5	Arroyo La Palma. centro embalse OSE	34°34'47.69"S, 54°09'43.00"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°35'10.49"S, 54°10'43.81"W
R8	Arroyo Las Conchas. puente en Ruta 15	34°30'53.67"S, 54°15'00.76"W
R9	Arroyo Rocha. toma de agua Usina de Rocha	34°27'38.49"S, 54°20'48.64"W
R10	Arroyo Rocha. puente en Ruta 9	34°31'08.56"S, 54°20'53.84"W
R11	Punto aguas abajo de donde confluyen 3 afluentes, (ruta 9).	34°37'07.20"S, 54°23'38.40"W



Figura 5. 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°21'05.20"S, 53°52'35.60"W
C2	Punto central de la laguna	34°20'03.50"S, 53°54'55.20"W
C3	Punto al norte de la Laguna	34°18'05.90"S, 53°56'43.20"W
C4	Bolsón del chafalote.	34°21'58.90"S, 53°56'48.60"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°12'59.90"S, 53°56'00.80"W
C8	Arroyo Sarandí del Consejo. en puente de ruta: 9. Km: 250	34°14'19.50"S, 53°58'47.80"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°25'06.90"S, 54°08'28.66"W

2.1.1 Matriz agua

Parámetros físicos, químicos y biológicos

La metodología de monitoreo y análisis de las diferentes matrices y parámetros utilizada es la citada dentro del mencionado programa, (ver informes DINAMA - Lagunas Costeras 2018 y 2019). A continuación, en las siguientes tablas (Tabla 6 a Tabla 9) se presenta a modo de resumen las matrices y variables analizadas.

Tabla 6. Parámetros Físicos, químicos y biológicos analizados en la matriz agua de las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo y responsabilidades en cuanto a tareas de laboratorio.

MATRÍZ AGUA				
Lugar de Monitoreo	Puntos	Institución responsable análisis	Variables a analizar por institución	Frecuencia
Arroyos	Tributarios de Laguna José Ignacio: JI3, JI4	OSE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, DBO5, coliformes, Clorofila-a Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O2, % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura)	Verano, otoño, invierno y primavera
	Tributarios de Laguna Garzón: G4, G5 Tributarios de Laguna de Rocha: R4, R6, R7, R8, R9, R10, R11 Tributarios de Laguna de Castillos: C5, C6, C7, C8, C9			
Lagunas	Laguna de Rocha: R1, R2, R3 ¹ Laguna de Castillos: C1, C2 ¹ , C3, C4 ² Laguna José Ignacio: JI1, JI2 ¹ Laguna Garzón G1, G2 ¹	IDR	Coliformes termotolerantes	Verano, otoño, invierno y primavera
		CURE	Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O2, % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura) NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, DBO5, Clorofila-a, SST, MO, comunidad misidáceos y larvas de peces y comunidad de fitoplancton	Verano, otoño, invierno y primavera
		DINARA	cianotoxinas	En caso de floración
	Laguna José Ignacio Laguna Garzón Laguna de Rocha Laguna de Castillos	DINARA	monitoreos de desembarques de especies de importancia comercial en forma estacional	Anual

Observaciones:

- 1- Estaciones en las que se muestrean misidáceos, larvas y huevos de peces
- 2- Esta estación (C4) solo se muestrea en verano
- 3- Para este período se realizó análisis de DBO₅ únicamente en las lagunas de Rocha y Castillos

Asimismo, en el marco del Programa de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Pesqueros de las Lagunas Costeras Salobres de la DINARA-MGA, entre enero y diciembre de 2019 se presentan los registros mensuales de temperatura (°C), salinidad del agua (Salinómetro ECOSENSE 300) y de la condición de las barras arenosas de las lagunas de Rocha, de Castillos, Garzón y José Ignacio (Tabla 7). Se extrajeron muestras de muslo para analizar mercurio en lisa, lacha y tararira en las lagunas de Rocha y Castillos. Por último, se estimó el factor de condición para corvina y camarón expresado como el peso relativo (W_{rm}).

Tabla 7. Sitios relevados en el monitoreo mensual de las lagunas costeras salobres en 2019

Laguna	Estación limnológica	Ubicación	Latitud	Longitud
Castillos	Barra Valizas	Barra en el arroyo Valizas		
	Puente Valizas	Arroyo Valizas en Puente Ruta 10, km 267	34°21,30.35	53°50,41.68
	Servetto	Monte Grande	34°17,7.47	53°54,11.02
	Aº Chafalote	Arroyo Chafalote en Puente Ruta 9	34°21,14.7	54°3,39.36
	Aº Don Carlos	Arroyo Don Carlos en Puente Ruta 9, km 225	34°25,18.14	54°8,43.28
Rocha	Barra Rocha	Barra en la laguna	34°30,54.89	54°14,59.62
	Aº Las Conchas	Arroyo Las Conchas en Puente Ruta 15	34°32,44.33	54°19,10.69
	Aº Rocha	Arroyo Rocha en Puerto de los Botes	34°40'56.10	54°16'14.06
Garzón	Garzon	Barra Garzón (Puente)	34°48,9.03	54°34,17.98
	Aº Garzón	Arroyo Garzón en Puente Ruta 9	34°39,49.95	54°32,21.72
José Ignacio	Barra José Ignacio	Barra en la laguna	34°50'30.55	54°40'28.06
	Cañada Sosa	Cañada Sosa en Puente	34°45'22.57	54°41'39.24
	Aº José Ignacio	Arroyo José Ignacio en Puente Ruta 9, km 160 "Paso del Tigre"	34°50'27.41	54°45'48.94

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

2.1.2 Matriz sedimento

Tabla 8. Parámetros Físicos, químicos y biológicos analizados en la matriz sedimento de las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo y responsabilidades en cuanto a tareas de laboratorio.

MUESTREO MATRIZ: SEDIMENTO				
Lugar de Monitoreo	Puntos	Institución responsable análisis	Variables a analizar por institución	Frecuencia
Lagunas Rocha, Castillos, Garzón y José Ignacio	Laguna de Rocha: R1 ¹ , R2 ¹ , R3	CURE	NT, PT, MO, Clorofila- <i>a</i>	otoño, invierno, primavera y verano
			Comunidades bentónicas	otoño, invierno, primavera y verano
	Laguna de Castillos: C1 ¹ , C2, C3 ¹ , C4 ²	DINAMA	Cadmio, Cromo Total, Cobre, Mercurio, Plomo, Arsénico endosulfan alfa, endosulfan beta y endosulfan sulfato clorpirifos, cipermetrina, malatión, glifosato/AMPA	primavera y verano
	Laguna José Ignacio: JI1 ¹ , JI2 ¹		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.	verano
	Laguna Garzón G1 ¹ , G2 ¹			
	Arroyos Laguna de Rocha: R7 ³ , R4, R6	DINAMA	⁸ atrazina	otoño, invierno, primavera y verano
		CURE	NT, PT	
	Laguna José Ignacio: JI1, JI2 Laguna Garzón G1, G2 Laguna de Rocha: R1, R2, R3 Laguna de Castillos: C1, C2, C3	DINARA	Camarón y Sirí Monitoreos de desembarques de especies de importancia comercial	primavera y verano

Observaciones:

- 1 Estaciones en las que se realiza monitoreo de comunidades bentónicas
- 2 El Chafalote se monitorea únicamente en verano
- 3 No se realizará determinación de atrazina
- 4 Para este informe en particular para los monitoreos de camarón se obtuvieron muestras biológicas de desembarques artesanales entre los meses de febrero y abril de 2019 (verano-otoño), periodo en el cual la especie fue sometida a pesca en las lagunas costeras de Uruguay. Las muestras se recolectaron con frecuencia semanal en las lagunas de Rocha y de Castillos-Arroyo de Valizas y mensual en las de Garzón y José Ignacio. Asimismo, para el monitoreo de cangrejo sirí se utilizaron dos fuentes de información: campañas de pesca exploratoria realizadas en verano de 2019 con raño o beam-trawl en el arroyo Valizas-Laguna de Castillos y en la laguna de Rocha; y datos provenientes de ejemplares capturados incidentalmente en las trampas de camarón en otoño de 2019.

Tabla 9. Metales analizados en la matriz tejidos de peces de las lagunas de Rocha y de Castillos. Frecuencia de monitoreo y responsabilidades en cuanto a tareas de laboratorio.

MUESTREO MATRIZ: TEJIDOS				
Lugar de Monitoreo	Puntos	Institución responsable análisis	Variables a analizar por institución	Frecuencia
Lagunas Rocha, Castillos	Laguna de Rocha: R1, R2, R3 Laguna de Castillos: C1, C2, C3, C4	DINARA	Cadmio, Mercurio, Plomo	Anual (a definir por DINARA)

3 Resultados

3.1 Cuenca de la Laguna de José Ignacio

3.1.1 Calidad del agua

La barra de José Ignacio estuvo abierta el 61.1 % del año durante 2019. La laguna estuvo conectada con el mar entre enero y marzo de 2019, durante parte de abril, entre mayo y agosto y en el mes de octubre (Figura 6). La barra de José Ignacio no fue intervenida artificialmente en 2019.

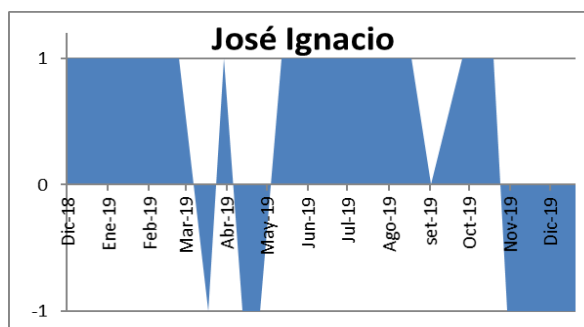


Figura 6. Régimen de barras en la Laguna José Ignacio en 2019 (1=abierto y -1=cerrada). Nota: cada mes tiene observaciones de frecuencia quincenal. Monitoreo DINARA (MGAP)

Considerando los monitoreos mensuales (DINARA – MGAP) el valor medio de la temperatura fue 18,24°C (rango 10,8-29,2; DS=5,17) y la salinidad fluctuó entre 28 UPS y 10.8 UPS en la Barra de José Ignacio (Figura 7).

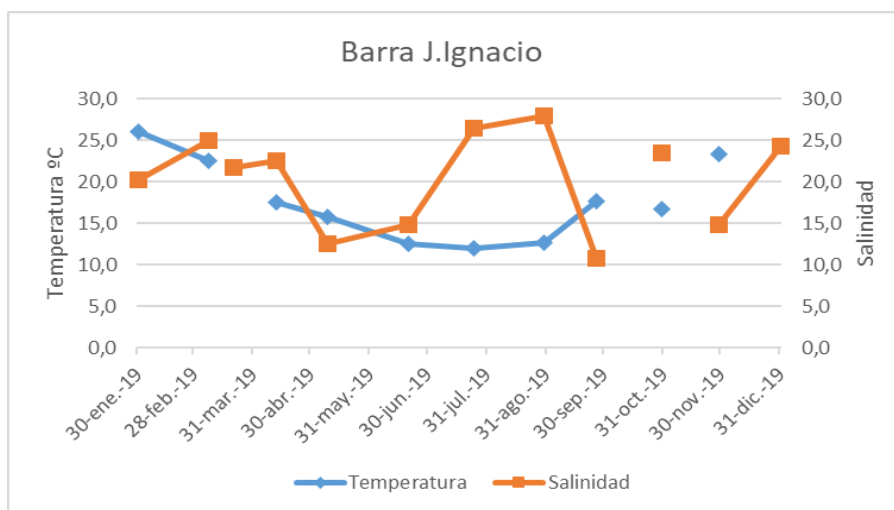


Figura 7. Variación de temperatura y salinidad mensual, durante el año 2019, en la Barra de José Ignacio. Monitoreo mensual DINARA (MGAP).

La temperatura del agua en la laguna de José Ignacio varió entre 9.9 y 19.8 °C, con un promedio para toda la laguna de 16.1 ± 4.1 °C (Figura 8A), presentando un claro patrón estacional donde se registran los máximos en verano y primavera y los mínimos en invierno. El pH (Figura 8B) presentó un rango de variación entre 7.7 y 8.8, con un valor promedio de 8.2 ± 0.4 , registrándose todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79, salvo en otoño que superan levemente el límite.

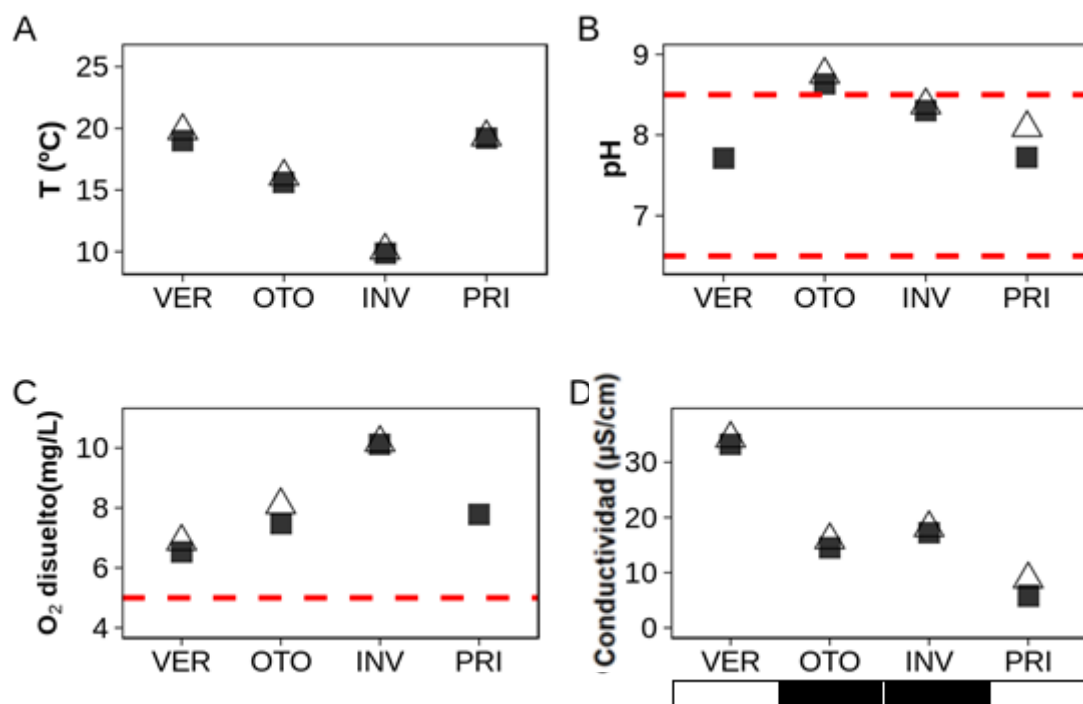


Figura 8. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), oxígeno disuelto (C) y la conductividad (D) de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta el estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro). La línea roja entrecortada indica los valores límite de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) y oxígeno disuelto (5 mg O₂/L) del Decreto 253/79.

Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 6.5 y 10.2 mg O₂/L, con un promedio para toda la laguna de 8.2 ± 1.5 mg O₂/L, siguiendo un patrón inverso al de la temperatura del agua (Figura 8C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio fue de 86.9%.

La conductividad presentó valores entre 5.8 y 34.3 μS/cm, observándose los máximos valores en verano y un descenso de la conductividad hacia la primavera. El promedio de conductividad para el período fue de 18.5 ± 10.3 μS/cm (Figura 8D). La conductividad no mostró diferencias entre zonas de la laguna. La barra estuvo abierta en verano cuando se registró el valor máximo de conductividad y en primavera

cuando se observó su valor mínimo, posiblemente indicando un evento de descarga de agua hacia el mar luego de la acumulación de precipitaciones.

La **turbidez** presentó valores entre 0 y 14.6 UNT, con un promedio para toda la laguna de 6.7 ± 5.7 UNT (Figura 9A). En ningún caso se superó el límite establecido en el Decreto 253/79 (máx. 50 UNT).

Los **sólidos suspendidos totales (SST)** variaron entre 6.5 y 20.2 mg/L, siguiendo un patrón similar al de turbidez (Figura 9B). El promedio durante el período de estudio fue de 13.7 ± 4.9 mg/L.

La **materia orgánica** de los sólidos en suspensión (MOSS) fluctuó entre 1.6 y 5.0 mg/L, siguiendo el perfil de los sólidos en suspensión (Figura 9C). El promedio para el período estudiado fue de 3.2 ± 1.1 mg/L. Para las tres variables se observaron valores algo mayores en norte respecto al sur en los muestreos de otoño y primavera.

La concentración de **amonio (NH_4)** varió entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $262.0 \mu\text{g N/L}$, con un promedio de $66.9 \pm 83.7 \mu\text{g N/L}$. El valor máximo se observó en otoño en la zona norte (Figura 10A). Por otro lado, la concentración de **nitrito (NO_2)** varió entre valores menores al límite de detección ($<1 \mu\text{g N/L}$) y $3 \mu\text{g N/L}$, siendo el máximo en otoño en la zona norte (Figura 10B). El promedio para la laguna en el período de estudio fue de $1.5 \pm 0.9 \mu\text{g N/L}$. La concentración de **nitrato (NO_3)** fluctuó entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $152.7 \mu\text{g N/L}$, con un promedio para toda la laguna de $36.8 \pm 50.6 \mu\text{g N/L}$ (Figura 10C).

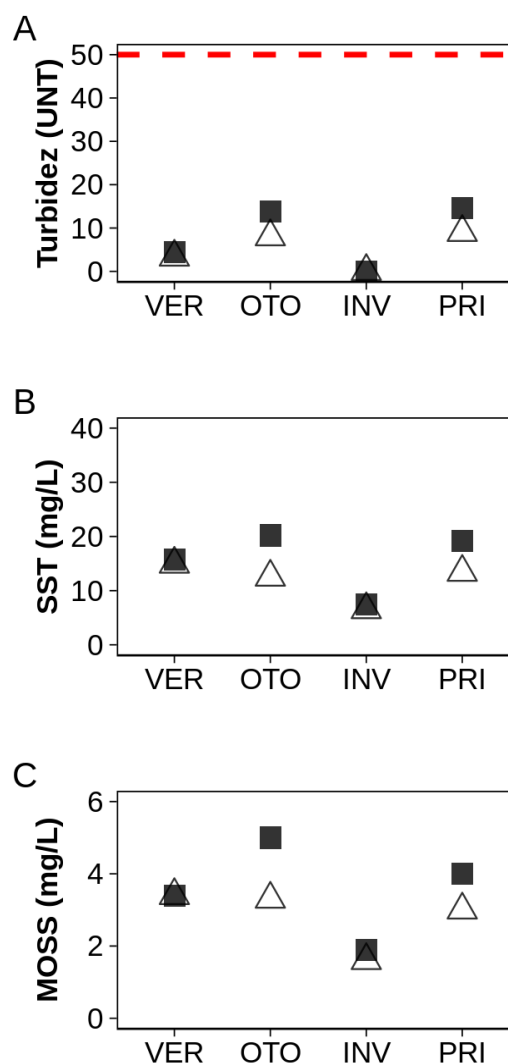


Figura 9. Variación espacial y estacional de turbidez (A), sólidos en suspensión (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), Sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el valor límite establecido (50 UNT) por el Decreto 253/79.

Los valores máximos se registraron en primavera, fundamentalmente en el norte. La concentración de nitrógeno total (NT) varió en el rango entre 169.0 y 721.0 $\mu\text{g N/L}$, con un promedio para toda la laguna de $433.9 \pm 215.3 \mu\text{g N/L}$. El valor máximo se registró en verano, en el norte y en primavera en el sur, superando en tres ocasiones el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua ($500 \mu\text{g N/L}$) (Figura 10Figura 10D).

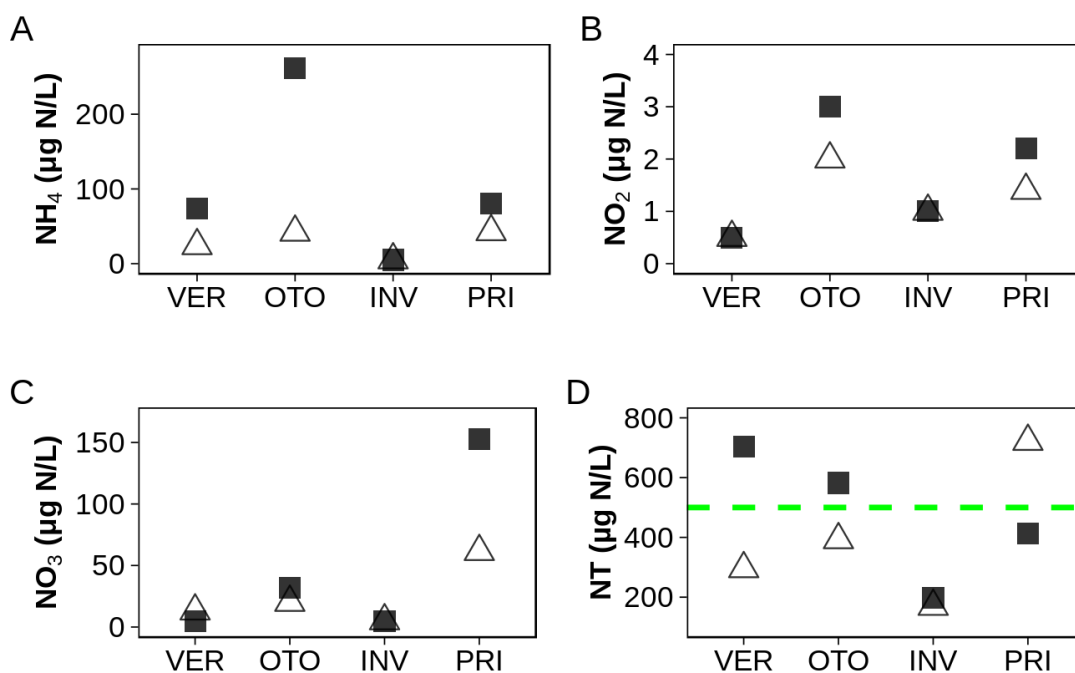


Figura 10. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

La concentración de ortofosfato (PO_4) varió entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g P/L}$) y $42.4 \mu\text{g P/L}$, con valores máximos en verano en la zona sur. El promedio para toda la laguna fue de $18.0 \pm 13.3 \mu\text{g P/L}$ (Figura 11Figura 11A). La concentración de fósforo total (PT) (Figura 11B) varió entre 21.3 y $103.9 \mu\text{g P/L}$, con un promedio de $58.2 \pm 29.8 \mu\text{g P/L}$. Los valores máximos se registraron en verano, tanto en el norte como en el sur de la laguna, presentando un perfil similar al de ortofosfato.

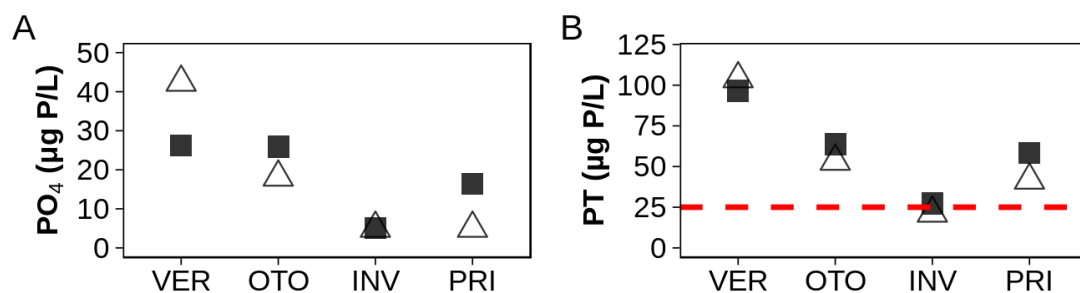


Figura 11. Variación espacial y estacional de ortofosfato (A) y fósforo total (B) de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el límite establecido para el fósforo total según el Decreto 253/79.

La biomasa fitoplanctónica, estimada a través de la concentración de clorofila-a (Clo-a) fluctuó entre 1.2 y 4.9 µg/L, con un promedio para toda la laguna en el período estudiado de 2.8 ± 1.4 µg/L (Figura 12). Los valores máximos se observaron en otoño en los dos sitios.

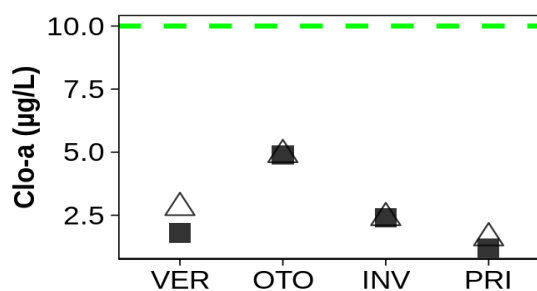


Figura 12. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua (≤ 10 µg/L).

Los coliformes termotolerantes presentaron valores de concentración de entre <2 y 320 UFC/100 ml (Tabla 10). El máximo se observó en el muestreo de primavera, en la zona sur. Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 10. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de la Laguna José Ignacio registrados para el 2019 para las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Sur
Verano	<5	<5
Otoño	180	120
Invierno	2	<2
Primavera	28	320

3.1.2 Calidad de los sedimentos

La concentración de materia orgánica del sedimento (MO sed) osciló entre 51.4 y 86.0 mg/g de peso seco (PS). El promedio para la laguna y durante el período de estudio fue de 67.8 ± 13.8 mg/g PS (Figura 13A). La concentración de nitrógeno total del sedimento (NT sed) fluctuó entre valores menores al límite de detección analítica (<50 $\mu\text{g N/L}$) en verano y 171.1 $\mu\text{g N/g PS}$, concentración registrada en otoño (Figura 13B). El promedio de toda la laguna fue de 93.4 ± 58.8 $\mu\text{g N/g PS}$. La concentración de fósforo total del sedimento (PT sed) presentó un rango de variación de entre 116.0 y 261.4 $\mu\text{g P/g de PS}$. Los valores máximos se observaron en primavera. El promedio del período de estudio fue de 183.0 ± 51.5 $\mu\text{g P/g de PS}$ (Figura 13C).

La biomasa de fitobentos estimada como la concentración de clorofila-a (Figura 13D) en el sedimento (Clo-a sed) presentó un rango de valores entre 17.1 y 62.2 $\mu\text{g/g PS}$. La concentración permaneció en valores similares a lo largo del período, con un leve descenso en invierno en la zona norte. El valor promedio para toda la laguna fue de 46.1 ± 13.9 $\mu\text{g/g PS}$. En general para estas cuatro variables no se observaron grandes diferencias entre sitios.

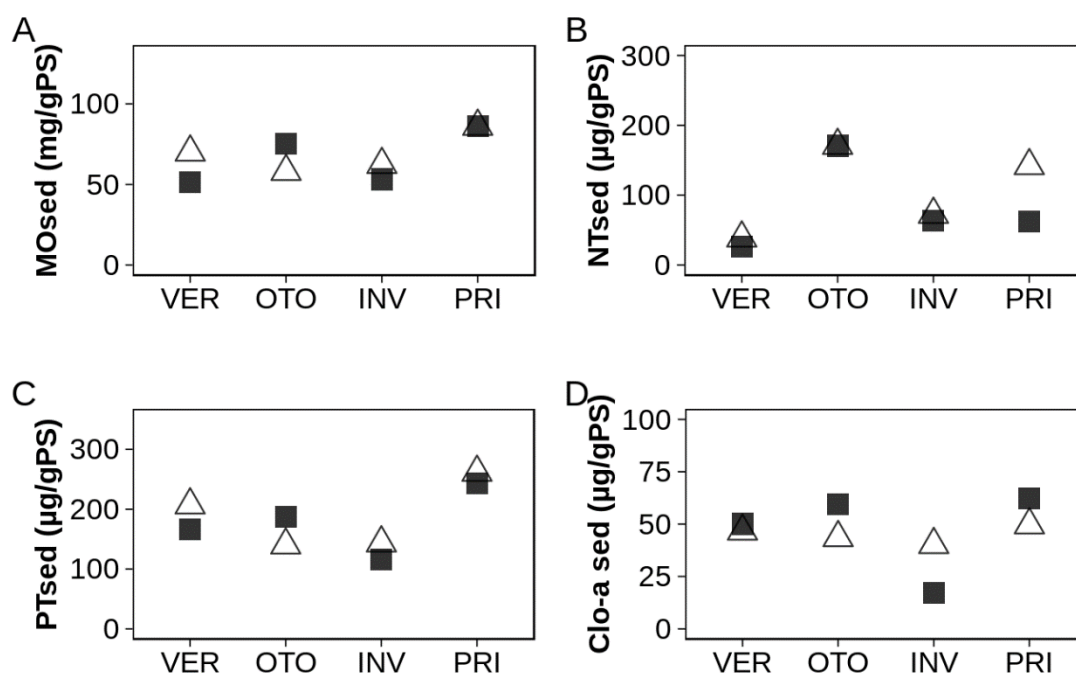


Figura 13. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo).

Metales y Agroquímicos

Respecto a los metales analizados (Tabla 11), 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 11), a excepción del glifosato, estuvieron por debajo de los límites analíticos. Sin embargo, aquellas concentraciones cuantificables de glifosato no pudieron ser evaluadas debido a que no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para este parámetro.

Tabla 11. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de José Ignacio en el 2019. NA: no aplica; el (-): no corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Verano 2019				Primavera 2019			
	JI 1	JI 2	LD	LC	JI 1	JI 2	LD	LC
As mg/Kg	<10	<10	-	-	5	<15		
Cd mg/Kg	<LC	<LC	0.2	1	<LD	<LD	0.2	1
Cu mg/Kg	8.5	8	0.4	2	<LC	2.2	0.4	2
Cr mg/Kg	7.7	7.5	1	3	12	9.5	1	3
Hg mg/Kg	0.023	<LC	0.004	0.02	0.058	0.068	0.004	0.02
Pb mg/Kg	<LC	<LC	2	7	<LC	<LC	0.002	0.007
Glifosato mg/Kg	0.65	0.29	0.09	0.23	<LD	<LD	0.14	0.34
Aldrin µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Dieldrin µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Endrin µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
p,p'DDD µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
p,p'DDE µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
p,p'DDT µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
o,p DDD µg/g	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
o,p DDE µg/g	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
o,p DDT µg/g	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
EndosulfanAlfa µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	<LD	<LD	0.05	-
EndosulfanBeta µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	<LD	<LD	0.05	-
Endosulfansulfato µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	<LD	<LD	0.05	-
Heptacloro µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Metoxicloro µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Cipermetrina µg/Kg	<LD	<LD	0.2	-	<LC	0.18	-	0.15
Atrazina µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	-	-	-	-
Clorpirifos µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	<LD	<LD	0.05	-
Malation µg/Kg	<LD	<LD	0.1	-	<LD	<LD	0.05	-
Fecha	07/02/2019				13/11/2019			

Por último, los compuestos bifenilos policlorados (PCB) indicadores y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), fueron analizados únicamente en el verano del 2019 (Tabla 12). Los PCB's presentaron concentraciones por debajo del límite de detección analítico (LD: 0.1 µg/kg) y los PAH's si bien presentaron valores cuantificables, ninguno superó los estándares establecidos.

Tabla 12. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en verano 2019. 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	Verano 2019				Primavera 2019				Estándar GESTA-AGUA
	JI 1	JI 2	34.6	LC	JI 1	JI 2	LD	LC	
PCB28 µg/Kg	<LD	<LD	5.87	-	-	-	-	-	-
PCB52 µg/Kg	<LD	<LD	-	-	-	-	-	-	-
PCB101 µg/Kg	<LD	<LD	21.2	-	-	-	-	-	-
PCB138 µg/Kg	<LD	<LD	41.9	-	-	-	-	-	-
PCB153 µg/Kg	<LD	<LD	46.9	-	-	-	-	-	-
PCB180 µg/Kg	<LD	<LD	111	-	-	-	-	-	-
Naftaleno µg/Kg	7	5	53	-	-	-	-	-	34.6
Acenaphthileno µg/Kg	1	1	31.7	-	-	-	-	-	5.87
Acenaftaleno µg/Kg	1	1	57.1	-	-	-	-	-	-
Fluoreno µg/Kg	2	2	-	-	-	-	-	-	21.2
Fenantreno µg/Kg	6	5	-	-	-	-	-	-	41.9
Antraceno µg/Kg	2	2	31.9	-	-	-	-	-	46.9
Fluorantreno µg/Kg	6	6	-	-	-	-	-	-	111
Pireno µg/Kg	4	4	6.22	-	-	-	-	-	53
Benzo(a)antraceno µg/Kg	2	2	-	-	-	-	-	-	31.7
Criseno µg/Kg	1	1	*22800	-	-	-	-	-	57.1
Benzo(b)fluoranteno µg/Kg	4	3	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranteno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pireno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno µg/Kg	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Dibenz(a,h)antraceno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	6.22
Benzo(ghi)pireleno µg/Kg	3	2	1	-	-	-	-	-	-
PAHs Totales µg/Kg	44	39	1	-	-	-	-	-	*22800

3.1.3 Parámetros biológicos

Fitoplancton

Se registraron 31 taxa de fitoplancton pertenecientes a 4 clases; BACILLARIOPHYCEAE (22), CYANOPHYCEAE (3), DINOPHYCEAE (5) y ZYGNETOPHYCEAE (1), y la abundancia estuvo determinada principalmente por tres de ellas (diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias) para las que se muestran gráficos. La abundancia de fitoplancton en general fue mayor en el punto sur que en el norte de la laguna y fue máxima en primavera alcanzando 1045 org/L y mínima en otoño (30 org/L) (Figura 14A). La alta abundancia se debió principalmente a diatomeas, que fueron el grupo dominante durante la mayor parte del año, presentando el máximo valor también en primavera en el punto sur (1019 org/L) (Figura 14B). En verano se presentó un segundo aumento, también en el punto sur, pero en este caso con igual contribución de diatomeas y de dinoflagelados, los cuales presentaron su valor máximo en verano y en el

sur (409 org/L) (Figura 14D) debido principalmente a la especie marina *Tripos muelleri*. La abundancia de diatomeas en verano se debió también a especies marinas, como *Chaetoceros decipiens*, *Ditylum brightwelli* y *Pseudonitzschia c. seriata*. Se observaron cianobacterias en muy baja abundancia en primavera (27 org/L) y verano (9 org/L), y en mayor abundancia solo en la estación sur (Figura 14C).

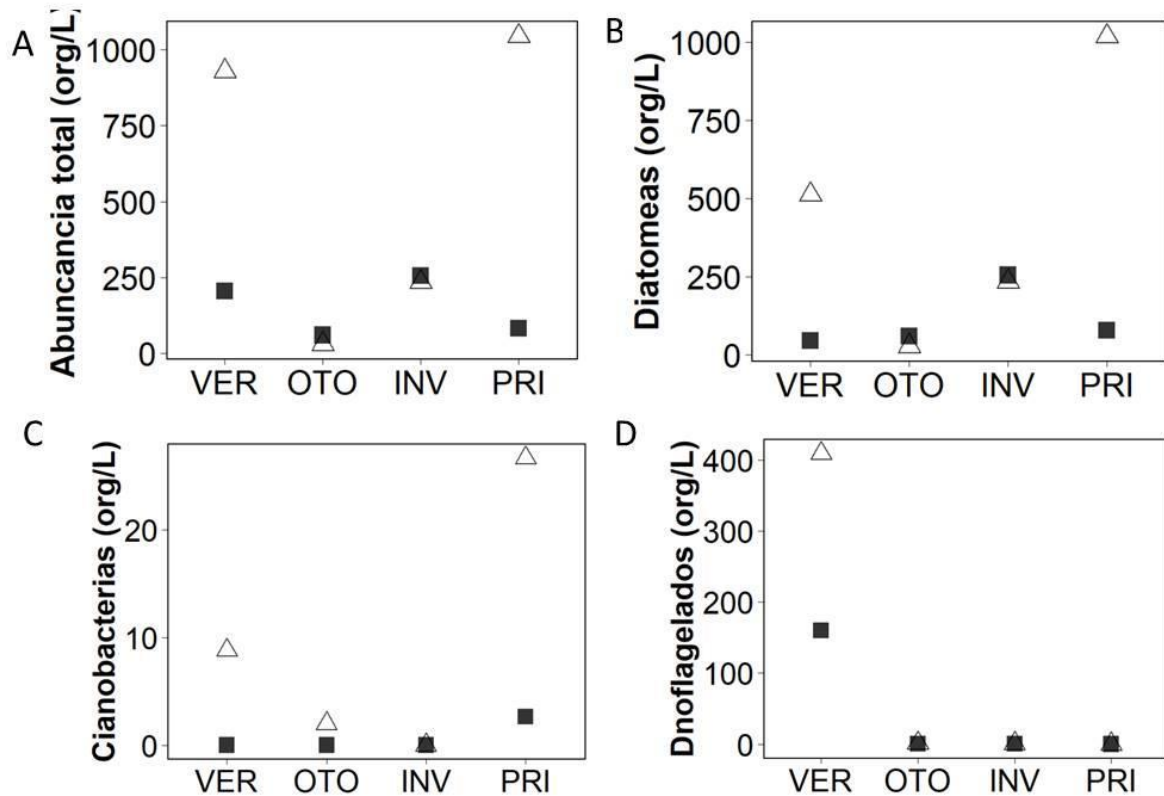


Figura 14. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton (A), abundancia diatomeas (B), abundancia de cianobacterias (C) y abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo).

Comunidad bentónica

En la Laguna José Ignacio se identificaron 9 taxa, de los cuales 8 fueron clasificados a nivel de especies y uno a nivel de género (Figura 16, Tabla 13, Anexo 2). La zona norte de la laguna fue la que presentó a lo largo de todo el año tanto la mayor riqueza específica como las mayores abundancias de ejemplares por m² (Figura 15). La clase más abundante, independientemente de la estación del año fueron los Polychaeta (Figura 15). La especie dominante de la comunidad bentónica varió a lo largo del año, siendo *Amphibalanus improvisus* la más abundante en verano (41.4% de los individuos analizados), *Nephtys fluviatilis* en otoño y primavera (87.2% y 69.0% respectivamente), y *Heteromastus cf. similis* en invierno (70.8%) (Anexo 2).

Tabla 13. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna José Ignacio durante 2019.

Phylum	Clase	Superfamilia	Familia	Género	Especie
Mollusca	Gastropoda		Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>Australis</i>
	Bivalvia		Erodonidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>
			Pharidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus</i> aff. <i>Plebeius</i>
Annelida	Polychaeta		Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Heteromastus</i> cf. <i>Similis</i>
			Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>Laeonereis pandoensis</i>
Arthropoda	Ostracoda		Cyprididae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>
	Malacostraca		Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus angulatus</i>

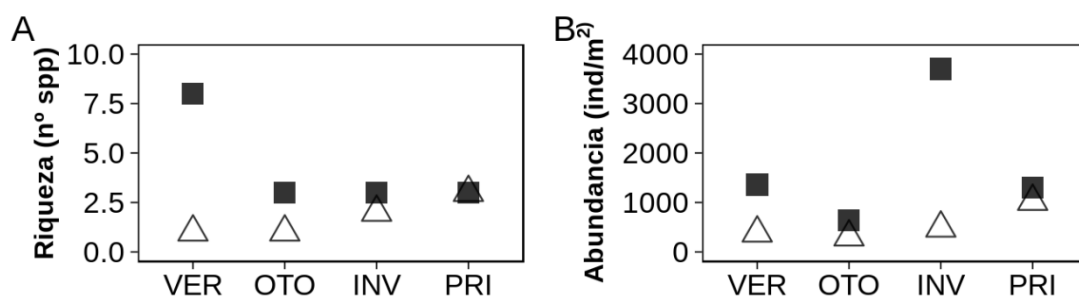


Figura 15. Riqueza específica (A) y Abundancia total del bentos (ind. / m²) (B) a lo largo del año para la Laguna de José Ignacio: norte (cuadrado), sur (triángulo).

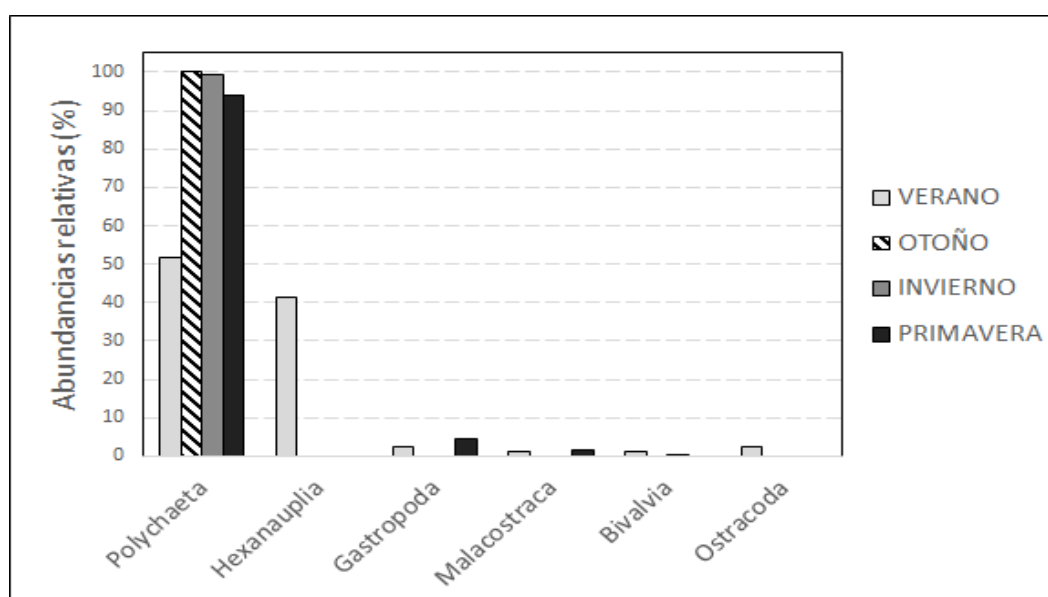


Figura 16. Abundancia relativa de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna José Ignacio, considerando las cuatro estaciones del año.

Misidáceos e ictioplancton

El muestreo de estos grupos biológicos se realizó únicamente en la zona sur, excepto en primavera que se realizó también en el norte. La abundancia de misidáceos fue muy baja o casi nula, siendo registrados únicamente en primavera en la zona sur con una abundancia de 7 ind./100m³ (Figura 17A). La mayor abundancia de ictioplancton se registró en verano en la zona sur (53 ind./100m³). También se registró ictioplancton en primavera con una abundancia de 7 ind./100m³ (Figura 17B). En ambos sitios predominaron los huevos con respecto a las larvas. No se registraron huevos ni larvas de peces en otoño e invierno (Figura 17B). La ocurrencia de misidáceos y de ictioplancton coincidió con períodos de barra abierta (gráfico de bandas).

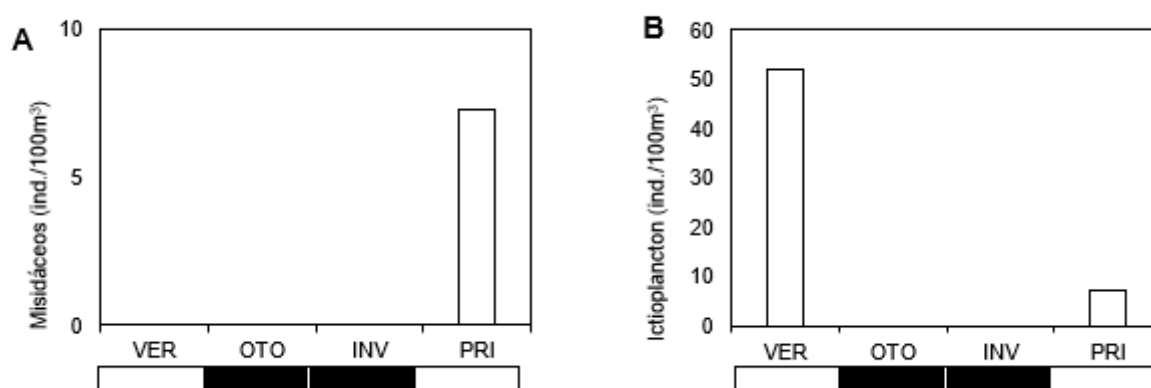


Figura 17. Abundancia en ind. /100m³ de A) misidáceos y B) ictioplancton en Laguna José Ignacio en el año 2019. Zona sur (blanco). Estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro). Los muestreos en la zona norte comenzaron a partir de primavera.

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

El 21 de marzo y 12 de abril de 2019 se realizaron dos muestreos de desembarque correspondientes a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 213 camarones, de los cuales 117 fueron machos (largo Cefalotórax medio (LCT): 37,75 mm) y 96 hembras (LCT medio: 39,75 mm), presentando las hembras mayor LCT que los machos (Tabla 14, Figura 18). La distribución de tallas presentó una única moda en torno a los 39 mm y 41 mm LCT para machos y hembras respectivamente (Figura 18). En la Tabla 15 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para camarón en la Laguna de José Ignacio en otoño de 2019.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (*Penaeus paulensis*) discriminados por sexo, para la estación de otoño de 2019 en la Laguna de José Ignacio. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	N	LCT (mm)		Peso (g)	
			Min-Max	Media \pm DS	Min-Max	Media \pm DS
Otoño	Machos	117	31,2-43,7	37,75 \pm 2,87	6,18-19,53	10,16 \pm 2,19
	Hembras	96	27,7-48,8	39,75 \pm 4,1	5,15-19,39	11,65 \pm 3,4

Tabla 15. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (*Penaeus paulensis*) de Laguna de José Ignacio en otoño de 2019. 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), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm} .

n	Rango LCT (mm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W_{rm} promedio \pm DS	a_m	b_m
			a	IC95%(a)	b	IC95%(b)	r^2	F	p-valor			
207	27,7-48,7	5,2-19,4	0,0007	0,0005-0,0009	2,65	2,57-2,74	0,95	3661	$2,2 \times 10^{-16}$	100,3 \pm 6,3	0,0004	2,81

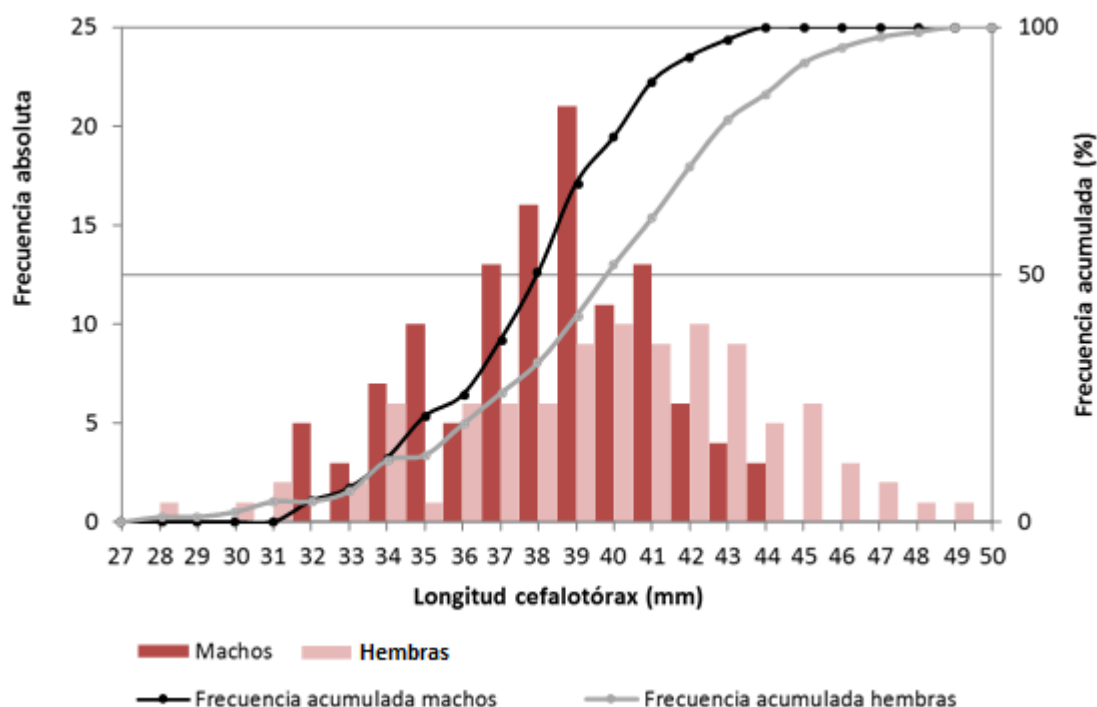


Figura 18. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de José Ignacio.

3.1.4 Calidad de agua: Tributarios Laguna José Ignacio

Los tributarios de la Laguna de José Ignacio presentaron valores de **temperatura** similares. Ambos registraron un marcado patrón estacional con los valores mínimos en invierno y los máximos en primavera (Figura 19). En este monitoreo no se cuenta con datos de verano.

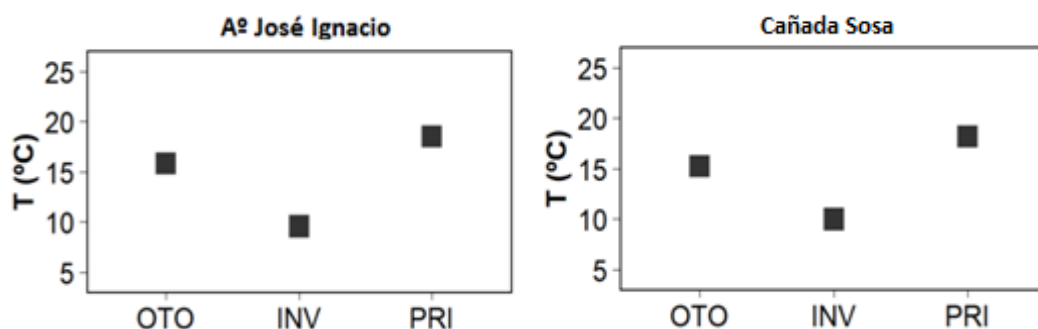


Figura 19. Variación estacional (2019) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna José Ignacio: Aº José Ignacio (estación JI3), Cda Sosa (estaciones: JI4).

Por otro lado, los valores de temperatura registrada de forma mensual por los monitoreos de DINARA estuvieron comprendidos entre 29.2 y 10.8 °C en la cañada Sosa, y entre 26.5 y 12.8 °C en el arroyo José Ignacio (Figura 20). Por otro lado, los valores de salinidad fluctuaron entre 16.4 y 0.1 °C en la Cañada Sosa y en el arroyo José Ignacio fueron iguales o menores a 0.1 °C (Figura 20).

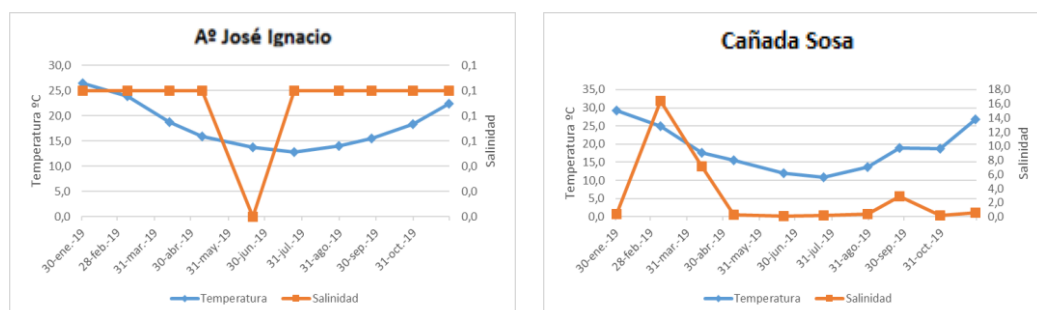


Figura 20. Variación mensual de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la Laguna José Ignacio (en los sitios Barra de José Ignacio, Cañada Sosa y Aº José Ignacio).

Los valores de **pH** de los tributarios se mantuvieron dentro del estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5) (Figura 21). Los valores de oxígeno disuelto cumplieron con el estándar de la normativa (≥ 5.0 mg/L) (Figura 22). Las concentraciones mínimas para el arroyo José Ignacio y para la cañada Sosa (7.36 mg/L y 5.82 mg/L, respectivamente) se registraron en primavera.

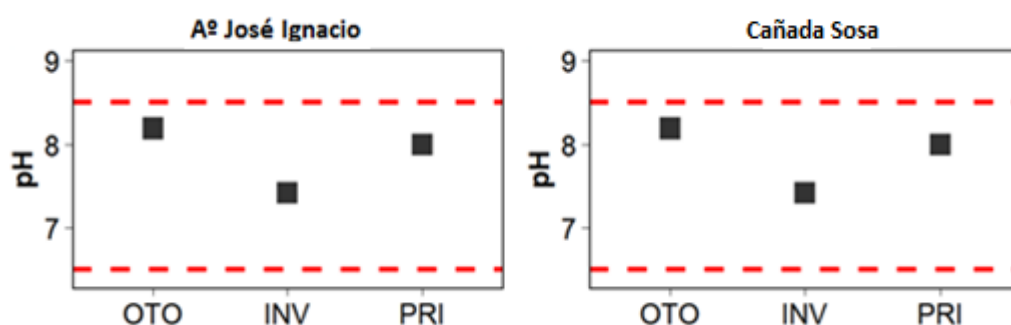


Figura 21. Variación estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna José Ignacio: Aº José Ignacio (estación JI3), Cda Sosa (estaciones: JI4). La línea roja entrecortada indica los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) según el Decreto 253/79

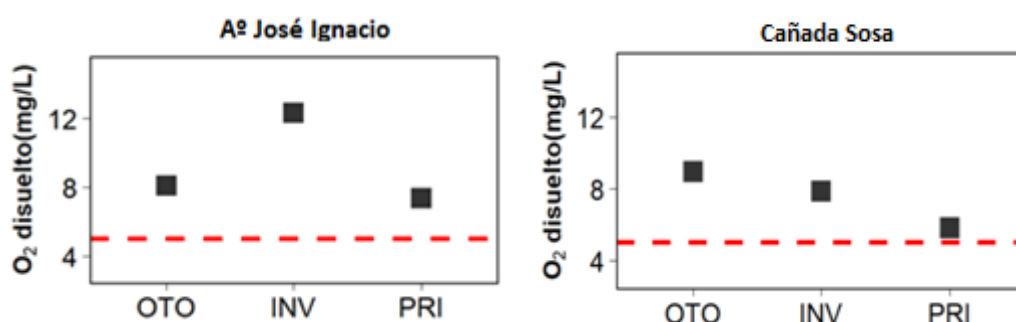


Figura 22. Variación estacional (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José Ignacio (estación JI3), Cda Sosa (estación: JI4). La línea roja entrecortada indica el estándar (≥ 5 mg O₂/L) según el Decreto 253/79

Respecto a la **conductividad** la cañada Sosa presentó siempre valores más elevados que el arroyo José Ignacio. El máximo de conductividad (666 μ S/cm) se registró en la estación JI4 en invierno 2019 y el mínimo (88 μ S/cm) se registró en primavera en la estación JI3 (Figura 23).

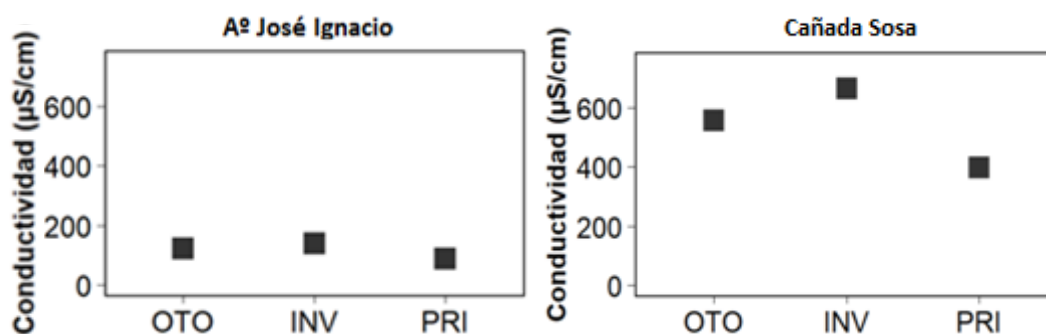


Figura 23. Variación estacional (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4).

La **turbidez** presentó valores entre 24.3 NTU (Arroyo José Ignacio; JI3) y 7.3 NTU (cañada Sosa; JI4), registrándose el mínimo en invierno, y el máximo en primavera. Durante todo el período los valores registrados se mantuvieron dentro del estándar contenido en la normativa ambiental nacional (50.0 NTU) (Figura 24).

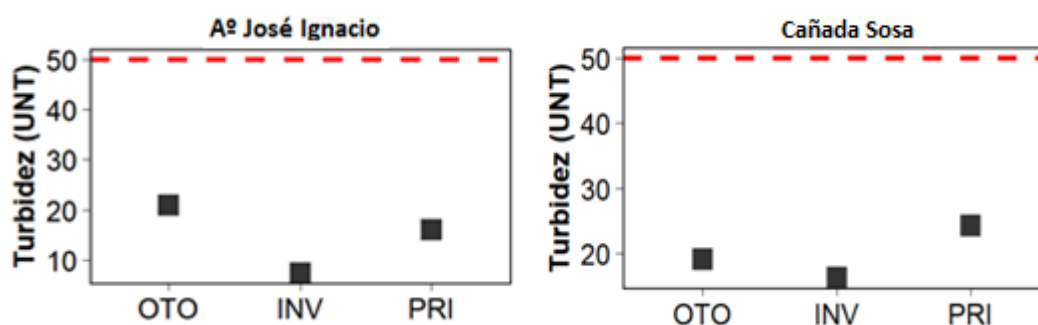


Figura 24. Variación estacional (2019) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José Ignacio (estación J3) y Cda Sosa (estación: JI4).

Respecto a los nutrientes nitrogenados ambos tributarios presentaron los mismos patrones para **amonio**, **nitrito** y **nitrato**, observándose valores de concentraciones similares de amonio y nitrito. Sin embargo, esto no sucedió para el nitrato (Figura 25 a Figura 27), donde la cañada Sosa registró las mayores concentraciones entre 165 µg N/L y 229 µg N/L. Los máximos de amonio (62 µg N/L) y nitrato (229 µg N/L) se registraron en la cañada Sosa (J4), en el otoño. El máximo de nitrito (4.0 µg N/L) se registró también en la cañada Sosa, pero en primavera (Figura 26).

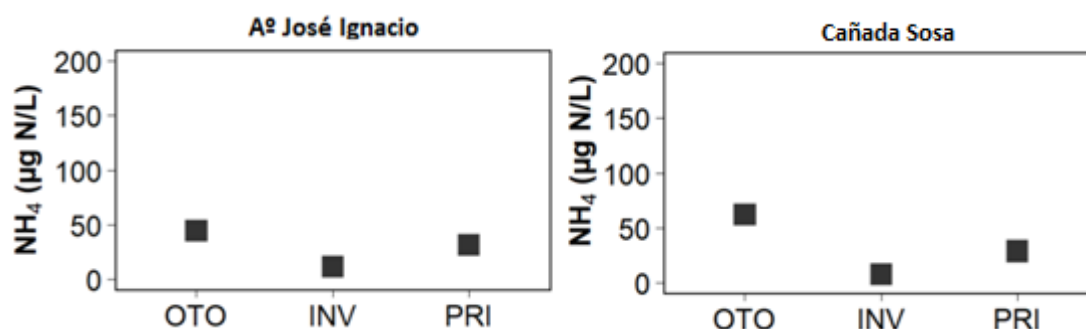


Figura 26. Variación estacional (2019) de la concentración de amonio (NH_4) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4).

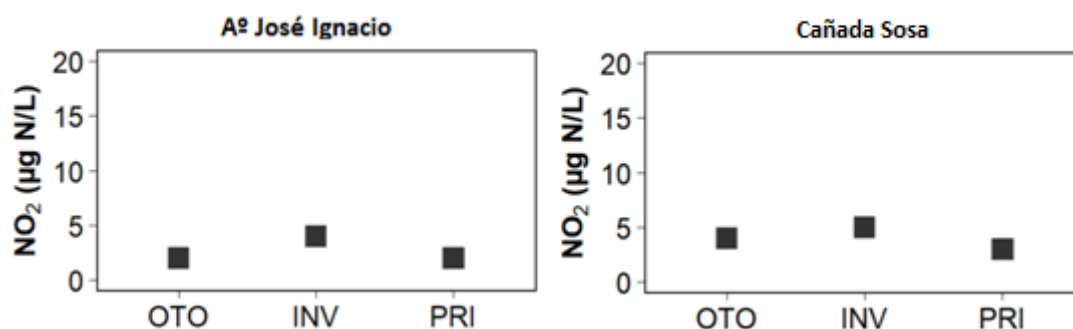


Figura 25. Variación estacional (2019) de la concentración de nitrito (NO_2) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4).

El NO_3 presentó un rango de concentración considerando ambos tributarios entre $59 \mu\text{g N/L}$ y $229 \mu\text{g N/L}$ (Figura 27), y todos los valores cumplieron con el estándar del Decreto 253/79 ($\leq 10.0 \text{ mg de NO}_3$).

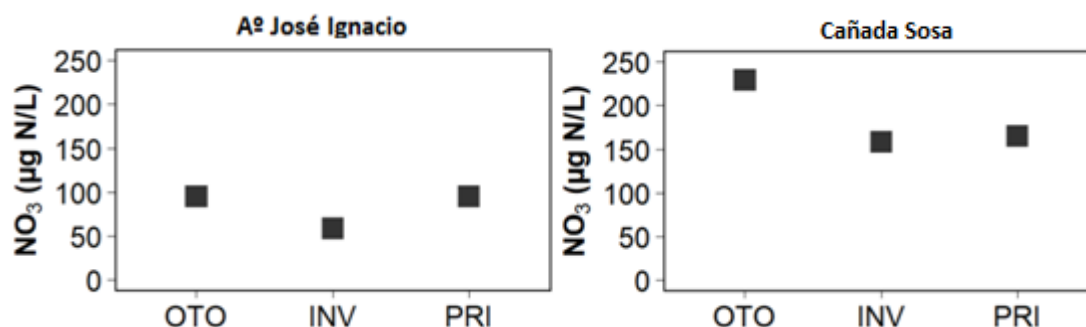


Figura 27. Variación estacional (2019) de la concentración de nitrato (NO_3) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4).

Los valores máximos de nitrógeno total tanto para el arroyo José Ignacio ($1421 \mu\text{g N/L}$) como para la cañada Sosa ($1301 \mu\text{g N/L}$) se registraron en otoño (Figura 28). Sin embargo, la cañada Sosa presentó en general las mayores concentraciones, excediendo siempre el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua ($500 \mu\text{g N/L}$).

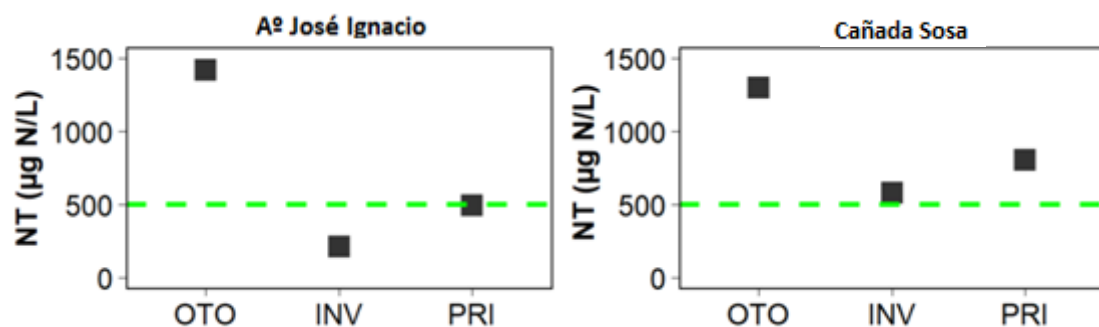


Figura 28. Variación estacional (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4). Las líneas verdes entrecortadas corresponden al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT= 0.5 mg N/L).

El **fosfato (PO_4)** presentó un rango de valores considerando ambos tributarios entre 15.2 $\mu\text{g P/L}$ (J3) y 142 $\mu\text{g P/L}$ (J4), registrándose las mayores concentraciones en la cañada Sosa (Figura 29). El **Fósforo Total (PT)** mostró un rango de concentración de entre 19.2 $\mu\text{g P/L}$ (J3) y 192 $\mu\text{g P/L}$ (J4). Al igual que el PO_4 , los valores más altos se observaron en la cañada Sosa en otoño (Figura 30). Todos los registros, salvo el mínimo de fósforo total registrado en el arroyo José Ignacio (J3) en invierno, incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$) (Figura 30Figura 29).

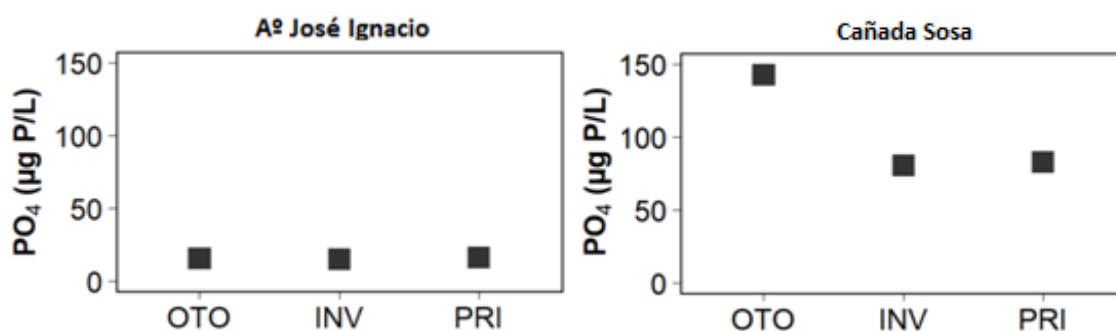


Figura 30. Variación estacional (2019) de la concentración de ortofosfato (PO_4) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4).

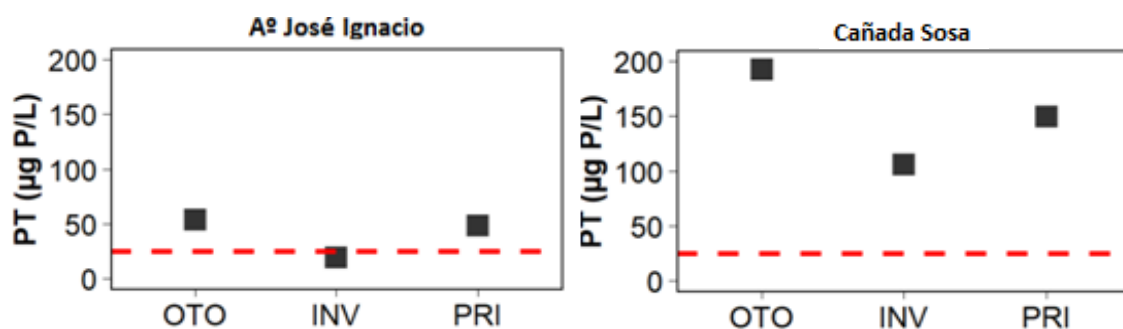


Figura 29. Variación estacional (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José Ignacio (estación J3), Cda Sosa (estación: JI4). Las líneas verdes entrecortadas corresponden al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (PT= 0.5 $\mu\text{g P/L}$).

La clorofila a fluctuó entre 0.5 µg/L y 4.5 µg/L, registrándose el máximo en cañada Sosa (en otoño) y el mínimo en el arroyo José Ignacio (en primavera) (Figura 31). Para este parámetro ningún registro superó el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10 µg/L).

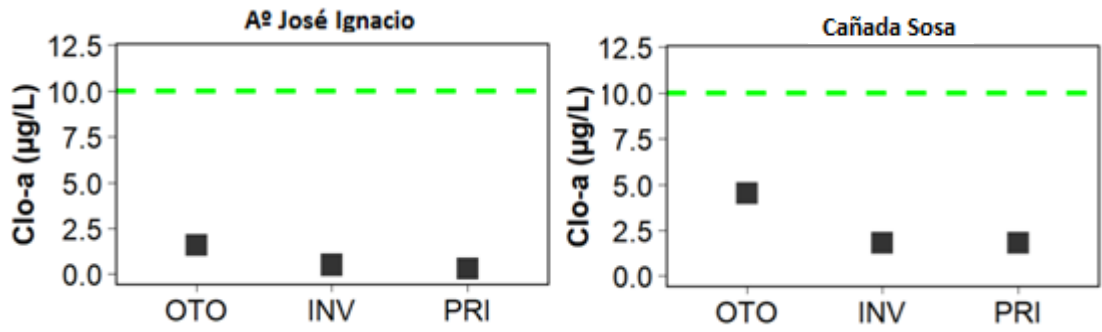


Figura 31. Variación estacional (2019) de la concentración de Clorofila a (Clo a) en los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: Aº José (estación J3), cda Sosa (estación: JI4). Las líneas verdes entrecortadas corresponden al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (Clo a= 10 µg N/L).

Los **coliformes termotolerantes** determinados en ambos tributarios se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales admitido por el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 16 .Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de José Ignacio registrados en 2019 para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Arroyo José Ignacio	Cañada Sosa
2019	Primavera	300	210
	Otoño	140	200
	Invierno	220	340
	Verano	140	60

3.2 Cuenca de la Laguna Garzón

3.2.1 Calidad del agua

Si bien durante los monitoreos trimestrales, la barra arenosa estuvo cerrada, se registraron tres períodos de barra abierta a lo largo del año (datos recabados por los Guardaparques de la Laguna Garzón), debido a aperturas artificiales. El primer período ocurrió durante el verano (15-12-18 hasta 30-1-19), contando con 45 días de barra abierta, el segundo período fue de 54 días y ocurrió desde el 24-5-19 hasta 17-5-19, y el último período se registró desde el 14-9-19 hasta el 1-11-19. La barra de Garzón estuvo abierta el 33.3 % del año durante 2019 (Figura 32).

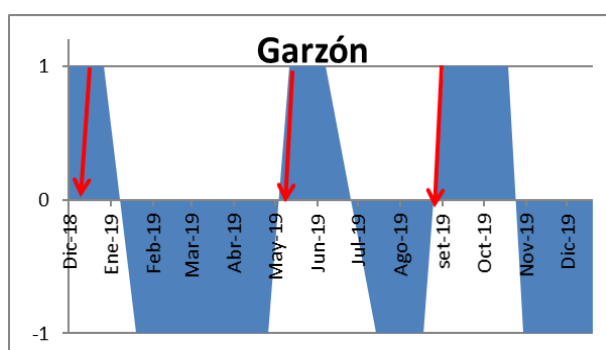


Figura 32. Régimen de barras en la Laguna de Garzón en 2019 (1=abierto y -1=cerrado). La línea roja indica la apertura artificial. Nota: cada mes tiene observaciones de frecuencia quincenal.

La temperatura del agua varió entre 9.7 y 24.7 °C, con un promedio para toda la laguna de 18.1 ± 5.6 °C (Figura 34A), presentando un claro patrón estacional donde se registran los máximos en verano y los mínimos en invierno. El valor medio de la temperatura registrada de forma mensual (monitoreos DINARA) en la Laguna Garzón en 2019 fue muy similar 18,1 °C (rango 12 - 27,3; DS= 4,64), observándose también un claro patrón estacional (Figura 33) Asimismo, en la Barra de Garzón los valores de temperatura estuvieron comprendidos entre 27.3 y 12 °C y la salinidad fluctuó entre 11.6 y 0.8 en Barra de Garzón (Figura 33).

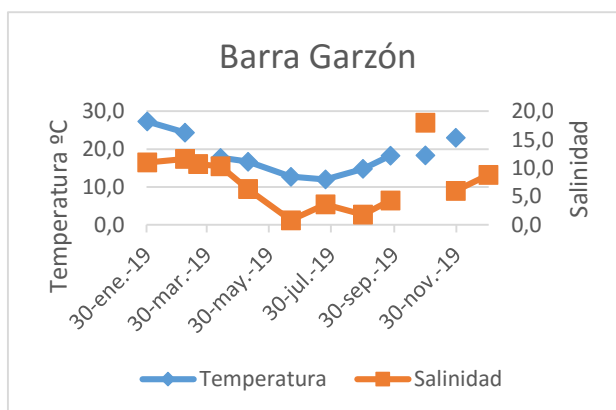


Figura 33. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la laguna de Garzón (en los sitios Barra de Garzón)

El pH (Figura 34B) presentó un rango de variación entre 7.7 y 8.6, con un valor promedio de 8.0 ± 0.3 , registrándose todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79, salvo la zona sur en otoño que lo superó levemente.

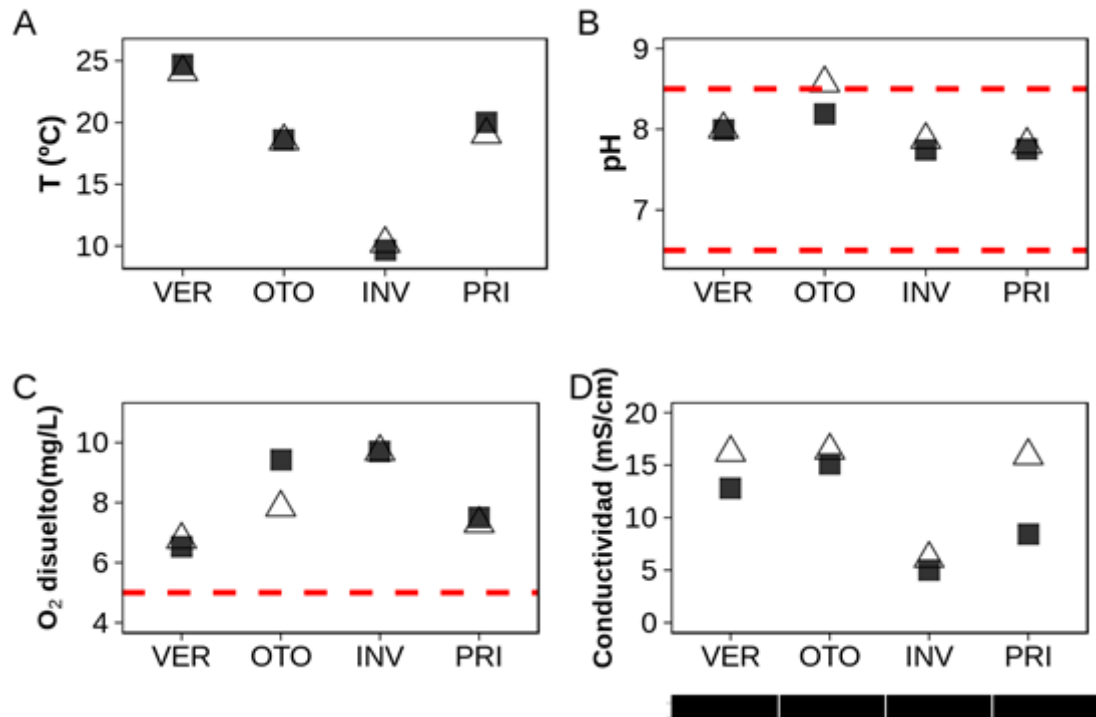


Figura 34. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad (D) de la Laguna Garzón (2019): norte (cuadrado) y sur (Triángulo). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta el estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro). La línea roja entrecortada indica los valores del estándar de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) y el límite inferior admitido para oxígeno disuelto (5 mg/L) del Decreto 253/79.

Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 6.5 y 9.7 mg O₂/L, con un promedio para toda la laguna de 8.1 ± 1.3 mg O₂/L, siguiendo un patrón inverso al de la temperatura del agua (Figura 34C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio fue de 88.9 mg O₂/L. La conductividad presentó valores entre 5.0 y 16.4 mS/cm, observándose los menores valores en invierno y las mayores diferencias de entre el sur y el norte en primavera. El promedio de conductividad para el período fue de 12.0 ± 4.8 mS/cm (Figura 34D).

La turbidez presentó valores entre 0.9 y 23.0 UNT, con un promedio para toda la laguna de 10.8 ± 8.4 UNT (Figura 35A). El máximo de turbidez se registró en otoño, en la zona norte de la laguna. En ningún caso se superó el límite establecido en el Decreto 253/79 (máx. 50 UNT).

Los sólidos suspendidos totales (SST) variaron entre 8.9 y 34.9 mg/L, siguiendo un patrón similar al de turbidez (Figura 35B). El promedio durante el período de estudio fue de 17.4 ± 8.9 mg/L.

La materia orgánica de los sólidos en suspensión (MOSS) fluctuó entre 2.3 y 6.3 mg/L, siguiendo el perfil de los sólidos en suspensión (Figura 35C). El promedio para el período estudiado fue de 3.6 ± 1.3 mg/L.

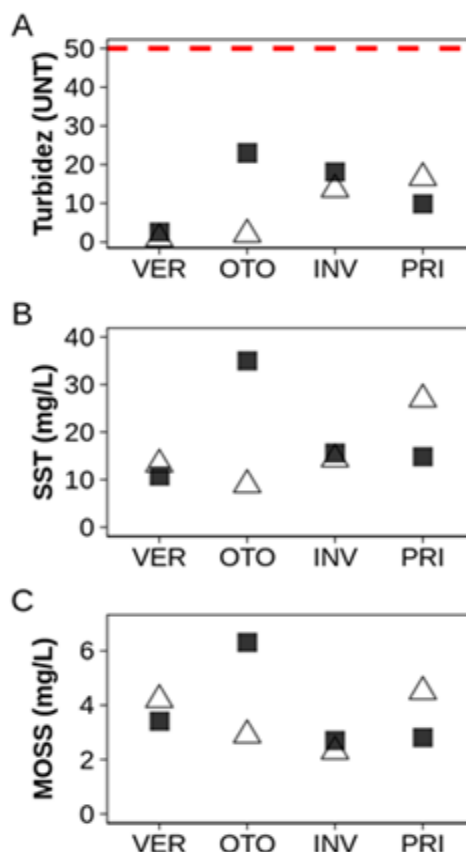


Figura 35. Variación espacial y estacional de Turbidez (A), Sólidos en suspensión (B), y materia orgánica (C) y de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el valor límite (50 UNT) del Decreto 253/79.

La concentración de amonio (NH_4) varió entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $74.0 \mu\text{g N/L}$, con un promedio de $24.2 \pm 25.6 \mu\text{g N/L}$. El valor máximo se observó en otoño en la zona sur (Figura 36A). Por otro lado, la concentración de nitrito (NO_2) varió entre valores menores al límite de detección ($<1 \mu\text{g N/L}$) y $5 \mu\text{g N/L}$, siendo el máximo en invierno (Figura 36B). El promedio para la laguna en el período de estudio fue de $1.8 \pm 1.8 \mu\text{g N/L}$.

La concentración de nitrato (NO_3) fluctuó entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $160.3 \mu\text{g N/L}$, con un promedio para toda la laguna de $28.1 \pm 54.4 \mu\text{g N/L}$ (Figura 36C). Los valores máximos se registraron en primavera, fundamentalmente en el norte. La concentración de nitrógeno total (NT) varió en el rango entre 288.0 y $703.0 \mu\text{g N/L}$, con un promedio para toda la laguna de $446.6 \pm 130.7 \mu\text{g N/L}$. El valor máximo se registró en verano, en el norte, superando el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua ($500 \mu\text{g N/L}$) (Figura 36D).

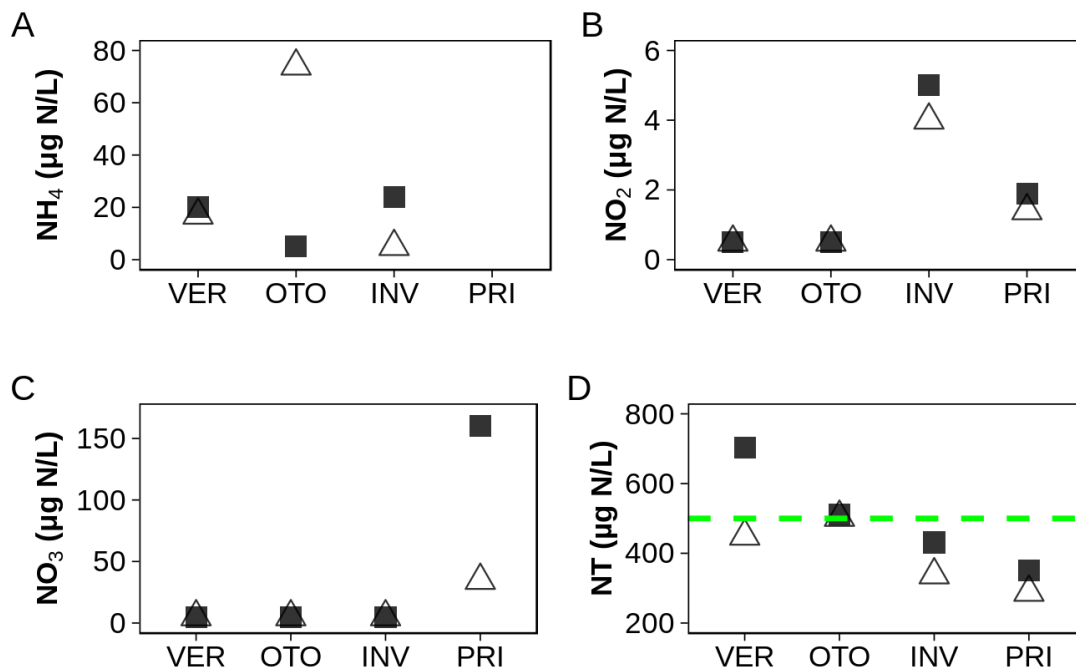


Figura 36. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua (≤ 500 µg/L).

La concentración de ortofosfato (PO_4) varió entre valores menores al límite de detección (<10 µg P/L) y 28.1 µg P/L, con un promedio para toda la laguna de 14.7 ± 8.3 µg P/L (Figura 37A). La concentración de fósforo total (PT) (Figura 36B) varió entre 32.1 y 105.8 µg P/L, con un promedio de 58.9 ± 25.7 µg P/L. Los valores máximos se registraron en verano, tanto en el norte como en el sur de la laguna.

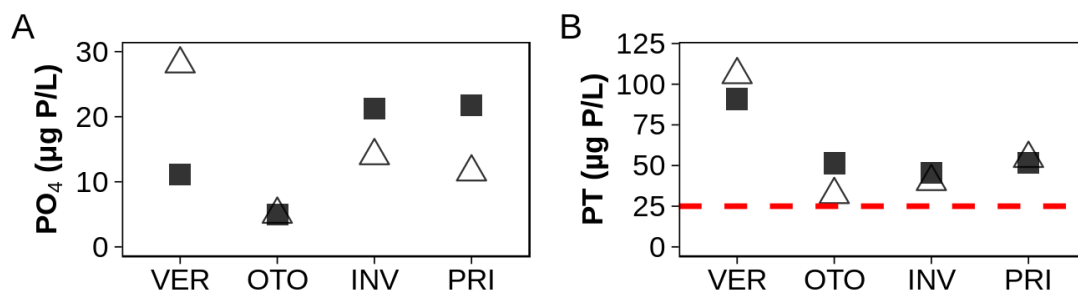


Figura 37. Variación espacial y estacional de ortofosfato (A) y fósforo total (B) de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo).

La biomasa fitoplanctónica, estimada a través de la concentración de clorofila-a (Clo-a) fluctuó entre 1.4 y 6.5 µg/L, con un promedio para toda la laguna en el período estudiado de 3.9 ± 1.6 µg/L (Figura 38).

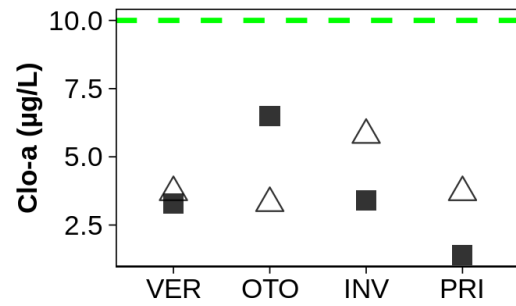


Figura 38. Variación espacial y estacional de clorofila-a de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua (≤ 10 µg/L).

Los coliformes termotolerantes presentaron valores de concentración de entre <5.0 y 180 UFC/100 ml (Tabla 17). El máximo se observó en el muestreo de primavera, en la zona norte. Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 17. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna Garzón registrado para el período de estudio para las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Sur
Verano	<5	<5
Otoño	<5	8
Invierno	6	10
Primavera	180	5

3.2.2 Calidad de los sedimentos

La concentración de materia orgánica del sedimento osciló entre 8.9 y 122.3 mg/g de peso seco (PS). El promedio para la laguna y durante el período de estudio fue de 79.5 ± 49.3 mg/g de PS. En general se observaron los valores máximos en la zona norte, salvo en el muestreo de primavera, en el que no hubo diferencias entre sitios (Figura 39A).

La concentración de nitrógeno total del sedimento (NT sed) fluctuó entre valores menores al límite de detección analítica ($<50 \mu\text{g N/L}$) y $416.1 \mu\text{g N/g PS}$, los máximos alcanzados se registraron en invierno y otoño, siendo en general mayor en el norte (Figura 39B).

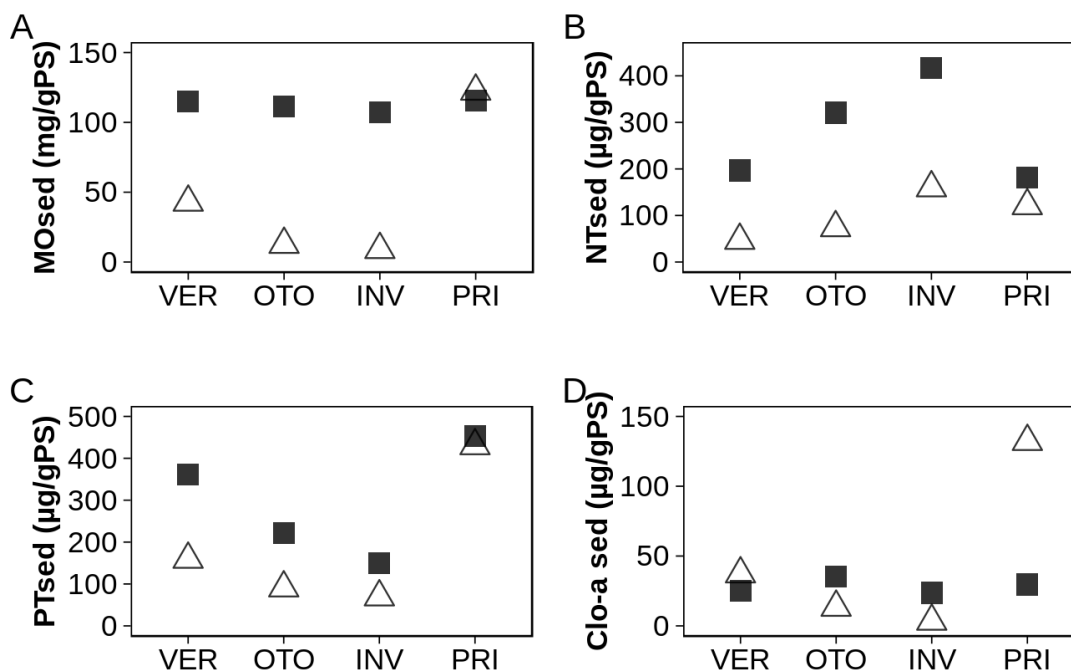


Figura 39. Variación espacial y estacional de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo).

El promedio de toda la laguna fue de $189.5 \pm 124.3 \mu\text{g N/g PS}$. La concentración de fósforo total del sedimento (PT sed) presentó un rango de variación de entre 69.1 y $452.3 \mu\text{g P/g de PS}$. Los valores máximos se observaron en primavera y en general fue mayor en la zona norte, respecto al sur. El promedio del período de estudio fue de $241.6 \pm 152.2 \mu\text{g P/g de PS}$ (Figura 39C).

La biomasa de fitobentos estimada como la concentración de clorofila-a (Figura 39D) en sedimento (Clo-a sed) presentó un rango de valores entre 3.3 y $132.0 \mu\text{g/g PS}$. El valor máximo fue registrado en primavera en la zona sur. El valor promedio para toda la laguna fue de $37.4 \pm 39.8 \mu\text{g/g PS}$.

Metales y Agroquímicos

Los metales analizados (Tabla 18), valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, 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).

Asimismo Las concentraciones de agroquímicos determinadas (Tabla 18), estuvieron todas por debajo de los límites analíticos.

Tabla 18. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el período 2019. NA: no aplica; el (-): no corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Verano 2019				Primavera 2019			
	G1	G2	LD	LC	G1	G2	LD	LC
As mg/Kg	<15	<15			<5,0	<5,0		
Cd mg/Kg	<LC	<LC	0.2	1	<LD	<LD	0.2	1
Cu mg/Kg	20	16	0.4	2	33	28	0.4	2
Cr mg/Kg	23	19	1	3	15	8,3	1	3
Hg mg/Kg	0.039	0.030	0.004	0.02	0,064	0,035	0.004	0.02
Pb mg/Kg	<LC	<LC	2	7	7,5	<LC	2	7
Glifosato mg/Kg	<LC	<LD	0,09	0,23	<LD	<LD	0.14	0.34
Aldrin µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Dieldrin µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Endrin µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
p,p'DDD µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
p,p'DDE µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
p,p'DDT µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
o,p DDD µg/g	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
o,p DDE µg/g	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
o,p DDT µg/g	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
EndosulfanAlfa µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	<LD	<LD	0.05	-
EndosulfanBeta µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	<LD	<LD	0.05	-
Endosulfansulfato µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	<LD	<LD	0.05	-
Heptacloro µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Metoxicloro µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Cipermetrina µg/Kg	<LD	<LD	0,2	-	<LC	0.21	-	0.15
Atrazina µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-
Clorpirifos µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	<LD	<LD	0.05	-
Malation µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	<LD	<LD	0.05	-
Fecha muestreo	14/02/2019				Fecha muestreo : 13/11/2019			

Tanto compuestos bifenilos policlorados (PCB) indicadores como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), que fueron analizados únicamente en el verano del 2019 (Tabla 19). Los PCB's analizados presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 µg/kg) y respecto a los PAHs si bien se registraron valores cuantificables, ninguno superó los estándares establecidos.

Tabla 19. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el verano 2019. 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	Verano 2019				Primavera 2019				Estándar GESTA-AGUA
	G1	G2	LD	LC	G1	G2	LD	LC	
PCB28 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	34.6
PCB52 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	5.87
PCB101 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	-
PCB138 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	21.2
PCB153 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	41.9
PCB180 µg/Kg	<LD	<LD	0,1	-	-	-	-	-	46.9
Naftaleno µg/Kg	4	6	1	-	-	-	-	-	111
Acenaphileno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	53
Acenaftaleno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	31.7
Fluoreno µg/Kg	1	2	1	-	-	-	-	-	57.1
Fenantreno µg/Kg	3	5	1	-	-	-	-	-	-
Antraceno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Fluorantreno µg/Kg	4	5	1	-	-	-	-	-	31.9
Pireno µg/Kg	3	4	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno µg/Kg	2	2	1	-	-	-	-	-	6.22
Criseno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranteno µg/Kg	5	5	1	-	-	-	-	-	*22800
Benzo(k)fluoranteno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pireno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pireno µg/Kg	3	4	1	-	-	-	-	-	-
Dibenz(a,h)antraceno µg/Kg	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pireleno µg/Kg	4	4	1	-	-	-	-	-	-
PAHs Totales µg/Kg	44	39	1	-	-	-	-	-	-

3.2.3 Parámetros biológicos

Fitoplancton

Se encontraron 34 taxa de fitoplancton pertenecientes a cuatro clases; BACILLARIOPHYCEAE (25), CYANOPHYCEAE (5), DINOPHYCEAE (3) y ZYGNETOPHYCEAE (1), pero la mayor abundancia fue debida solo a dos clases (diatomeas y cianobacterias) presentando las otras dos muy escaso número de organismos. En general la abundancia fue baja y el máximo fue en primavera, alcanzando en la zona sur 4948 org/L y el mínimo fue observado en verano en la zona norte (0.1 org/L). En otoño se observó un leve aumento de la abundancia de 80 org/L en la zona norte (Figura 40A). El máximo en primavera se debió fundamentalmente a diatomeas (4514 org/L) (Figura 40B) y en menor medida a cianobacterias (434 org/L) (Figura 40C), mientras que el aumento de otoño se debió fundamentalmente a cianobacterias (54.2 org/L) de los géneros *Merismopedia* y *Aphanothece*.

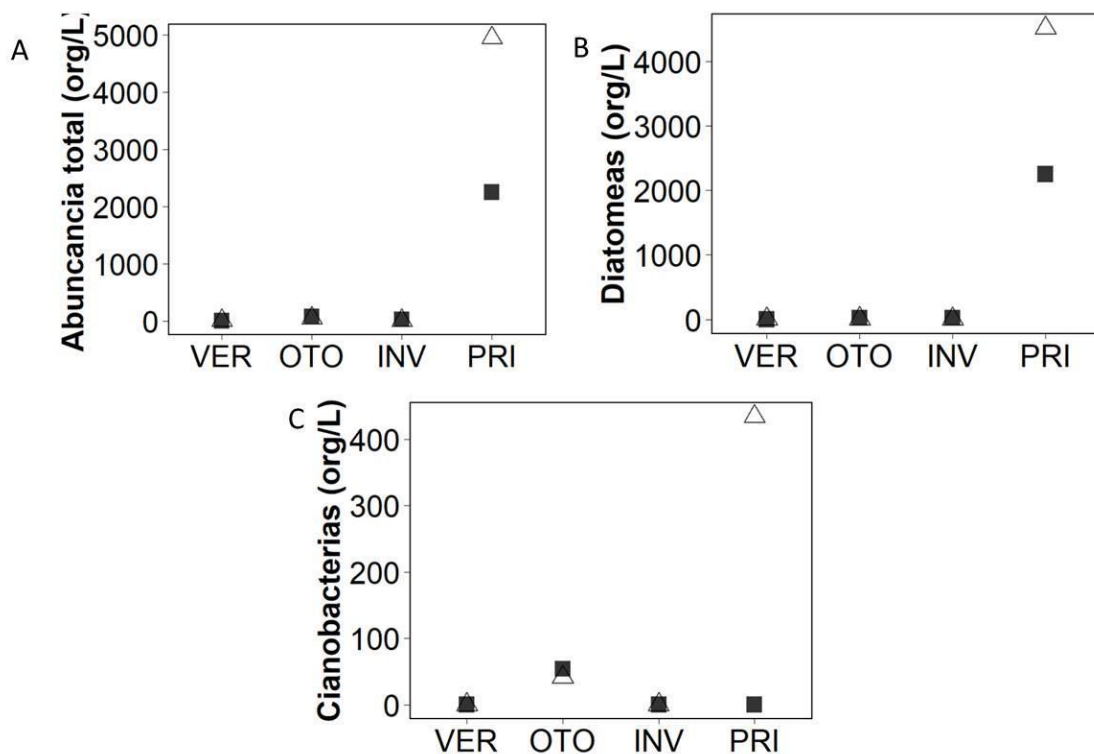


Figura 40. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B) y cianobacterias (C) de la Laguna Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo).

Comunidad bentónica

En la Laguna Garzón se identificaron 12 taxa de los 13 registrados hasta la fecha, de los cuales 9 fueron clasificados a nivel de especies (Tabla 22), y tres a nivel de superfamilia (Anexo 2). La zona sur de la laguna fue la que presentó a lo largo de todo el año la mayor riqueza específica, mientras la zona norte fue la que presentó la mayor abundancia de ejemplares por m^2 , a excepción del muestreo de otoño donde fue la zona sur la que presentó la mayor abundancia (Figura 41B).

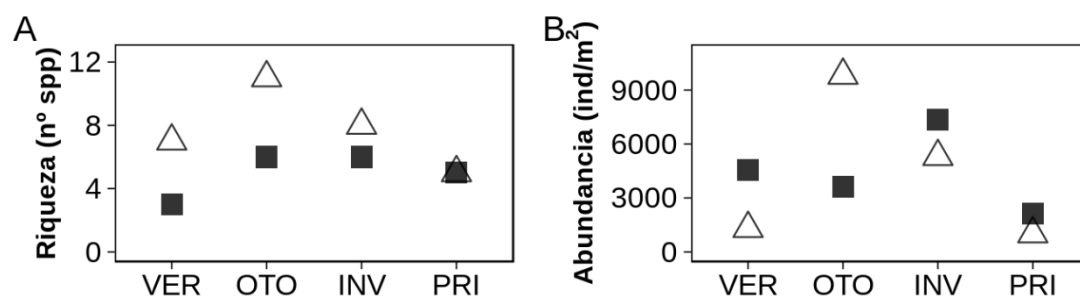


Figura 41. Riqueza específica (A) y Abundancia total del bentos en ind/ m^2 (B) a lo largo del año para la Laguna de Garzón: norte (cuadrado), sur (triángulo).

La clase más abundante a lo largo del año fueron los Gastropoda, a excepción de la muestra de otoño donde fueron superados por los Polychaeta por un 2% (Figura 42). La especie dominante de la comunidad bentónica fue el caracol *Heleobia aff. australis*. Los individuos de esta especie representaron entre el 47.1% y el 88.1% de la abundancia total, valores que corresponden a verano y otoño respectivamente (Anexo 2). Se detectaron en otoño ejemplares del poliqueto invasor *Ficopomatus enigmaticus*.

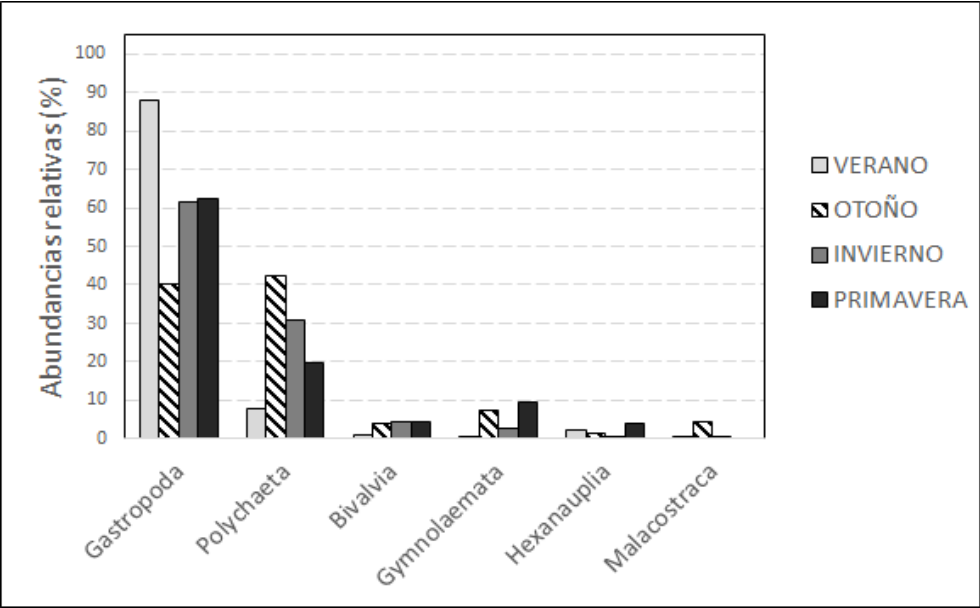


Figura 42. Abundancia relativa de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna Garzón, considerando las cuatro estaciones del año.

Tabla 20. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Garzón durante 2019.

Philum	Clase	Superfamilia	Familia	Género	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>
			Serpulidae	<i>Ficopomatus</i>	<i>Ficopomatus enigmaitucus</i>
Arthropoda	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>
	Malacostraca		Sphaeromatidae	<i>Cassidinidea</i>	<i>Cassidinidea fluminensis</i>
			Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus angulatus</i>
		Gammaridea	Indeterminada		sp.4 y sp. 7
Briozoa	Gymnolaemata	Membraniporidae	Indeterminado		

Misidáceos e ictioplancton

El muestreo de misidáceos e ictioplancton en 2019 fue realizado únicamente en la zona sur, excepto en primavera donde se tomaron muestras en la zona sur y norte.

No se registraron misidáceos en el año 2019 en esta laguna. El ictioplancton fue registrado únicamente en primavera en los dos sitios muestreados. La mayor abundancia ocurrió en el sur alcanzando 14 ind/100m³ (Figura 43). No fueron registrados huevos de peces, estando el ictioplancton dominado exclusivamente por larvas.

Si bien la barra arenosa en los días de los muestreos estuvo cerrada (barras negras horizontales debajo del gráfico), tuvo períodos prolongados de barra abierta a lo largo del año. Es posible que al menos en el período de barra abierta anterior al muestreo ocurriera el ingreso ya sea de larvas, o incluso huevos o adultos desovantes, propiciando el registro observado de larvas.

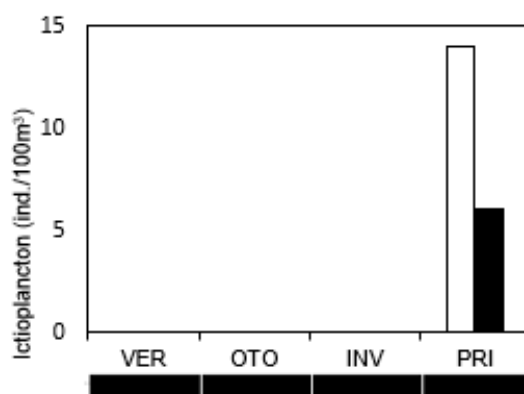


Figura 43. Abundancia en ind./100m³ de ictioplancton en Laguna Garzón en el año 2019: norte (negro), sur (blanco). Estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro).

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

El 8 de marzo de 2019 se realizó 1 muestreo de desembarque correspondiente a la estación de verano. Se muestrearon un total de 24 ejemplares de camarón, de los cuales 13 fueron machos (LCT medio: 37,6 mm) y 11 fueron hembras (LCT medio: 39,1 mm), presentando las hembras mayor LCT que los machos (Tabla 21).

El 12 de abril de 2019 se realizó 1 muestreo de desembarque correspondiente a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 80 camarones, de los cuales 34 fueron machos (LCT medio: 38,6 mm) y 46 hembras (LCT medio: 40,9 mm), presentando las hembras mayor LCT que los machos (Tabla 21). La distribución de tallas se realizó agrupando las muestras de ambas estaciones debido al bajo número de ejemplares en cada una de ellas (Figura 44).

Tabla 21. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (*Penaeus paulensis*) discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2019 en la Laguna de Garzón. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar

Estación	Sexo	N	LCT (mm)		Peso (g)	
			Min-Max	Media \pm DS	Min-Max	Media \pm DS
Verano	Machos	13	27,50-43,0	37,6 \pm 5,35	4,56 - 15,8	8,12 \pm 3,74
	Hembras	11	30,3-47,9	39,1 \pm 5,32	5,91-20,52	10,61 \pm 4,28
Otoño	Machos	34	35,0-42,0	38,63 \pm 1,79	7,72 - 13,03	10,47 \pm 1,33
	Hembras	46	35,2-46,2	40,9 \pm 2,63	7,95 -17,52	12,59 \pm 2,14

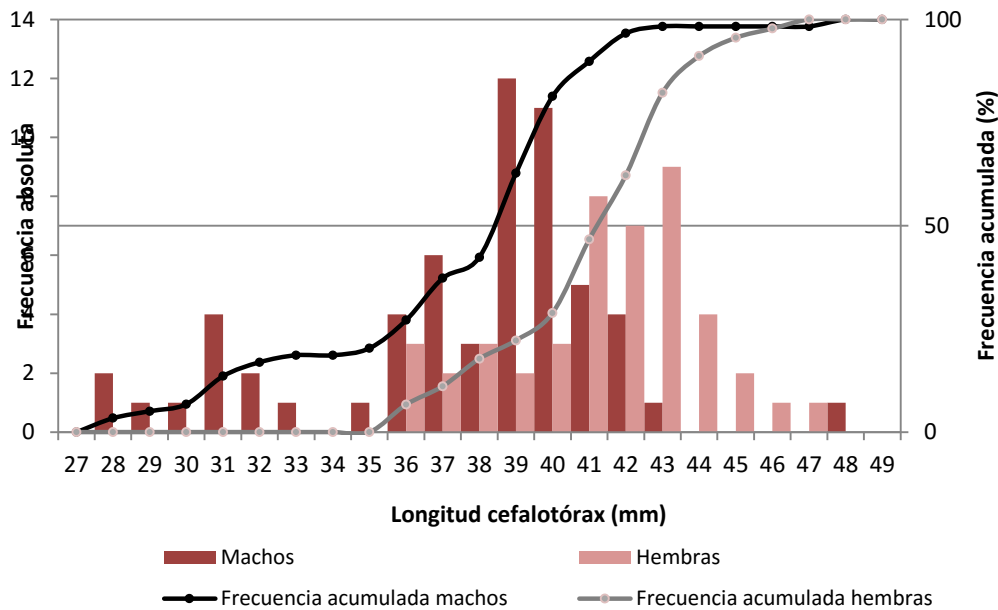


Figura 44. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en verano y otoño de 2019 en la Laguna de Garzón.

En la Tabla 22 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para camarón en la Laguna de Garzón en verano-otoño de 2019.

Tabla 22. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (*Penaeus paulensis*) de Laguna de Garzón en verano-otoño de 2019. 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), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm} .

n	Rango LCT (mm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W_{rm} promedio \pm DS	a_m	b_m
			a	IC95%(a)	b	IC95%(b)	r^2	F	p-valor			
104	27,5-47,9	4,6-20,5	0,0008	0,0005-0,0011	2,61	2,51-2,71	0,96	2508	$2,2 \times 10^{-16}$	101,2 \pm 6,2	0,0004	2,81

3.2.4 Calidad del Agua: Tributarios Laguna Garzón

Las temperaturas del agua registradas en ambos tributarios de la Laguna garzón fueron muy similares, el arroyo Garzón (G4) varió entre 10 a 18.3 °C y arroyo Anastasio (G5) varió entre 8.7 a 18.4 °C (Figura 45). Se observa en ambos, un claro patrón estacional, registrando los máximos en primavera y los mínimos en invierno.

Asimismo, a partir de los registros mensuales (monitoreo DINARA) se observa el mismo patrón estacional, registrándose los valores de temperatura entre 26.0 y 13.3 °C en el Aº Garzón (Figura 46).

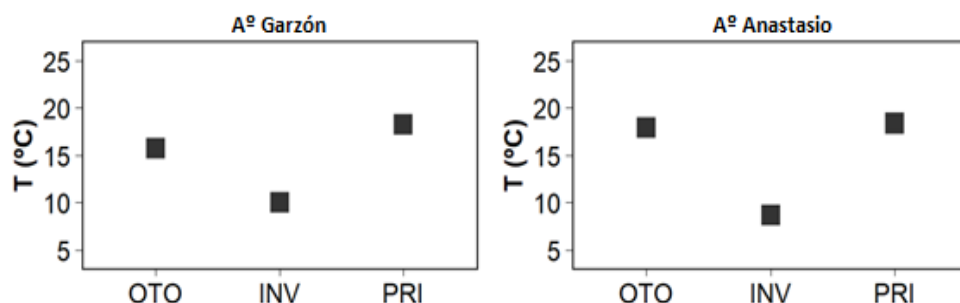


Figura 45. Variación espacial y estacional (2019) de la Temperatura en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: Aº Garzón (estación G4), Aº Anastasio (estación: G5)

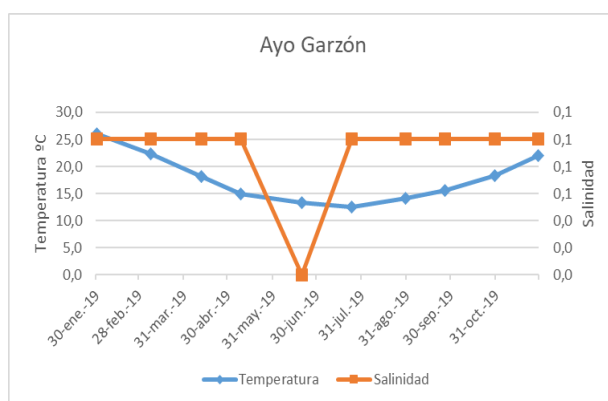


Figura 46. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la laguna de Garzón (en los sitios Barra de Garzón y Aº Garzón).

El pH (Figura 47) presentó un rango de variación entre 7.1 y 8.3, registrándose todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79.

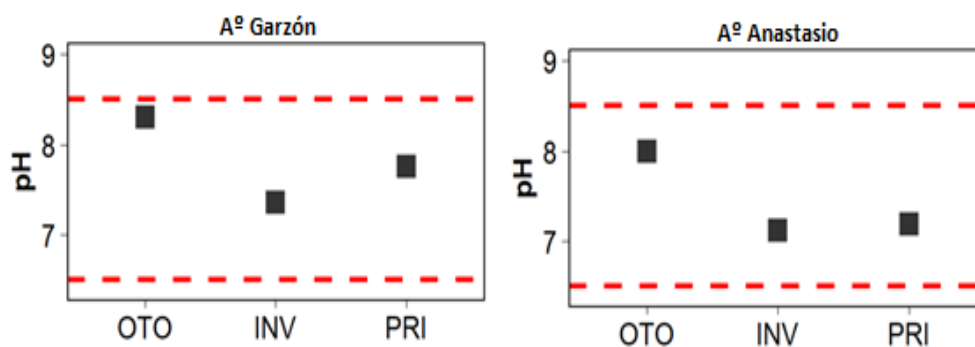


Figura 47. Variación espacial y estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

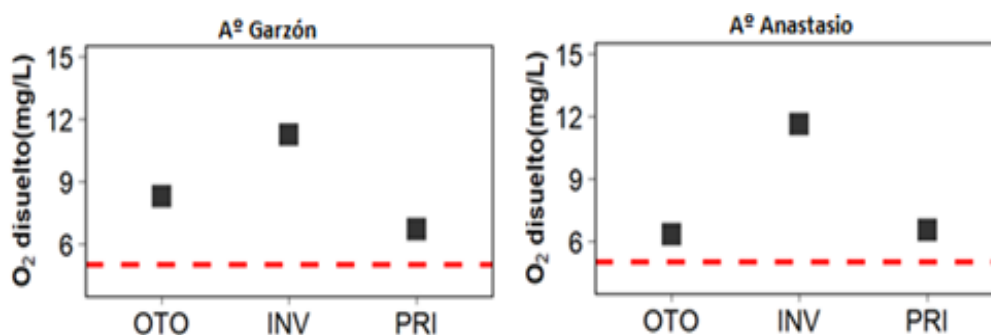


Figura 48. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 6.3 y 11.6 mg O₂/L, siguiendo un patrón inverso al de la temperatura del agua. Todos los valores cumplieron durante el período con el estándar de la normativa nacional (>5.0 mg O₂/L) (Figura 48). La conductividad presentó valores entre 139 y 70 mS/cm, observándose los menores valores en primavera para ambos tributarios (Figura 49).

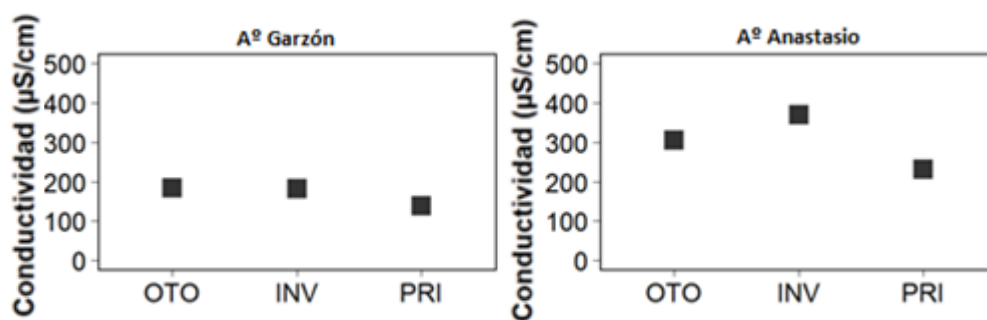


Figura 49. Variación espacial y estacional (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

La turbidez presentó valores entre 2.3 NTU (Arroyo Anastasio; G5) y 87.2 NTU (Arroyo Garzón; G4). Los valores mínimos se registraron para ambos tributarios en invierno, mientras que los máximos ocurrieron principalmente en otoño. A su vez, a excepción de un único valor registrado en otoño en el arroyo Garzón, todos los valores se mantuvieron por debajo del estándar en la normativa ambiental nacional (<50.0 NTU) (Figura 50).

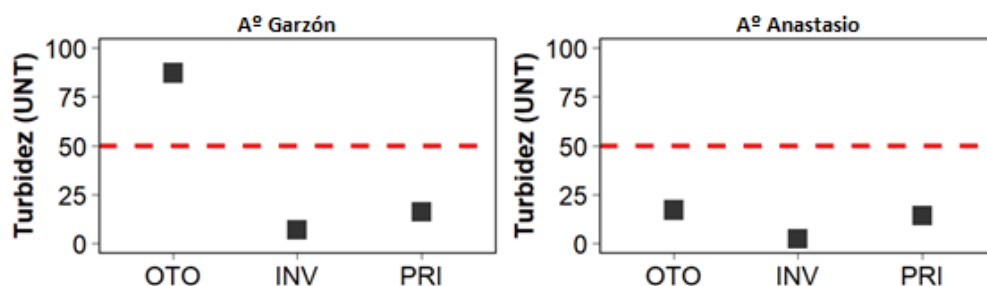


Figura 50. Variación espacial y estacional (2019) de la Turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

En cuanto a los nutrientes nitrogenados, el amonio (Figura 51) presentó un rango de concentración de entre 8.0 µg N/L y 94 µg N/L. Este último valor tuvo lugar en el embalse del arroyo Garzón (G4), en otoño de 2019. El arroyo Garzón también registró valores elevados en otoño y primavera 2019 (93 µg N/L y 94 µg N/L respectivamente). Los valores de nitrito variaron entre 2.0 µg N/L (G4) y 7.0 µg N/L (G5), registrándose los valores máximos para ambos tributarios en primavera (Figura 52).

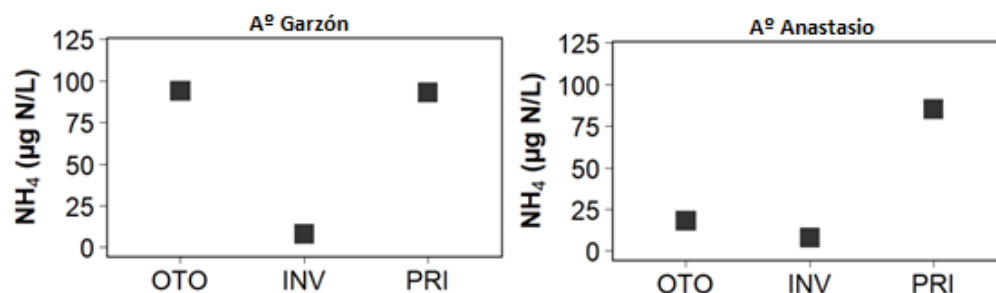


Figura 51. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de amonio (NH₄) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

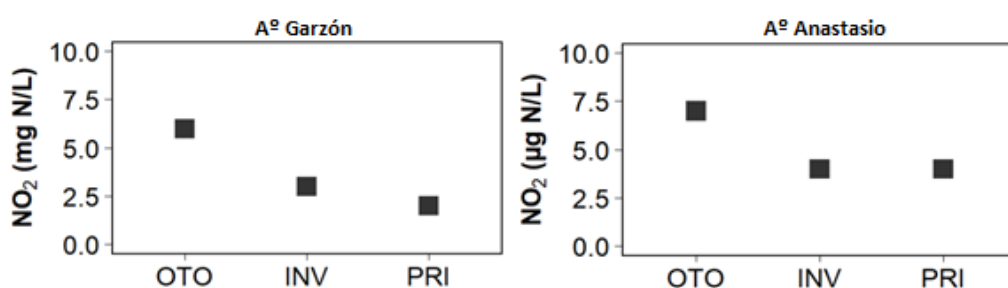


Figura 52. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de nitrito (NO₂) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

El nitrato (NO₃) fluctuó entre 77 µg N/L y 135 µg N/L (Figura 53). Este valor máximo se observó en el arroyo Anastasio en primavera. 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 224 µg N/L y 823 µg N/L, registrándose los valores mínimos en cada arroyo en invierno 2019 (Figura 54).

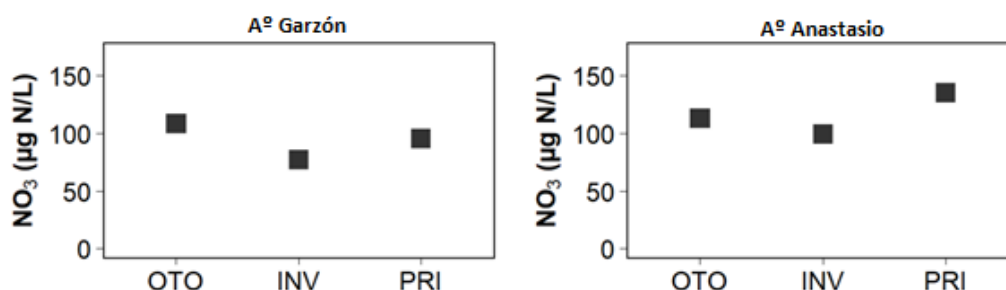


Figura 53. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de nitrato (NO₃) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

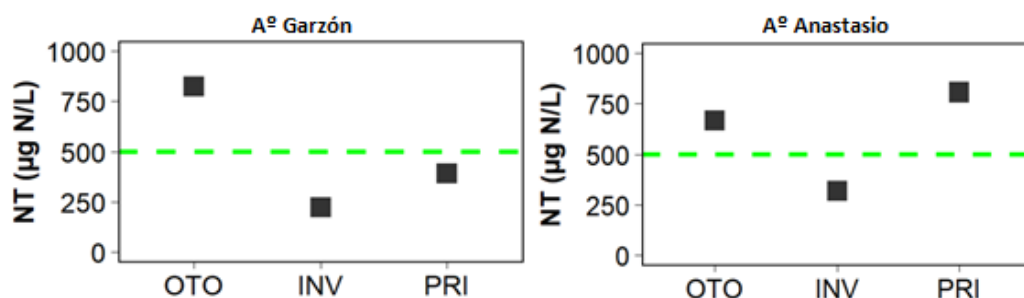


Figura 54. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

El fosfato (PO_4) presentó un rango de valores de entre 17.3 $\mu\text{g P/L}$ (G4) y 31 $\mu\text{g P/L}$ (G5), donde las mayores concentraciones de ambos tributarios se registraron en otoño (Figura 55). El Fósforo Total (PT) mostró un rango de concentración de entre 19.4 $\mu\text{g P/L}$ (G4) y 81.3 $\mu\text{g P/L}$ (G5), el máximo se registró en el arroyo Anastasio (G5) (Figura 56). Todos los registros, salvo el mínimo de fósforo total, incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$).

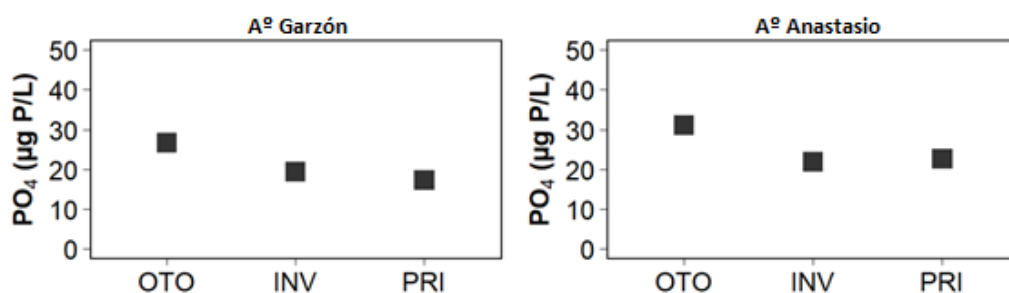


Figura 55. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de ortofosfato (PO_4) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

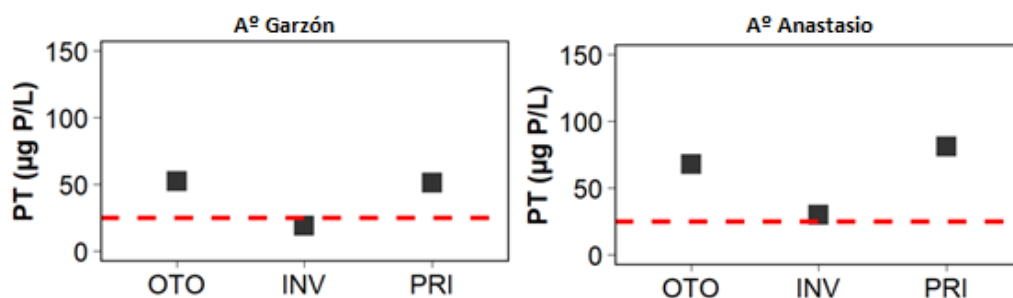


Figura 56. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (estación G4), A° Anastasio (estación: G5).

La clorofila-a fluctuó entre 0.3 µg/L y 5.7 µg/L, registrándose el máximo en el arroyo Anastasio, en primavera (Figura 57). Para éste parámetro ningún registro incumplió con el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10 µg/L).

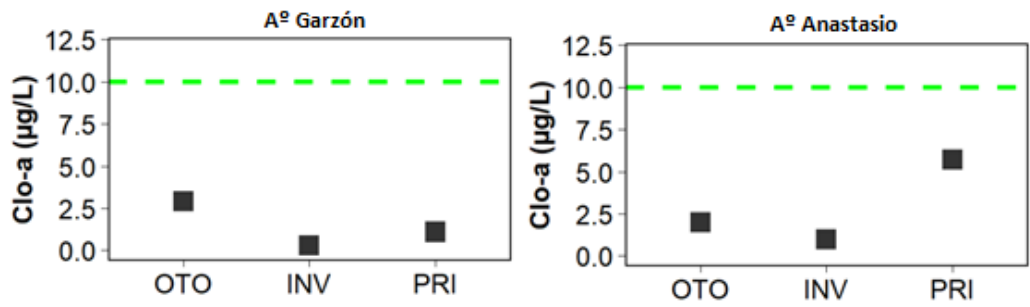


Figura 57. Variación espacial y estacional (2019) de la concentración de la Clorofila a (Clo a) en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: Aº Garzón (estación: G4), Aº Anastasio (estación: G5).

Los coliformes termotolerantes determinados en ambos tributarios (Tabla 23) se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales admitido por el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 23 .Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de Garzón registrados en 2019 para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Arroyo Garzón	Arroyo Anastasio
2019	Primavera	1250	650
	Otoño	250	100
	Invierno	275	75
	Verano	280	<20

3.3 Cuenca de la Laguna de Rocha

3.3.1 Calidad del agua

La barra de Rocha estuvo abierta el 77 % del año durante 2019. La laguna estuvo conectada con el mar entre enero y marzo, desde fines de mayo hasta fines de agosto y entre octubre y fines de diciembre de 2019. La barra fue abierta artificialmente en enero (7 de enero), mayo (25 de mayo) y octubre (7 de octubre) (Figura 58).

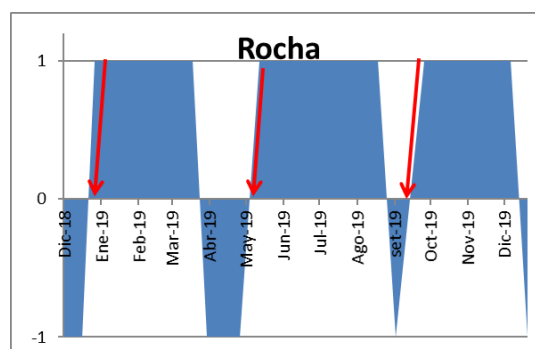


Figura 58. Régimen de barra en la Laguna de Rocha en 2019 (1=abierto y -1=cerrada). La línea roja indica la apertura artificial. Nota: cada mes tiene observaciones de frecuencia quincenal.

La temperatura del agua en la Laguna de Rocha presentó valores entre 12.2 y 25.5 °C, registrándose los máximos en verano y mínimos en invierno. El valor promedio para el período estudiado fue de $18.4^{\circ}\text{C} \pm 4.22^{\circ}\text{C}$ (Figura 60A). La zona norte presentó valores levemente mayores que el resto de los sitios salvo en primavera, mostrando un patrón estacional. En los registros mensuales registrados por los monitores de DINARA, se observa el mismo patrón estacional (Figura 59), siendo muy similar el valor medio de la Laguna ($18,9^{\circ}\text{C}$ - rango 12,1-26,4; DS=4,25). La Barra de Rocha presentó valores de temperatura entre 25.7°C y 12.2°C , y su salinidad varió entre 31.1 y 4.2 UPS.

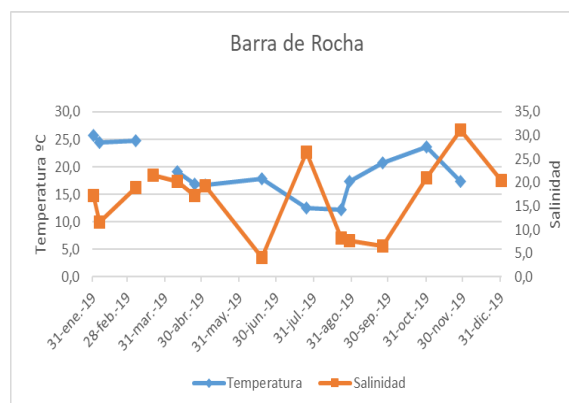


Figura 59. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la barra de Laguna de Rocha.

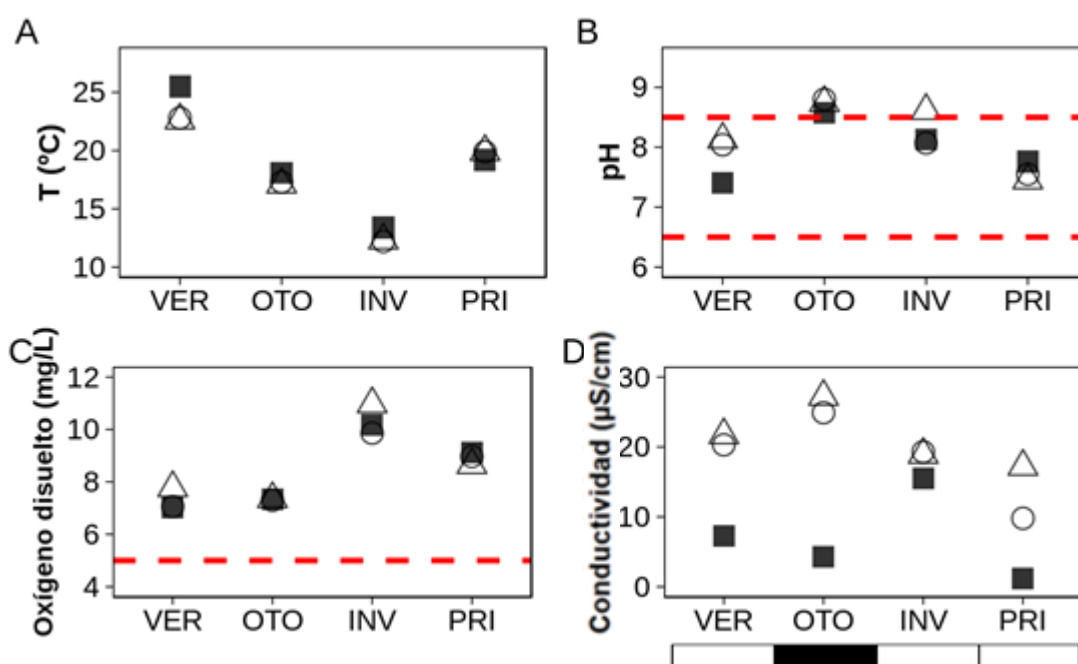


Figura 60. Variación espacial y estacional (2019) de la temperatura (A), el pH (B), el oxígeno disuelto (C) y la conductividad (D) de la Laguna de Rocha: Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta el estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro). La línea roja entrecortada indica los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) y oxígeno disuelto (≥ 5 mg O₂/L) según el Decreto 253/79.

El pH varió entre 7.4 y 8.8 (Figura 60B), superando en 4 ocasiones el valor máximo del rango establecido por el Decreto 253/79 (6.5-8.5). El valor promedio para el período estudiado fue de 8.1 ± 0.5 . El oxígeno disuelto presentó una variación entre 7.0 y 10.9 mg/L, con un promedio de 8.5 ± 1.4 , cumpliendo con el estándar establecido por el Decreto 253/79 (Figura 60C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio para el período fue de 94.5%.

La conductividad presentó valores entre 1.2 y 27.2 mS/cm. Los valores menores se observaron en la zona norte, mientras que los mayores valores se registraron en la zona sur. El promedio de este parámetro para el período estudiado fue de 15.6 ± 8.2 mS/cm (Figura 60D). La barra de la laguna estuvo cerrada únicamente durante el muestreo de otoño.

La turbidez registró valores en el rango de 0 a 108 UNT, con un promedio de 17.6 ± 31.8 UNT. Los valores más elevados se observaron en centro y norte de la laguna en el muestreo de primavera (Figura 61A). El estándar establecido por el Decreto 253/79 (máx 50 UNT) fue superado en dos ocasiones.

Los sólidos totales en suspensión (SST) mostraron un perfil similar a la turbidez, con una variación entre 12.0 y 121.2 mg/L, y un promedio para el período de estudio de 27.9 ± 30.8 mg/L. Los valores más elevados se observaron en el muestreo de primavera (Figura 61B).

La materia orgánica de los sólidos en suspensión varió entre 2.1 y 22.4 mg/L, correspondiendo el valor máximo a la zona centro en primavera y al norte en verano. El valor promedio para toda la laguna durante el período estudiado fue de $6.2 \pm$ 6.0 mg/L (Figura 61C).

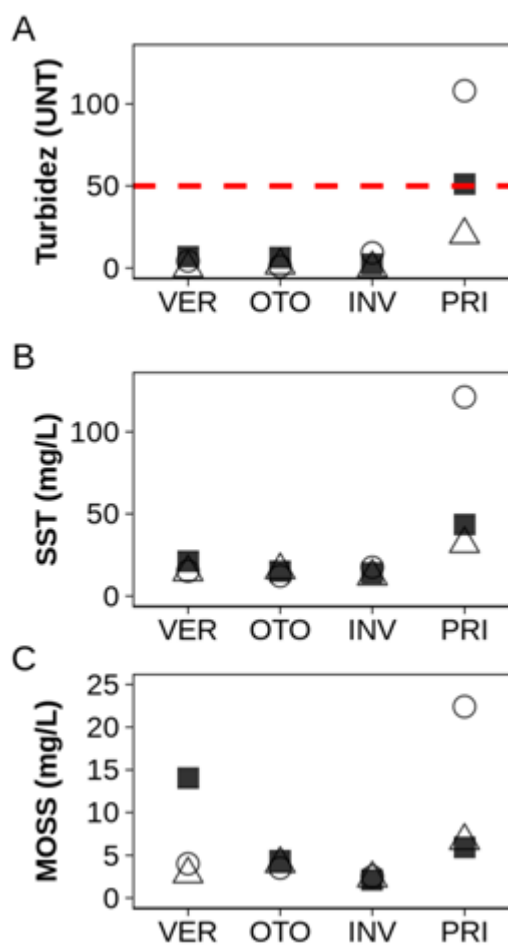


Figura 61. Variación espacial y estacional (2019) de la turbidez (A), los sólidos en suspensión (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Rocha: Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el valor estándar de turbidez (50 UNT) según el Decreto 253/79.

El amonio (NH_4) presentó un rango de variación entre valores menores al límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $89 \mu\text{g N/L}$, presentando un valor promedio para toda la laguna de $39.6 \pm 34.2 \mu\text{g N/L}$ (Figura 62A). Los valores de nitrito (NO_2) variaron entre valores menores al límite de detección ($<1.0 \mu\text{g N/L}$) y $9.0 \mu\text{g N/L}$, con un promedio para toda la laguna de $3.1 \pm 2.8 \mu\text{g N/L}$ (Figura 62B).

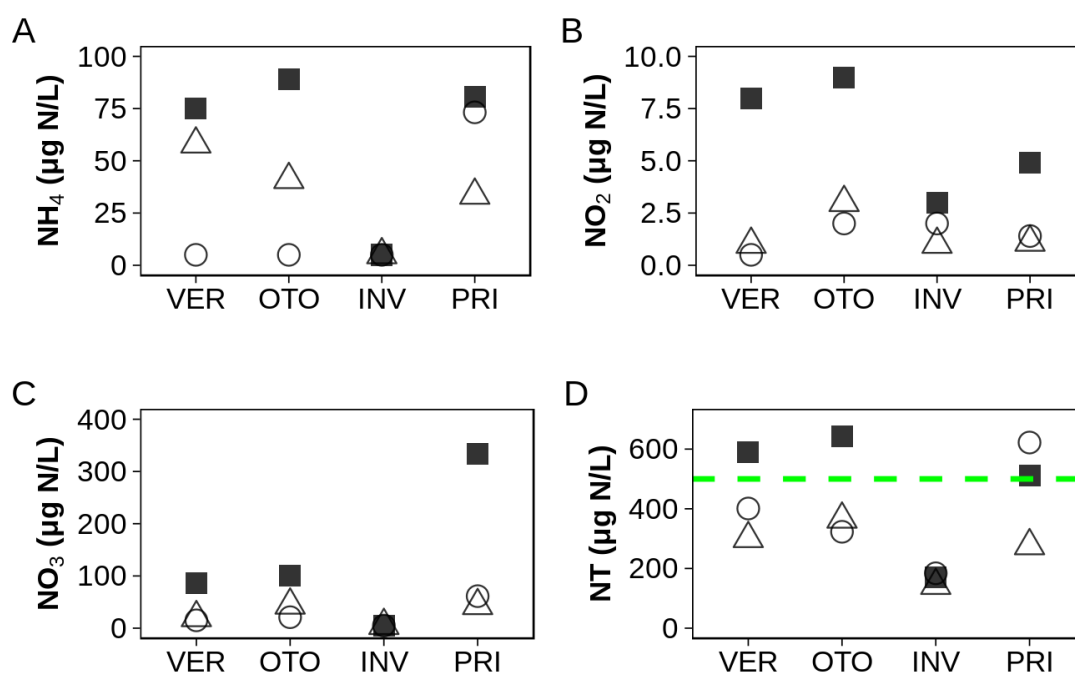


Figura 62. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Rocha: norte (cuadrado), sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

El nitrato (NO_3) fluctuó entre valores por debajo del límite de detección ($<10 \mu\text{g N/L}$) y $334.1 \mu\text{g N/L}$, siendo el promedio para toda la laguna de $61.6 \pm 91.5 \mu\text{g N/L}$ (Figura 62C). Para las tres formas de nitrógeno disuelto los máximos valores de concentración se encontraron en la zona norte. La concentración de nitrógeno total (NT) varió entre 143.0 y 642.0 mg N/L . Los valores más altos se observaron en las estaciones norte en verano y otoño, y en el centro de la laguna en primavera. El valor promedio para toda la laguna en ese período fue de $377.2 \pm 177.7 \mu\text{g N/L}$ (Figura 62D).

La concentración de ortofosfato (PO_4) varió entre 15.1 y $59.6 \mu\text{g P/L}$, con un promedio para toda la laguna de $35.3 \pm 16.9 \mu\text{g P/L}$, presentándose los máximos de concentración en la zona norte (Figura 63A). El fósforo total (PT) varió entre 40.4 y $146.9 \mu\text{g P/L}$, con un promedio para toda la laguna de $88.0 \pm 39.8 \mu\text{g P/L}$, registrándose los valores mínimos de concentración en invierno. Todos los valores superaron el estándar admitido por la normativa vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$) (Figura 63B). En general las mayores concentraciones de fósforo total se encontraron en centro y/o norte de la laguna, salvo en el muestreo de otoño, en que fue más alto en el sur.

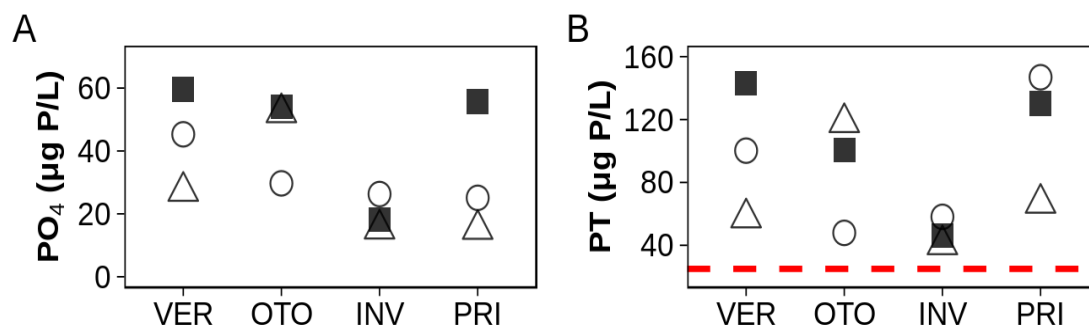


Figura 63. Variación espacial y estacional de la concentración (2019) de ortofosfato (PO₄) (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Rocha: Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo). La línea roja entrecortada indica el límite establecido para fósforo total (25µg P/L) según el Decreto 253/79.

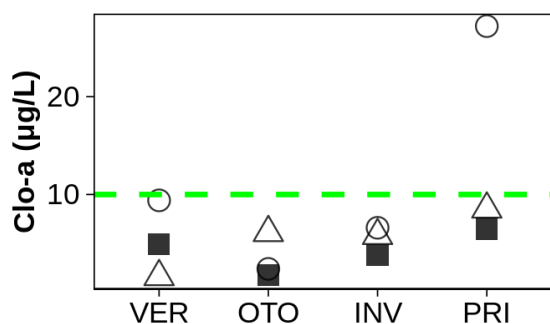


Figura 64. Variación espacial y estacional (2019) de la clorofila-a (Clo-a) de la Laguna de Rocha: Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (≤ 10 µg/L).

La biomasa de fitoplanctónica estimada como la concentración de clorofila-a del agua varió entre 1.6 y 27.2 µg/L, el máximo valor fue registrado en la zona centro en el muestreo de primavera. El valor promedio para toda la laguna durante el período estudiado fue de 7.1 ± 8.5 µg/L (Figura 64).

Los coliformes termotolerantes presentaron valores de concentración de entre <4.0 y 420 UFC/100ml (Tabla 24). Los máximos se observaron en el muestreo de otoño y fueron más elevados en la zona norte, la cual es la que recibe el efluente principal que atraviesa la ciudad de Rocha. Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml).

Tabla 24. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Rocha registrados en el período de estudio (2019) en las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Centro	Sur
Verano	50	5	<5
Otoño	420	160	320
Invierno	12	<4	<4
Primavera	32	24	12

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 3 mg O₂/L, siendo algo mayores en verano respecto al resto de las estaciones del año. Todos los datos fueron menores al límite establecido por el Decreto 253/79 (10 mg O₂/L) (Tabla 25).

Tabla 25. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en la Laguna de Rocha registrada en el período de estudio (2019) en las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Centro	Sur
Verano	3	3	2
Otoño	2	2	2
Invierno	<2	<2	<2
Primavera	<2	<2	<2

3.3.2 Calidad de sedimentos

La concentración de materia orgánica en sedimento osciló entre 5.0 y 108.0 mg/g de peso seco, con un promedio para toda la laguna y durante el período de estudio de 41.4 ± 10.2 mg/g PS. En general los valores máximos se observaron en la zona centro y los mínimos en el sur de la laguna (Figura 65A).

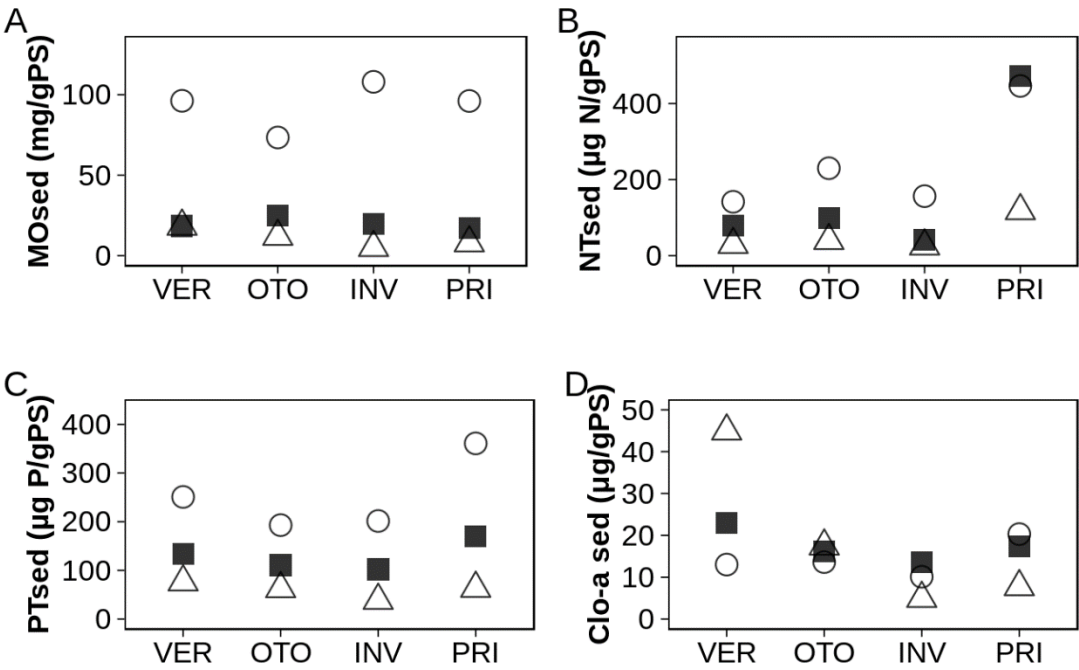


Figura 65. Variación espacial y estacional de la concentración (2019) de materia orgánica (MOsed) (A), nitrógeno total (NTsed) (B), fósforo total (PTsed) (C) y clorofila-*a* (Clo-*a* sed) (D) del sedimento de la Laguna de Rocha: Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo).

Los valores de concentración del nitrógeno total del sedimento fluctuaron entre valores menores al límite de detección analítica (50 µg N/L) y 472.4 µg N/g PS, siendo los valores máximos en primavera. Para toda la laguna el promedio fue de 156.4 ± 153.9 µg N/g PS (Figura 65B). La concentración de fósforo total en el sedimento presentó un rango de variación entre 38.1 µg P/g y 360.9 µg/g PS (Figura 65C), siendo el promedio para toda la laguna de 146.9 ± 93.8 µg P/g. Para ambos nutrientes del sedimento la mayor concentración fue observada en las zonas centro y norte.

La biomasa de fitobentos estimada como la concentración de clorofila-a en sedimento presentó un rango de valores entre 4.9 y 44.9 µg/g PS. El valor más elevado fue registrado en el sur en verano. El valor promedio para toda la laguna fue de 16.8 ± 10.2 µg/g (Figura 65D).

Metales y Agroquímicos

Respecto a los metales analizados (Tabla 26), se obtuvieron valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, 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 26. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el período 2019. NA: no aplica; el (-): no corresponde análisis en ese período.

	Verano Primavera 2019					Primavera 2019				
Parámetro	R1	R2	R3	LD	LC	R1	R2	R3	LD	LC
As mg/Kg	<10	<10	<15			<5,0	<5,0	<5,0		
Cd mg/Kg	<LC	<LC	<LC	0,2	1	<LD	<LD	<LD	0,2	1
Cu mg/Kg	4,2	<LC	14	0,4	2	9,9	11	11	0,4	2
Cr mg/Kg	6,3	2,8	20	1	3	4,0	<LD	17	1	3
Hg mg/Kg	<LC	<LC	0,049	0,004	0,02	0,034	0,085	0,098	0,004	0,02
Pb mg/Kg	<LC	<LC	<LC	2	7	<LC	<LD	7,5	2	7
Glifosato mg/Kg	0,25	0,72	<LC	0,09	0,23	<LD	<LD	<LD	0,14	0,34
Aldrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Dieldrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Endrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDD µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDE µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDT µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDD µg/g	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDE µg/g	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDT µg/g	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
EndosulfanAlfa µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
EndosulfanBeta µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Endosulfansulfato µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Heptacloro µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Metoxicloro µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Cipermetrina µg/Kg	<LD	<LD	<LD	NA	0,2	0,21	0,18	<LC	NA	0,15
Atrazina µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Clorpirifos µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Malation µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Fecha Muestra	14/02/2019					13/11/2019				

Todas las concentraciones determinadas de los agroquímicos (Tabla 26) presentaron valores de concentración por debajo de los límites analíticos, a excepción de glifosato que presentó valores cuantificables en el verano en las estaciones norte (R1) y sur (R2) y cipermetrina en primavera en las mismas estaciones de monitoreo. Sin embargo, para ambos parámetros los valores no pudieron ser evaluados ya que no se cuenta 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 2019. Respecto a los **PAHs** si bien algunos registraron valores cuantificables, ninguno de éstos supera los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014) (Tabla 27).

Tabla 27. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Garzón en el verano 2019. 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	Verano Primavera 2019				Estándar GESTA-AGUA
	R1	R2	R3	LD	
PCB28 µg/Kg	<LD		<LD	0,1	-
PCB52 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	-
PCB101 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	-
PCB138 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	-
PCB153 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	-
PCB180 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	0,1	-
Naftaleno µg/Kg	3	3	8	1	34.6
Acenaphthileno µg/Kg	1	1	1	1	5.87
Acenaftaleno µg/Kg	1	1	1	1	-
Fluoreno µg/Kg	1	1	2	1	21.2
Fenantreno µg/Kg	3	3	7	1	41.9
Antraceno µg/Kg	1	1	2	1	46.9
Fluorantreno µg/Kg	2	1	8	1	111
Pireno µg/Kg	1	1	6	1	53
Benzo(a)antraceno µg/Kg	1	1	3	1	31.7
Criseno µg/Kg	1	1	2	1	57.1
Benzo(b)fluoranteno µg/Kg	1	1	6	1	-
Benzo(k)fluoranteno µg/Kg	1	1	2	1	-
Benzo(a)pireno µg/Kg	1	1	2	1	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno µg/Kg	1	1	5	1	-
Dibenz(a,h)antraceno µg/Kg	1	1	1	1	6.22
Benzo(ghi)pireleno µg/Kg	1	1	5	1	-
PAHs Totales µg/Kg	21	20	61	-	*22800

3.3.3 Parámetros biológicos

Fitoplancton

Se registraron 35 taxa de fitoplancton pertenecientes a cinco clases; BACILLARIOPHYCEAE (25), CYANOPHYCEAE (4), DINOPHYCEAE (4), ZYGNEMATOPHYCEAE (1) y CHLOROPHYCEAE (1). La abundancia total fue máxima en primavera alcanzando 7598 org/L en el punto sur y el mínimo fue observado en otoño

en el centro (8 org/L) (Figura 66A). El patrón de distribución de abundancia total siguió el mismo patrón de abundancia de diatomeas, indicando que fueron el grupo dominante durante todo el año. El máximo de la abundancia total en primavera se debió completamente a diatomeas en el punto sur, donde alcanzaron su máxima abundancia (7598 org/L) (Figura 66B) y en el centro se debió a diatomeas (3705 org/L) y a cianobacterias (19 org/L) (Figura 66C) ya que fueron los únicos grupos presentes en esa estación del año. Las diatomeas más abundantes en ese momento fueron diatomeas céntricas de gran tamaño como *Coscinodiscopsis jonesianus* y *Melosira moniliformis* y las cianobacterias del género *Aphanotece*. El siguiente pico de abundancia total fue en verano, pero en el sitio central de la laguna y en ese caso además de las diatomeas hubo un pico de dinoflagelados marinos de la especie *Triplos furca* (231 org/L) en la zona central de la laguna (Figura 66D). En invierno las abundancias fueron más bajas y hubo un aumento de clorofitas del género *Monoraphidium* (2.8 org/L) (Figura 66E) en la zona norte.

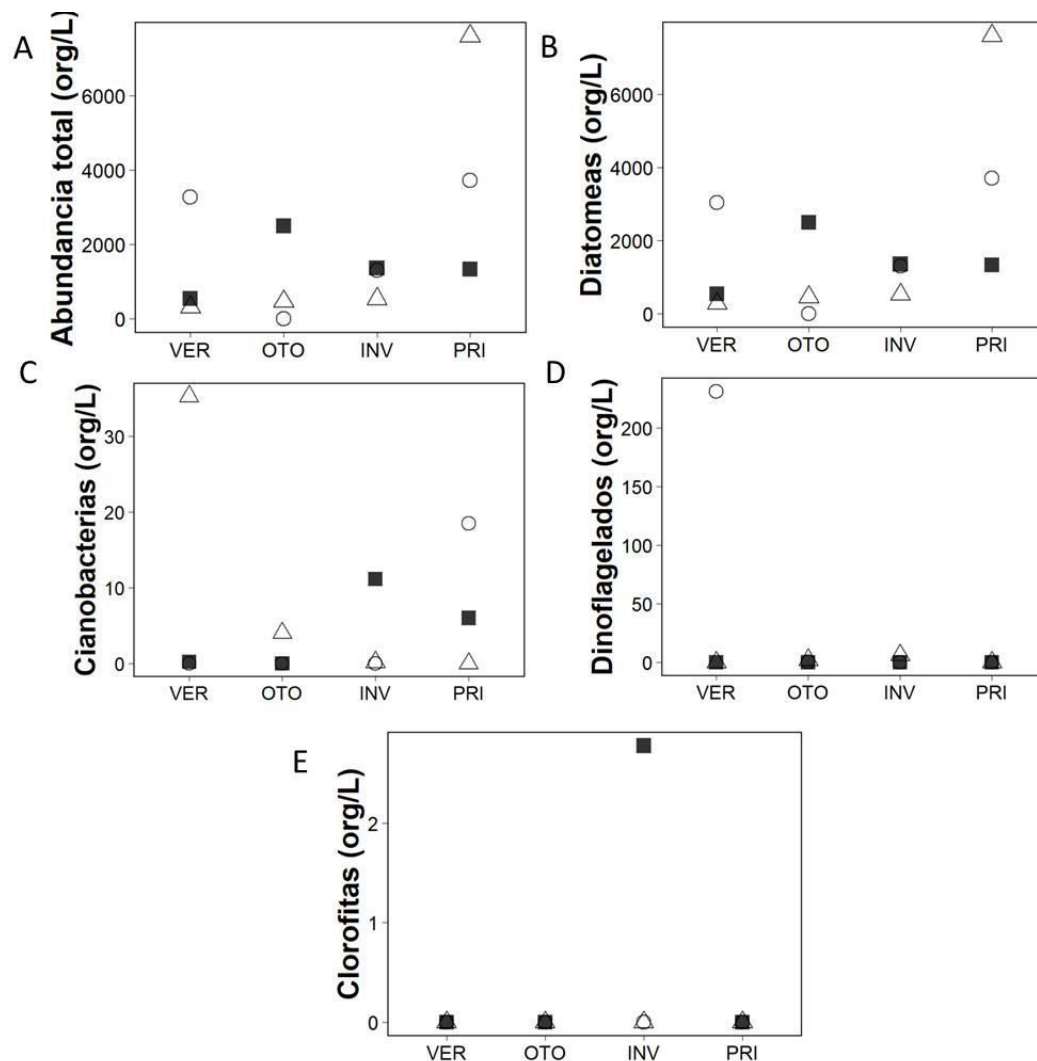


Figura 66. Variación espacial y estacional de la abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C), dinoflagelados (D) y clorofitas (E), de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (círculo) y sur (triángulo).

Comunidad bentónica

En la Laguna de Rocha se identificaron 26 taxa de los 29 registrados a la fecha, de los cuales 14 fueron clasificados a nivel de especies (Tabla 28, Anexo 2). La mayor riqueza específica (Figura 67A) se observó en la zona sur para verano y otoño (16 y 20 taxa respectivamente), mientras la mayor abundancia total se observó para la misma zona pero en otoño, con unos 77380 ind./m² (Figura 67B). La clase más abundante independientemente de la estación del año fueron los Gastropoda (Figura 68). La especie dominante de la comunidad bentónica fue el caracol *Heleobia aff. australis*, cuya abundancia relativa representó entre el 77.7% y el 90.4% de la abundancia total del bentos dependiendo de la época del año (Anexo 2).

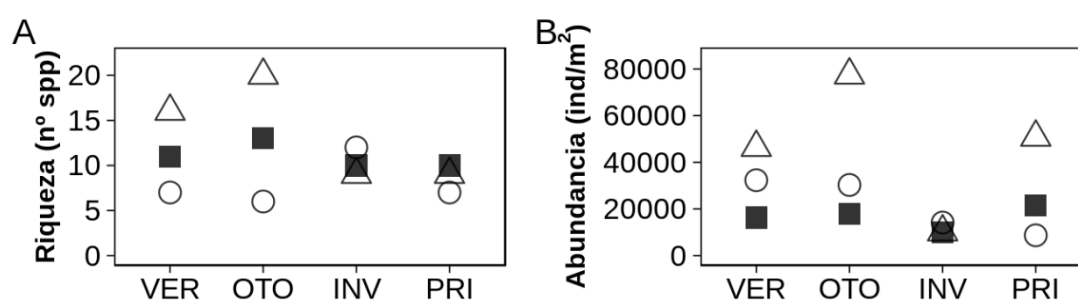


Figura 67. Riqueza específica (A) y Abundancia total del bentos en ind./m² (B) en 2019 para la Laguna de Rocha: norte (cuadrado), sur (triángulo), centro (círculo).

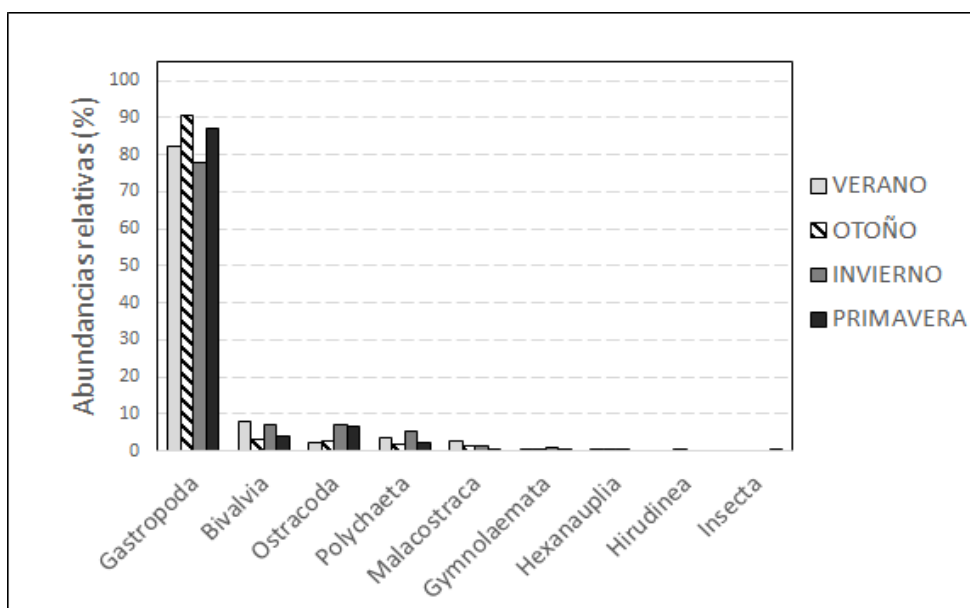


Figura 68. Abundancias relativas de las clases taxonómicas de la comunidad bentónica identificadas en la Laguna de Rocha, considerando las cuatro estaciones del año.

Tabla 28. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha durante 2019.

Phylum	Clase	Superfamilia	Familia	Género	Especie	
Mollusca	Gastropoda	Indeterminada (posiblemente Galeommatoidea)	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>	
			Pyramidellidae	Indeterminado		
	Bivalvia		Erodonidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>	
			Pharidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>	
			Mytilidae	<i>Mytella</i>	<i>Mytella charruana</i>	
Annelida	Polychaeta	Indeterminada	Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>	
			Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>	
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>Laeonereis pandoensis</i>	
	Hirudinea					
Arthropoda	Ostracoda	Gammaridea	Cyprididae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada	
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>	
	Malacostraca		Munnidae	<i>Uromunna</i>	<i>Uromunna peterseni</i>	
			Penaeidae	<i>Penaeus</i>	<i>Penaeus paulensis</i>	
			Sphaeromatidae	Indeterminado		
				<i>Cassidinidea</i>	<i>Cassidinidea fluminensis</i>	
			Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus altimanus</i>	
					<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	
					Indeterminada	
			Tanaididae	<i>Sinelobus</i>	<i>Sinelobus stanfordi</i>	
Insecta	Chironomidae	Indeterminado				
Briozoa	Gymnolaemata	Membraniporidae	Indeterminado			

Misidáceos e ictioplancton

El muestreo se realizó siempre en la zona centro, excepto en primavera que se muestreó adicionalmente la zona sur (Tabla 29).

Tabla 29. Abundancia de huevos y larvas de peces en Laguna de Rocha en 2019.

SITIO	ESTACIÓN	HUEVOS (ind./100m³)	LARVAS (ind./100m³)
CENTRO	VER	15	6
CENTRO	OTO	4	0
CENTRO	INV	0	0
CENTRO	PRI	11	19
SUR	PRI	0	0

Fueron registrados misidáceos en todos los muestreos del 2019. La abundancia máxima de misidáceos ocurrió en primavera en la zona centro (Figura 69A), alcanzando 2318 ind.100m⁻³ (para su correcta visualización en la figura se debe mirar el eje secundario ubicado a la derecha del gráfico). En la zona sur, muestreada únicamente en primavera se registró la segunda mayor abundancia de todo el período (102 ind.100m⁻³). El ictioplancton fue registrado en bajas abundancias en la zona centro, la máxima abundancia tuvo lugar en primavera (30 ind.100m⁻³) (Figura 69B). En esta laguna, predominaron los huevos con respecto a las larvas (Tabla 29). Las mayores abundancias tanto de misidáceos como de ictioplancton coincidieron con períodos de barra abierta.

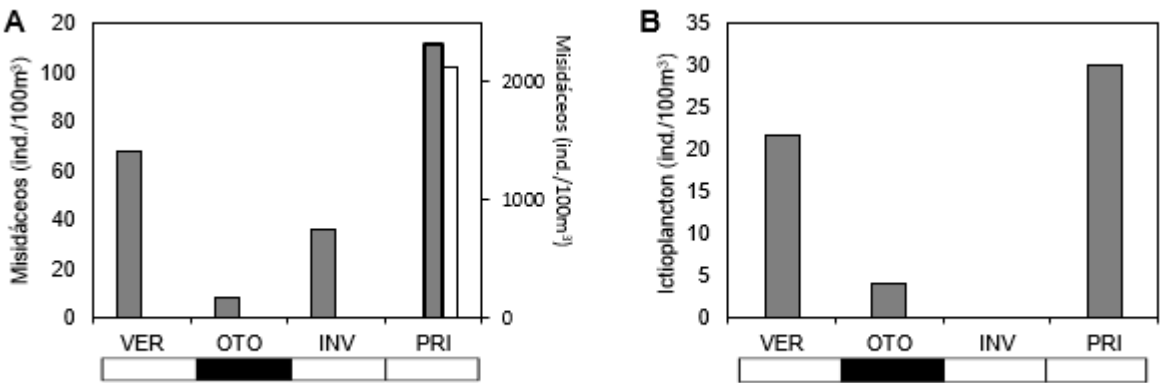


Figura 69. Abundancia en ind./100m³ de A) misidáceos y B) ictioplancton en Laguna de Rocha en el año 2019: centro (gris) y sur (blanco). Estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y cerrada (negro).

Peces de importancia comercial

Las especies de peces registradas en los muestreos biológicos de desembarque realizados en invierno fueron corvina blanca, corvina negra, lenguado, lisa y lacha; y en primavera corvina blanca. En la Tabla 30 se presentan los valores de los estadísticos descriptivos básicos de la talla y peso de estas especies discriminados por estación.

La talla media de los ejemplares de corvina blanca registrados en invierno (33.0 cm Lt) fue menor que la registrada para primavera (37.0 cm Lt) (Tabla 30). La $LT_{50\%}$ en primavera fue de 33.0 cm, estando por encima de la talla de primera madurez sexual ($LTM_{50\%}$) estimada para las hembras (20.4 cm de Lt) por Vizziano *et al.* (2002).

Tabla 30. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso total (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Min: 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> (80)	23,0 - 34,0	28,1 \pm 3,2	155,0 - 520,0	298,7 \pm 102,9
	<i>Micropogonias furnieri</i> (124)	21,0 - 41,0	33,0 \pm 3,4	170,0 - 780,0	399,6 \pm 125,2
	<i>Mugil liza</i> (3)	49,0 - 54,0	52,3 \pm 2,35	1075,0 - 1685,0	1406,7 \pm 251,9
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (1)	58,0 - ND	58,0 \pm 0		
	<i>Pogonias courbina</i> (85)	31,0 - 42,0	35,0 \pm 1,8	440,0 - 975,0	593,0 \pm 92,9
	Total=293				
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i> (11)	31,0 - 42,0	37,0 \pm 3,4	356,6 - 849,3	608,6 \pm 154,6
	Total=11				

La talla media de los ejemplares de corvina negra registrados en invierno fue de 35.0 cm de Lt (Tabla 30). Del total de individuos observados, un 43.5% correspondió a individuos inmaduros (N = 9 machos y N = 28 hembras), siendo el rango de tallas de los machos entre 32–35 cm y de las hembras entre 31–38 cm de Lt. El resto de los individuos muestreados se encontraron en maduración, maduros y en reposo (Tabla 31).

La media de los ejemplares de lacha registrados en invierno fue de 28.1 cm de Lt (Tabla 30). La $LT_{50\%}$ estuvo por encima de la $LTM_{50\%}$ estimada para las hembras de esta especie (20.5 cm Lt) por Rodríguez (2016). La casi totalidad de los individuos observados (45 hembras y 34 machos) se encontraron sexualmente maduros (Tabla 31).

Tabla 31. Proporción de sexos, grados de madurez macroscópicos y longitud total (LT, cm) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Min: mínimo, máx: máximo

Estación	Especie (N tot)	Machos							Hembras						
		N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez				N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez			
Invierno	<i>Brevoortia aurea</i> (79)	34	23,0 - 34,0	27.3	1	2	3	5	45	23,0 - 34,0	28.6	1	2	3	5
	<i>Mugil liza</i> (3)								3	49,0 - 54,0	52.3			1	2
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (1)								1	58	ND				1
	<i>Pogonias corubina</i> (85)	44	32,0 - 42,0	34.8	9	20	14	1	41	31,0 - 39,0	35.1	28	11		2
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i> (11)	4	31,0 - 41,0	35.8					7	32,0 - 42,0	37.7			7	

En la Tabla 32 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para corvina en la Laguna de Rocha en invierno y primavera de 2019. El factor de condición promedio de las corvinas, expresado en porcentaje, fue menor en invierno ($W_{rm} = 93,74\%$) que en primavera ($W_{rm} = 101,07\%$).

Tabla 32. Parámetros estimados de la relación largo total (Lt, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para corvina (*Micropogonias furnieri*) de Laguna de Rocha en invierno (I) y primavera (P) de 2019. Tamaño de muestra (n), intercepto (a), pendiente (b), límites de los intervalos de confianza del 95% de a y b ($\pm IC_{95\%}$), coeficiente de determinación (r^2), valor del estadístico de Fischer (F) y su correspondiente valor de probabilidad (p-valor), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm} . En primavera el número de individuos fue insuficiente para estimar la relación largo-peso.

Estación	n	Rango Lt (cm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W_{rm} promedio \pm DS	a_m	b_m
				a	$IC_{95\%}(a)$	b	$IC_{95\%}(b)$	r^2	F	p-valor			
I	121	25-41	170-780	0,0076	0,0049-0,0159	3,09	2,97-3,22	0,95	2524	$2,2 \times 10^{-16}$	$93,7 \pm 6,5$	0,017	2,884
P	16	30-42	309-849	--	--	--	--	--	--	--	$101,1 \pm 10,7$		

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

Entre el 22 de febrero y el 15 de marzo de 2019 se realizaron 3 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de verano. En ese período se muestrearon un total de 233 camarones, de los cuales 96 fueron machos (LCT medio: 39,3 mm) y 137 hembras (LCT medio: 44,6 mm), presentando las hembras mayor LCT que los machos (Tabla 33, Figura 70). La distribución de tallas durante el verano presentó dos modas para cada sexo, la primera entorno a los 31 mm y 34 mm LCT para machos y hembras respectivamente y la segunda entorno a los 46 y 52 mm LCT para machos y hembras respectivamente (Figura 70).

Entre el 21 de marzo y el 24 de abril de 2019 se realizaron 7 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 546 camarones, de los cuales 276 fueron hembras (LCT medio: 39,3 mm) y 270 machos (LCT medio: 37,6 mm), presentando las hembras mayor LCT

que los machos (Tabla 33, Figura 71). La distribución de tallas durante el otoño, a diferencia de verano, presentó una única moda en torno a los 40 mm LCT para ambos sexos (Figura 71).

Tabla 33. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (*Penaeus paulensis*) discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2019 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

	Sexo	N	LCT (mm)		Peso (g)	
			Min-Max	Media \pm DS	Min-Max	Media \pm DS
Verano	Machos	96	26,3-52,2	39,3 \pm 8,34	4,1 1- 26,62	13,00 \pm 7,02
	Hembras	137	21,0-62,0	44,6 \pm 10,2	3,93 – 37,84	18,86 \pm 10, 00
Otoño	Machos	270	22,8-49,7	37,6 \pm 4,32	2,53 – 21,19	10,13 \pm 3,00
	Hembras	276	25,4-48,4	39,3 \pm 4,62	3,42 – 20,34	11,54 \pm 3,64

En la Tabla 34 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para camarón en la Laguna de Rocha en verano-otoño de 2019.

Tabla 34. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (*Penaeus paulensis*) de Laguna de Rocha en verano-otoño de 2019. 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 (r²), valor del estadístico de Fischer (F) y su correspondiente valor de probabilidad (p-valor), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm}.

n	Rango LCT (mm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W _{rm} promedio \pm DS	a _m	b _m
			a	IC _{95%} (a)	b	IC _{95%} (b)	r ²	F	p-valor			
760	22,8-62,0	2,5-37,8	0,0004	0,0003-0,0004	2,82	2,79-2,85	0,98	35920	2,2x10 ⁻¹⁶	101,5 \pm 7,1	0,0004	2,81

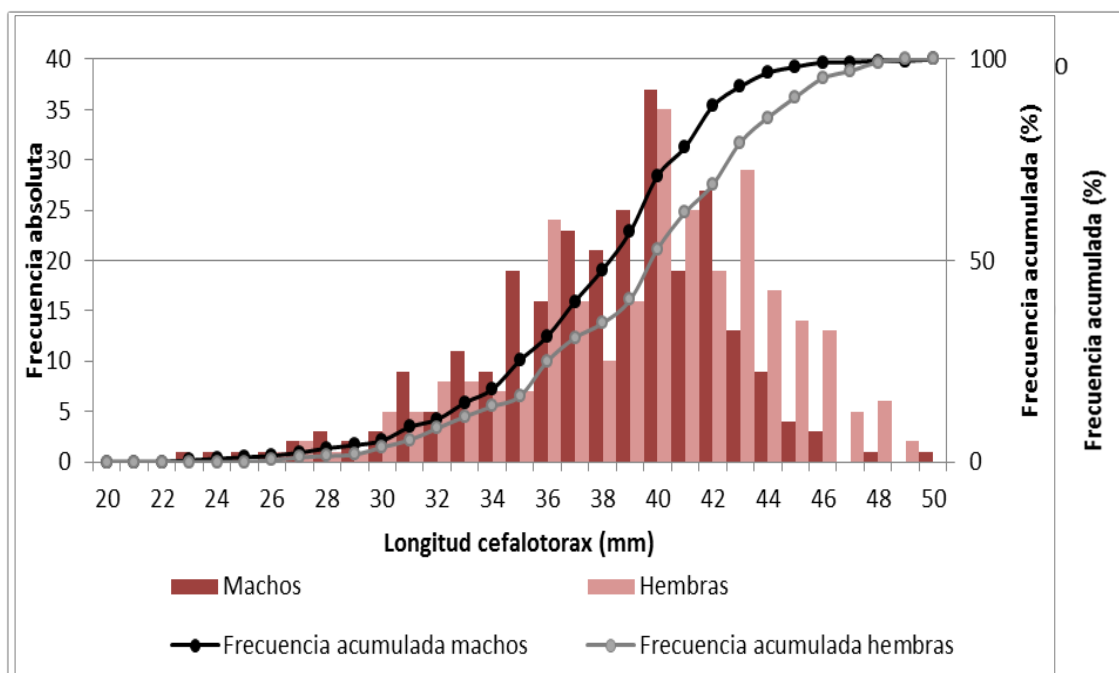


Figura 70. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de Rocha.

muestreados en verano de 2019 en la Laguna de Rocha.

Sirí

En verano no se capturaron ejemplares de *C. sapidus* en la pesca exploratoria con beam trawl (red de arrastre). Los individuos analizados en otoño fueron parte de la captura incidental de la pesca de camarón, siendo 139 machos (media: $74,8 \pm 18,6$ mm) y 91 hembras (media: $67,8 \pm 15,9$ mm) (Figura 72, Tabla 35). El 56.3 % de los ejemplares machos fueron inmaduros sexualmente y presentaron el abdomen soldado. En las hembras, el 98.9% de los ejemplares fueron inmaduros.

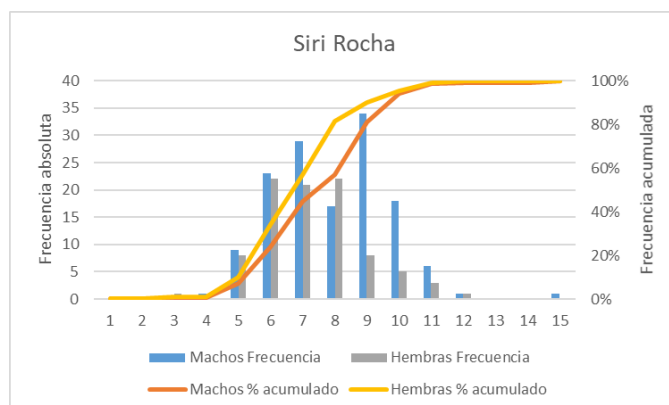


Figura 72. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos (n=139) y hembras (n=91) de *Callinectes sapidus* registrados en el muestreo de otoño de 2019 en la Laguna de Rocha.

Tabla 35. Estadísticos descriptivos básicos del ancho total (AT, mm) y peso (g) de los individuos de *Callinectes sapidus* discriminados por sexo en otoño de 2019 en la Laguna de Rocha. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	AT (mm)			Peso (g)		
		N	Mín-Máx	Media \pm DS	N	Mín-Máx	Media \pm DS
Otoño	Machos	139	33,5-148,0	74,8 \pm 18,6	119	2,59-105,7	33,1 \pm 19,3
	Hembras	91	29,9 - 80,9	67,8 \pm 15,9	78	7,29-81,0	25,5 \pm 15,78

Resultados de mercurio en músculo de especies de peces de valor comercial

Se registró una concentración de mercurio $< 0,031\text{mg/kg}$ (n° de muestra 01). Esta determinación se realizó en músculo de *Brevoortia aurea* (Lacha), para la cual se utilizó un pool de 10 individuos capturados en verano (2019) a partir de pesca artesanal.

3.3.4 Calidad de agua: Tributarios Laguna de Rocha

En los tributarios de la Laguna de Rocha la temperatura mínima (11°C) se registró en invierno en el arroyo Rocha (R10), mientras que la máxima (24°C) se registró en el arroyo Tres Afluentes (R11), en el verano (Figura 73). Para el período en estudio éste parámetro mostró una marcada estacionalidad.

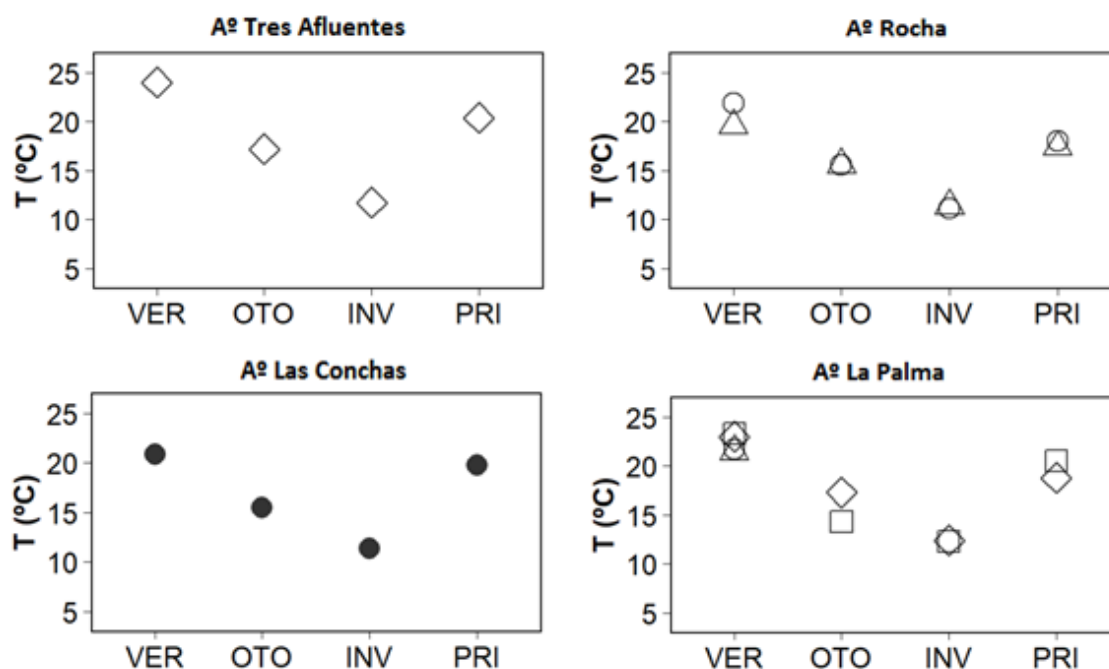


Figura 73. Variación estacional (2019) de la Temperatura (Temp) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Cañada Los Olivera (estación LC6), A° Castillos (estación LC7), A° Sarandí del Consejo (estación: LC8), A° Chafalote (estación: LC9) y A° Don Carlos (estación: LC10).

Respecto a los monitoreos mensuales realizados por DIANARA (MGAP), los valores de temperatura estuvieron comprendidos en un rango entre 12.2 y 23.7 °C en el arroyo Las Conchas y entre 12.1 y 26.4°C en el Puerto de los Botes (Figura 74), observándose también un patrón estacional. Los valores de salinidad variaron entre 0.0 y 3.0 en el arroyo Las Conchas y entre 0.1 y 6.4 en el arroyo Rocha (Figura 74).

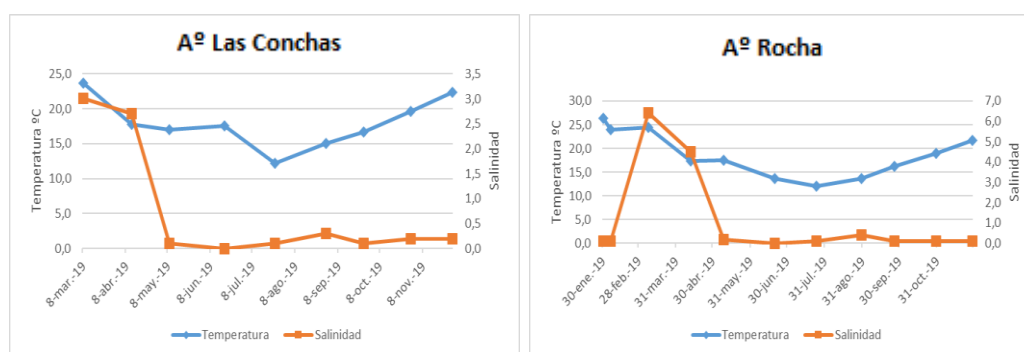


Figura 74. Variación de temperatura y salinidad (2019), en el Arroyo Rocha (estaciones monitoreo: Barra de Rocha y Puerto de los Botes) y Aº Las Conchas, del Monitoreo mensual de la DINARA (MGAP).

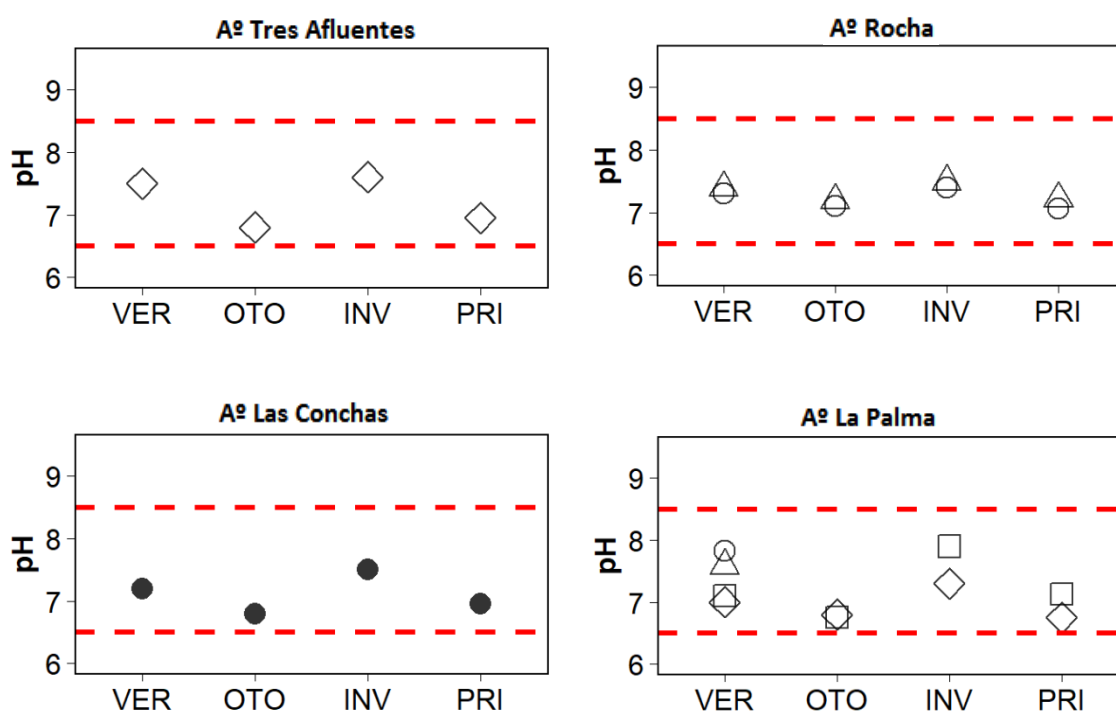


Figura 75. Variación estacional y espacial (2019) del pH en los principales tributarios de de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea roja entrecortada indica los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5).

El pH para todos los tributarios y durante el período de estudio se mantuvo dentro de los valores estándares contenidos en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5) (Figura 1Figura 75). En relación a los registros de oxígeno disuelto, únicamente los arroyos Tres afluentes y Rocha cumplieron durante todo el período con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L) (Figura 76). Las concentraciones mínimas se registraron en verano, en el embalse de arroyo La Palma (R4) y en el arroyo Las Conchas (R8) (4.6 mg/L y 4.4 mg/L, respectivamente).

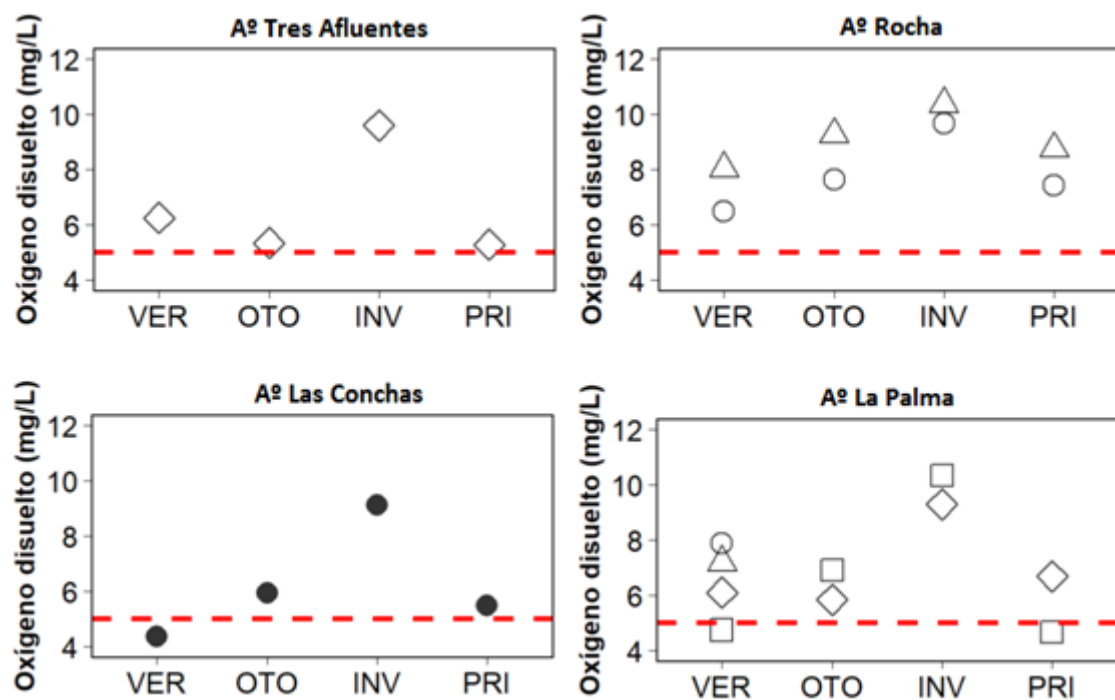


Figura 76. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea roja entrecortada indica el estándar (≥ 5 mg O₂/L) según el Decreto 253/79.

La conductividad presentó un rango de concentración entre 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$, registrándose el mínimo en el arroyo Rocha (R9) en primavera y el máximo en el arroyo tres Afluentes (R11) en verano 2019 (Figura 77).

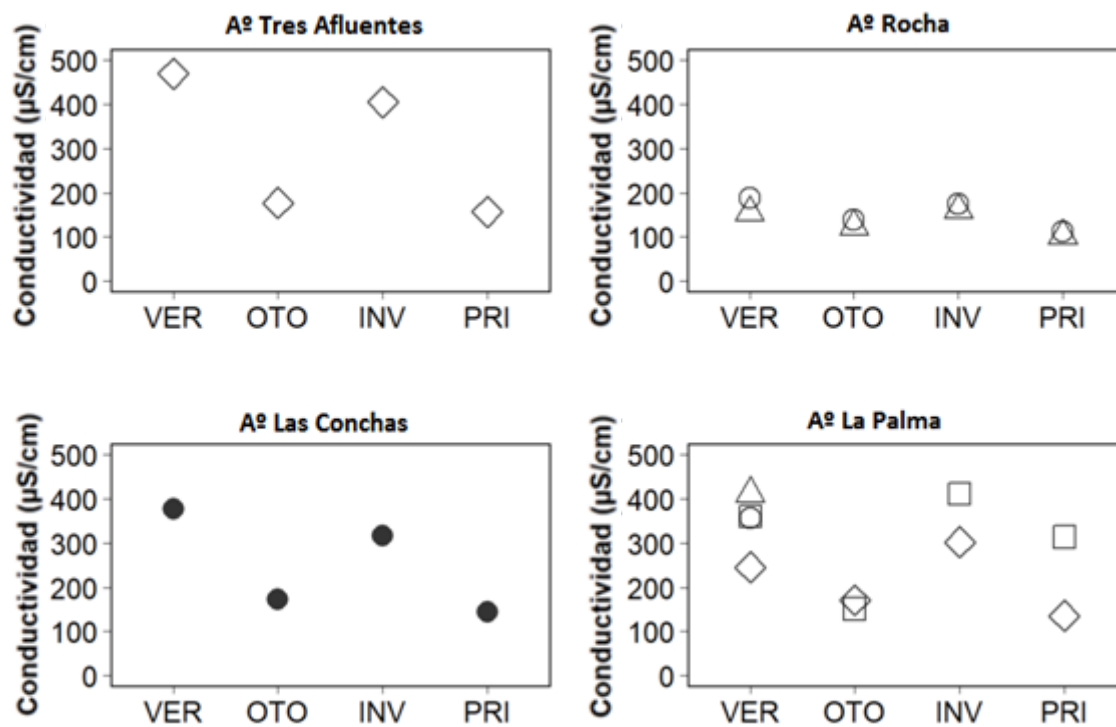


Figura 77. Variación estacional y espacial (2019) de la conductividad de los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo).

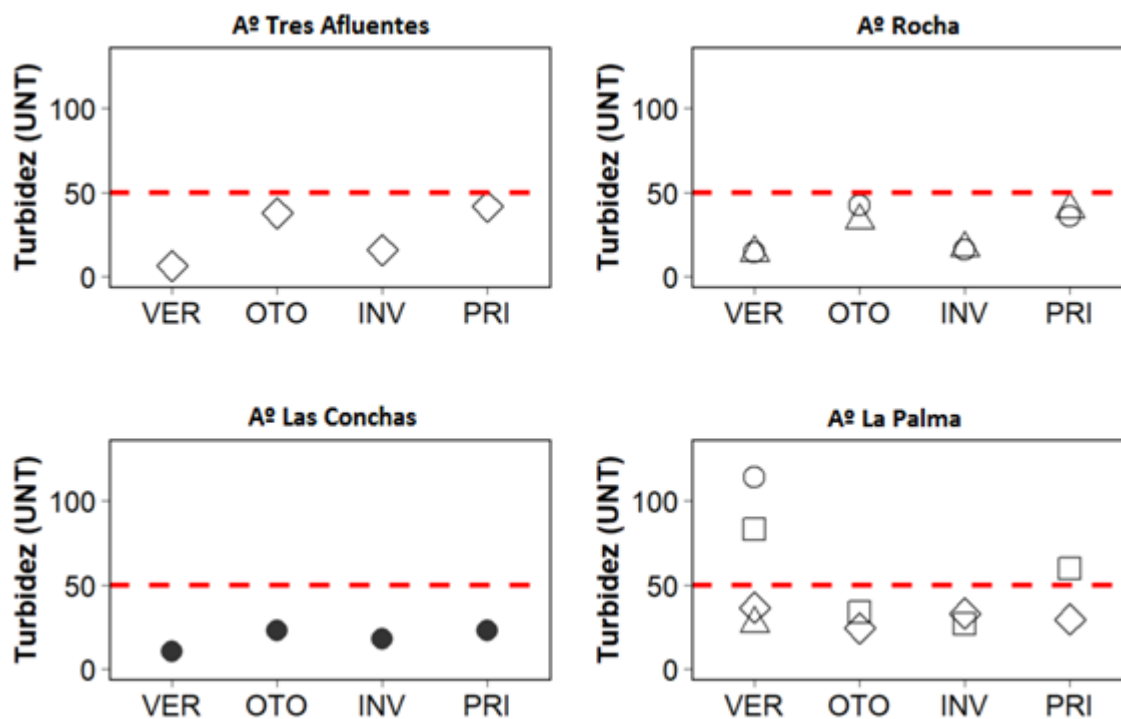


Figura 78. Variación estacional y espacial (2019) de la turbidez de los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea roja entrecortada indica el estándar (50 UNT) según el Decreto 253/79.

La turbidez presentó valores entre 6.5 NTU (Arroyo Tres Afluentes; R11) y 114 NTU (Arroyo La Palma; R5). A excepción del arroyo La Palma, los demás tributarios presentaron el mismo patrón estacional, en el cual los valores mínimos se registraron en verano e invierno y los máximos en otoño y primavera de 2019. El arroyo La Palma presentó valores superiores a la normativa ambiental (<50.0 NTU) (Figura 78).

En cuanto a los nutrientes nitrogenados, el **amonio** (Figura 79) presentó un rango de concentración de entre 8.0 µg N/L y 187.0 µg N/L. Este último valor tuvo lugar en el arroyo Las Conchas (R8), en verano de 2019. Los arroyos Rocha (R10) y La Palma (R4) también registraron valores elevados en otoño 2019 (148 µg N/L y 135 µg N/L, respectivamente). Los valores de **nitrito** variaron entre 3.0 µg N/L y 15 µg N/L, registrándose el máximo en el arroyo Las Conchas durante el verano, coincidiendo con el máximo de amonio, ambos valores registrados en el punto R8 para el verano 2019 (Figura 79 y Figura 80).

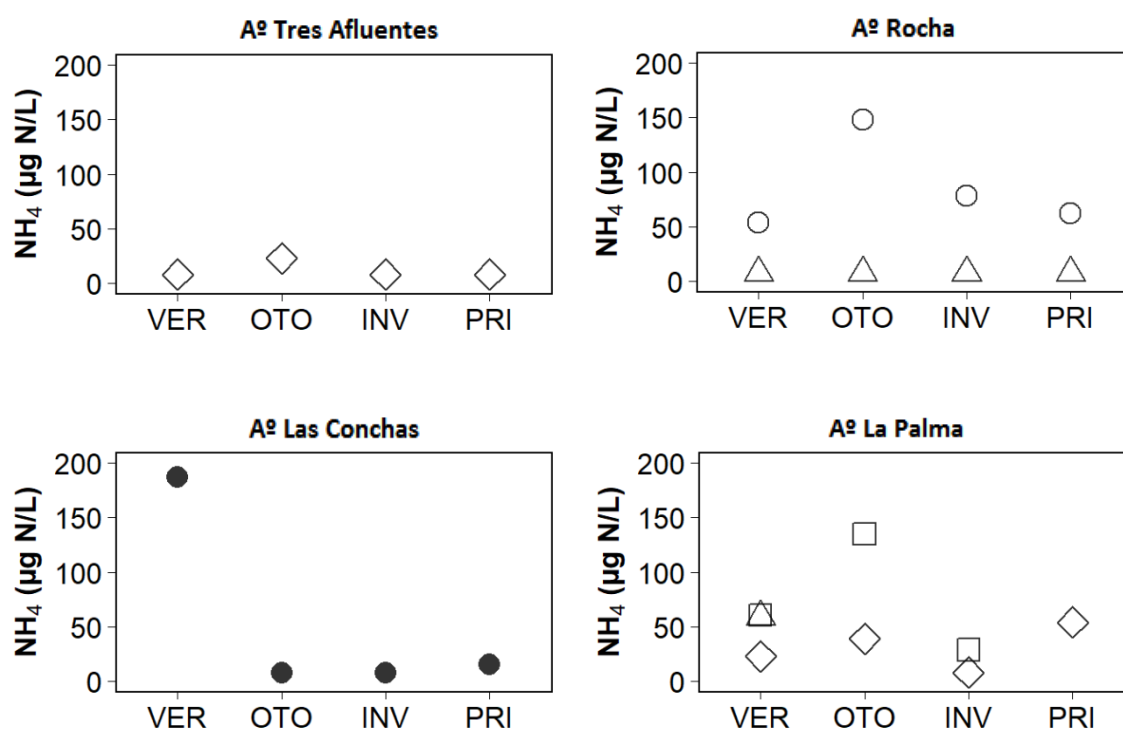


Figura 79. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de amonio (NH_4) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo).

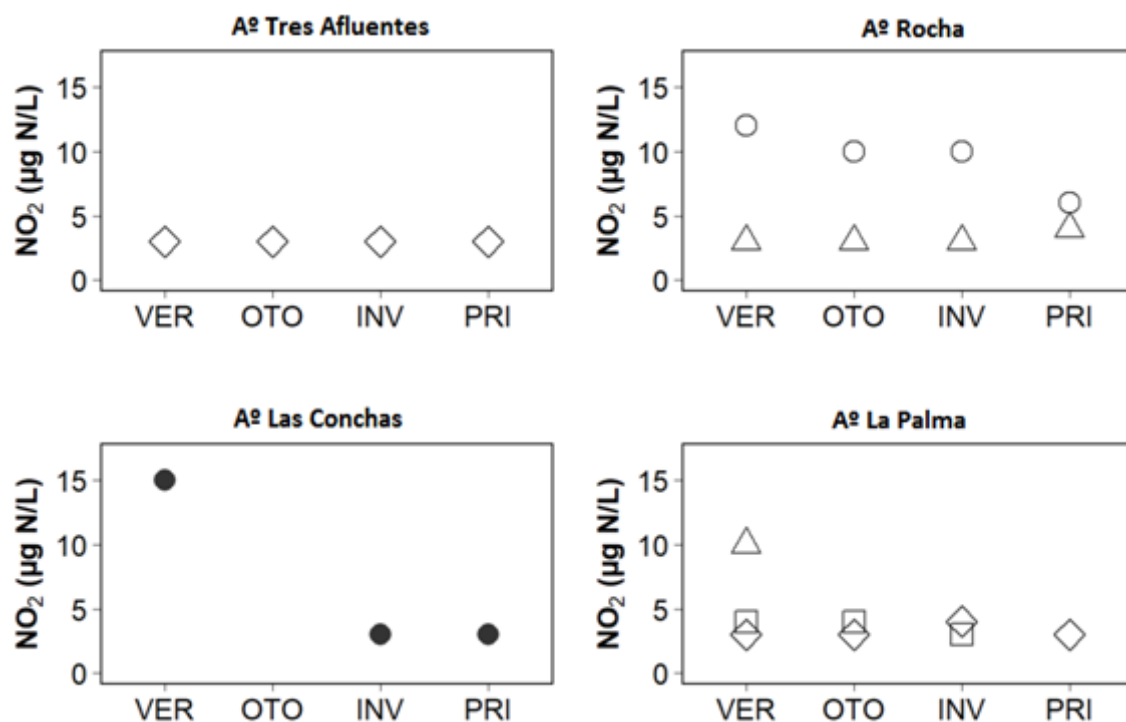


Figura 81. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de nitrito (NO₂) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo).

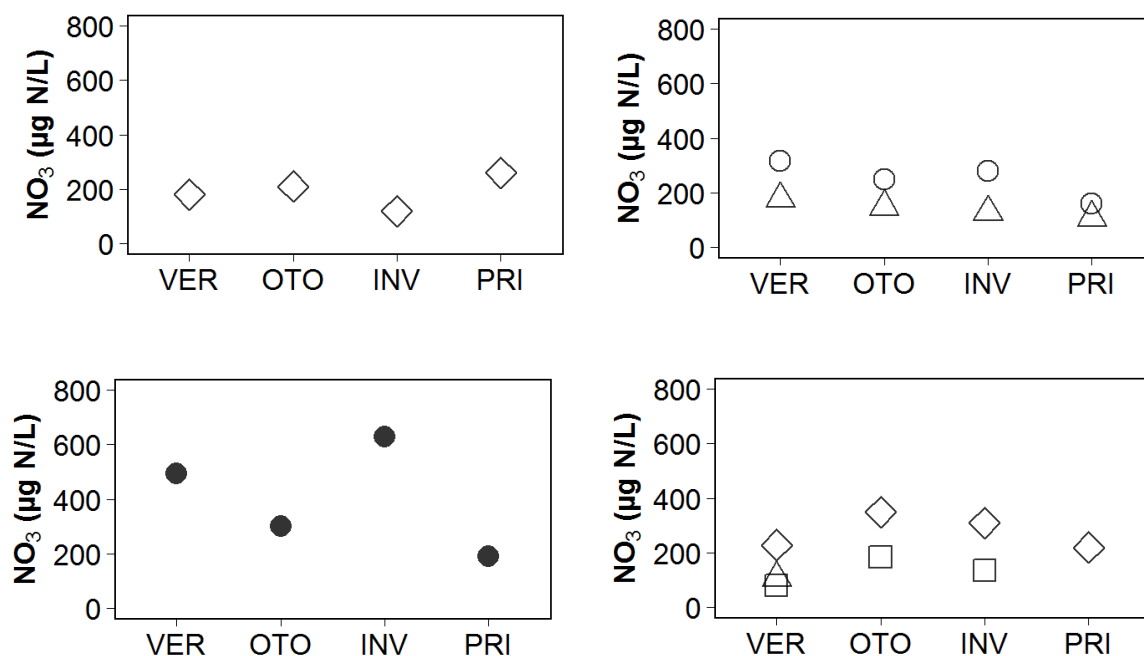


Figura 80. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de nitrato (NO₃) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua (≤ 500 µg/L).

El **nitrato (NO_3)** fluctuó entre 80 $\mu\text{g N/L}$ y 630 $\mu\text{g N/L}$ (Figura 81). Este valor máximo se observó en el arroyo Las Conchas (R8) en invierno del 2019. Para éste parámetro ningún valor incumplió con el estándar nacional del Decreto 253/79 ($\leq 10,0 \text{ mg de } \text{NO}_3$). Por último, el **nitrógeno total (NT)** presentó valores entre 200 $\mu\text{g N/L}$ (R9) y 1182 $\mu\text{g N/L}$ (R4) (Figura 82). Todos los valores registrados en los arroyos Las Conchas y La Palma superan el valor objetivo de 500 $\mu\text{g N/L}$ propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

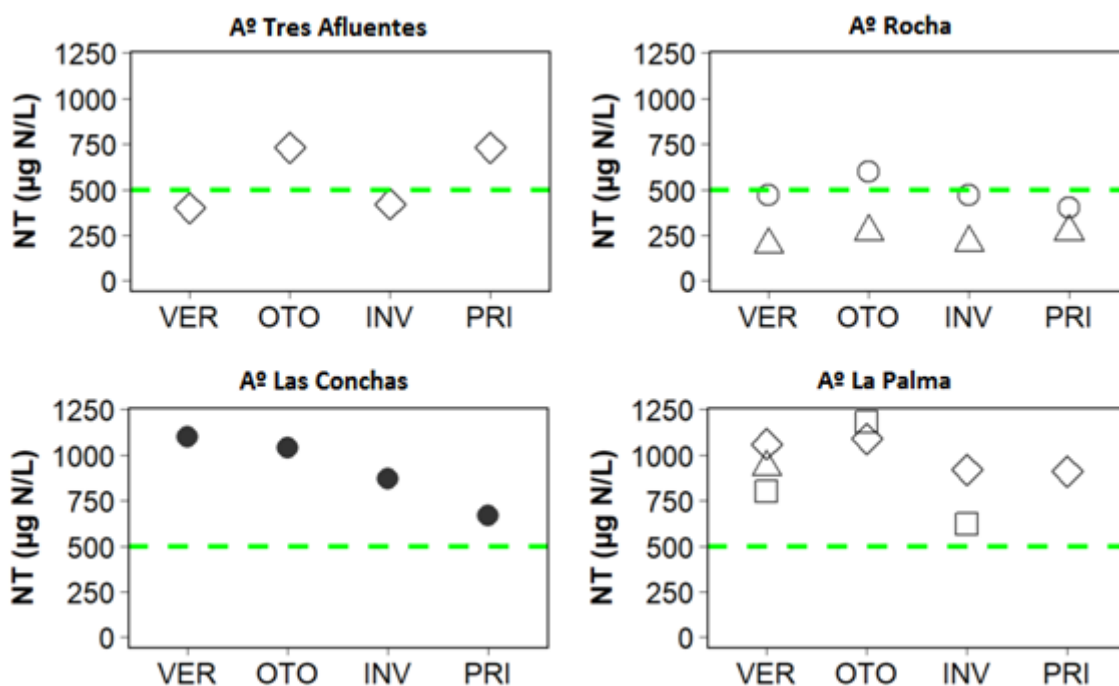


Figura 82. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

El **fósforo (PO_4)** presentó un rango de valores de entre 6.5 $\mu\text{g P/L}$ (R11) y 248 $\mu\text{g P/L}$ (R7), registrándose las mayores concentraciones en los arroyos La Palma y Las Conchas (Figura 83). El **Fósforo Total (PT)** mostró un rango de concentración de entre 40 $\mu\text{g P/L}$ (R9) y 330 $\mu\text{g P/L}$ (R7), el máximo se registró en el arroyo La Palma en otoño del 2019 (Figura 84). Todos los registros de fósforo total incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$). Al igual que el PO_4 , los valores más altos se observaron en los arroyos La Palma y Las Conchas.

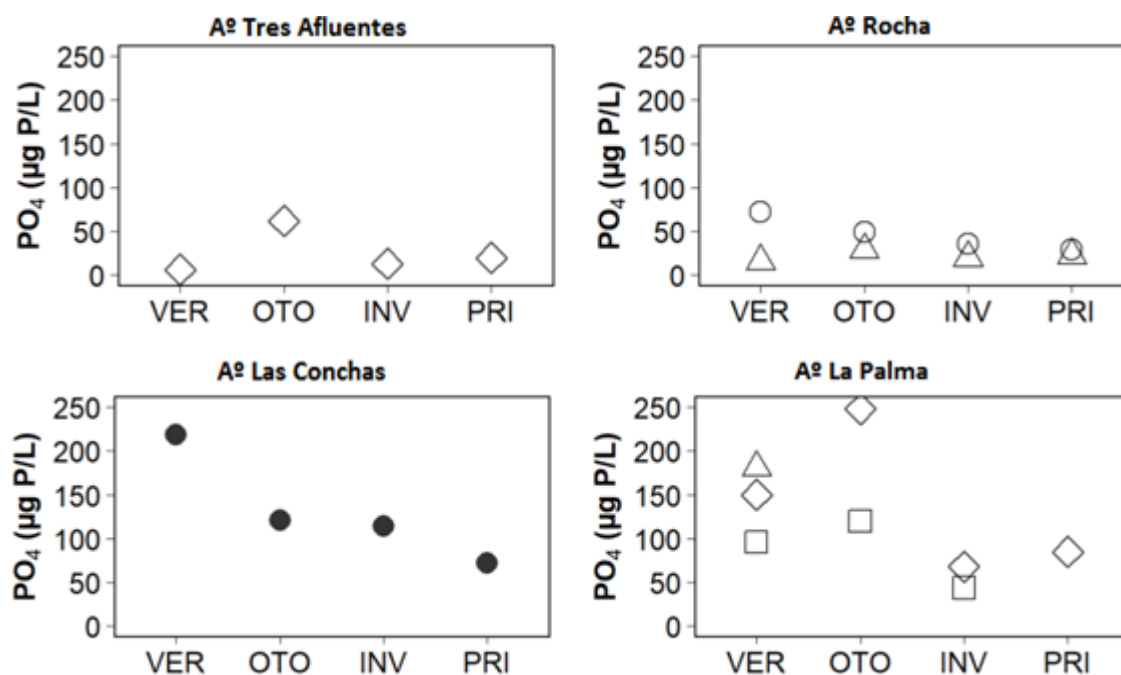


Figura 84. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de ortofosfato (PO₄) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo).

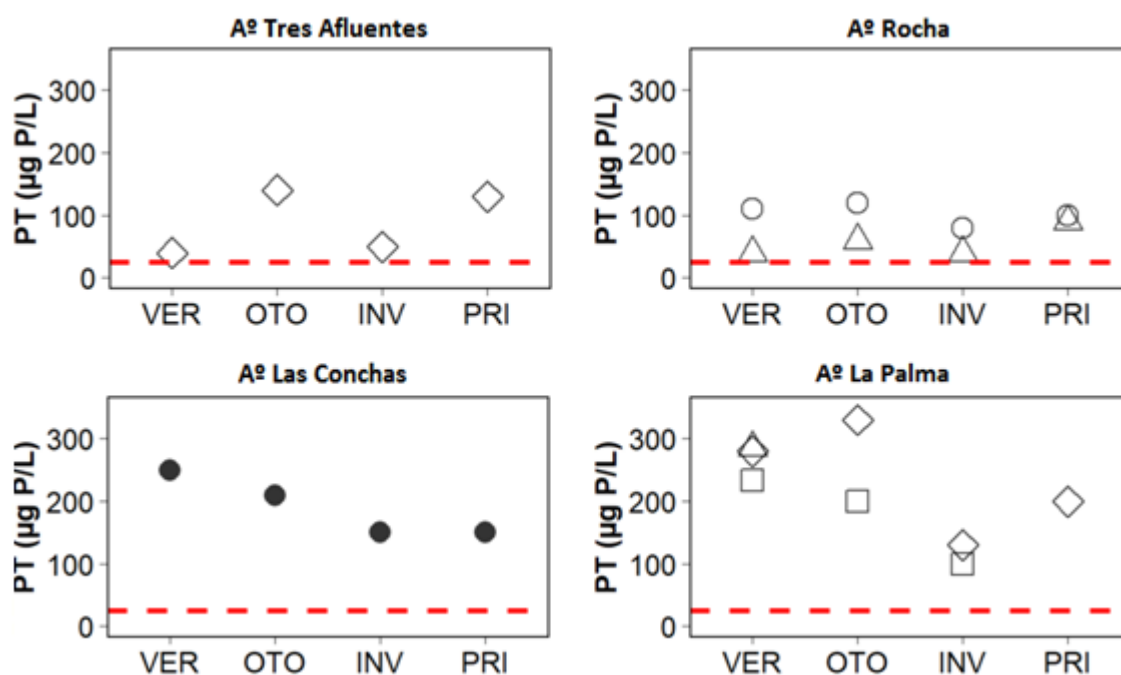


Figura 83. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° Tres Afluentes (estación R11), A° Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), A° Las Conchas (R8) y A° La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea roja entrecortada indica el estándar (25 µg P/L) según el Decreto 253/79.

Es importante observar se el impacto de la ciudad en el arroyo Rocha, observándose en general concentraciones más elevadas de nutrientes (tanto nitrogenados como fosforados), en el punto que se

encuentra aguas debajo de la ciudad de Rocha (R10), en relación al que se encuentra aguas arriba de la misma (R9).

La clorofila-a fluctuó entre 1.0 µg/L y 37.9 µg/L, registrándose el máximo en el puente del arroyo La Palma (R7). Los máximos de concentración de todos los tributarios ocurrieron en verano, a excepción del arroyo Rocha que presentó su mayor valor en invierno (Figura 85).

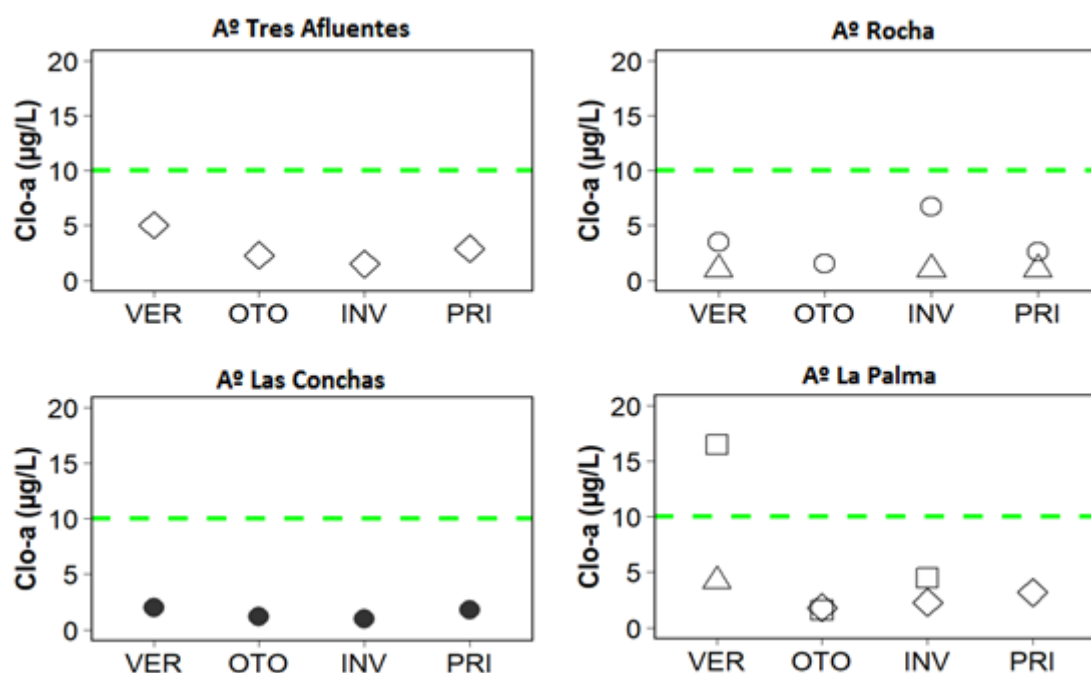


Figura 85. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de clorofila-a (Clo-a) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: Aº Tres Afluentes (estación R11), Aº Rocha (estaciones: R9 (triángulo) y R10 (círculo)), Aº Las Conchas (R8) y Aº La Palma (R4= cuadrado, R5=círculo, R6=triángulo, R7=rombo). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua (10 µg/L).

Los **coliformes termotolerantes** (Tabla 36) se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales admitido por el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml), a excepción de un único valor registrado en el arroyo Rocha (estación: R10) en otoño (8000 UFC/100ml).

Tabla 36 .Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los tributarios de La Laguna de Rocha registrados en 2019 para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Arroyo Rocha (puente)	Arroyo Rocha (Toma Usina)	Arroyo Tres Afluentes	Arroyo La Palma	Arroyo La Palma (puente)	Arroyo Las Conchas
2019	Verano	80	240	40	70	130	110
	Otoño	8000	250	570	760	130	410
	Invierno	220	140	20	80	sd	100
	Primavera	44	35	42	57	54	27

3.3.4.1 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 en el 2019 presentó un rango de concentración de entre 43.3 mg/Kg y 200.3 mg/Kg para el **fósforo total** en las estaciones R6 y R4 respectivamente en el verano y de entre 48.4 mg/Kg y 583.7 mg/Kg para el **nitrógeno total**, en las estaciones R6 en verano para el mínimo y R4 en invierno para el máximo registrado. La **clorofila-a** presentó un máximo de 16.1 mg/Kg, al igual que los nutrientes en primavera el punto de monitoreo R4. En cuanto a la atrazina, todos los valores determinados se encontraron por debajo del límite de detección analítico (Tabla 37).

Tabla 37. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del embalse del Arroyo La Palma.

Año	Nombre Estación	Fecha Muestreo	Clorofila <i>a</i> (mg/Kg)	MO (mg/g peso seco)	PT (mg/Kg)	NT (mg/Kg)	Atrazina	
							(µg/Kg)	LD
2019	Embalse	10/08/2017					<LD	0.1
	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

3.4 Cuenca de la Laguna de Castillos

3.4.1 Calidad del agua

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 Aº Valizas. El Bolsón del Chafalote es la zona de descarga de agua proveniente de un amplio sistema de humedales de agua dulce, pero tiene características lénticas. El arroyo 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 de Valizas estuvo abierta 100 % del tiempo durante el 2019, por consiguiente, la laguna de Castillos estuvo conectada con el mar durante todo el año.

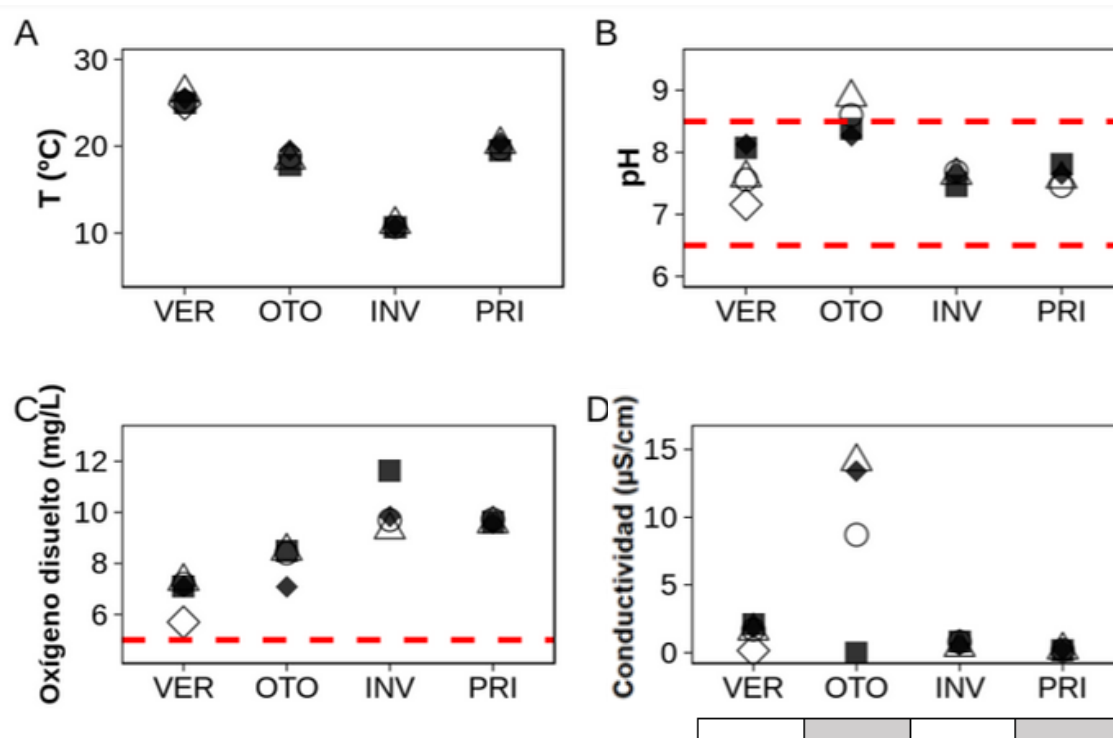


Figura 86. Variación espacial y estacional de temperatura (A), pH (B), oxígeno disuelto (C) y conductividad (D) de la Laguna de Castillos (2019): norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). En la parte inferior del gráfico de conductividad se presenta el estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y posiblemente abierta (gris). La línea roja entrecortada indica los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) y oxígeno disuelto (≥ 5 mg O₂/L) según el Decreto 253/79.

La temperatura del agua en la Laguna de Castillos presentó valores entre 10.7 y 26.2 °C, observándose un claro patrón estacional, registrando los máximos en verano y los mínimos en invierno (Figura 86A.). El valor promedio para el período estudiado fue de 18.6 ± 5.5 °C.

El pH varió entre 7.16 y 8.89, superando marginalmente y en dos ocasiones el nivel máximo del rango establecido por el Decreto 253/79 (6.5-8.5). El valor promedio para el período estudiado fue de 7.89 ± 0.48 (figura 86B). El oxígeno disuelto presentó variaciones entre 5.7 y 11.6 mg/L, con un promedio de 8.88 ± 1.3 mg/L (Figura 86C). El porcentaje de saturación de oxígeno promedio para el período fue de 94.9%. La conductividad presentó el valor máximo en el sur y en el A° Valizas (cercano a 14 mS/cm) y el mínimo en el norte en otoño (cercano a 0 mS/cm). En el resto de los muestreos los valores de conductividad fueron más homogéneos. La conductividad promedio para todos los sitios de la laguna fue de 2.6 ± 4.3 mS/cm (Figura 86D).

Los valores de turbidez variaron entre 0 y 85.9 UNT, superando en dos ocasiones el límite establecido por el Decreto 253/79 (máx 50 UNT), y el valor promedio (considerando norte, centro y sur) fue de 31.7 ± 24.1 UNT (Figura 87A). Los valores máximos se registraron en el muestreo de invierno.

Los sólidos suspendidos totales (Figura 87B) promediaron 24.0 ± 14.7 mg/L y la materia orgánica de los sólidos en suspensión 4.5 ± 5.1 mg/L. Los sólidos totales en suspensión presentaron los valores máximos en verano (en el norte) y en invierno (en norte y centro) de la laguna, mientras que la materia orgánica de los sólidos en suspensión presentó su valor máximo en verano (norte) (Figura 87C).

Los máximos valores de amonio (NH_4) se registraron en el norte y centro de la laguna en el muestreo de otoño (Figura 88A). El valor promedio (considerando norte, centro y sur) fue de 45.9 ± 51.8 $\mu\text{g N/L}$. El nitrito (NO_2) varió su concentración entre valores menores al límite de detección (<1 $\mu\text{g N/L}$) y 6.1 $\mu\text{g N/L}$, siendo el promedio de los sitios norte, centro y sur de 3.2 ± 1.9 $\mu\text{g N/L}$ (Figura 88B).

La concentración de nitrato (NO_3) varió entre valores menores al límite de detección (<10 $\mu\text{g N/L}$) y 180 $\mu\text{g N/L}$, coincidiendo los valores máximos con el muestreo de primavera. El promedio de los sitios norte, centro y sur fue de 58.5 ± 70.3 $\mu\text{g N/L}$ (Figura 88C). La concentración de nitrógeno total varió entre 235.0 y 1699.0 $\mu\text{g N/L}$, registrándose el valor máximo en verano, en la zona norte. El valor promedio para las zonas norte, centro y sur fue de 611.8 ± 391.8 $\mu\text{g N/L}$ (Figura 88D), superando en primavera y verano los valores guía establecidos por la Mesa Técnica del Agua (2017).

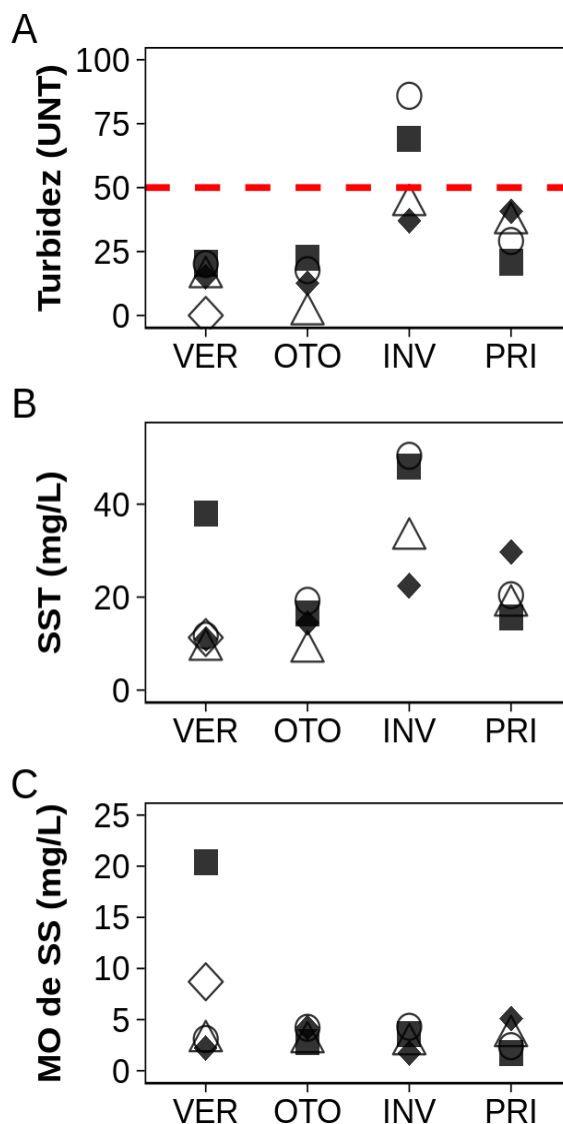


Figura 87. Variación espacial y estacional de turbidez (A), sólidos suspendidos totales (B) y materia orgánica de los sólidos en suspensión (C) de la Laguna de Castillos: Norte (cuadrado), Centro (círculo), Sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea roja entrecortada indica el valor límite de turbidez (50 UNT) según el Decreto 253/79.

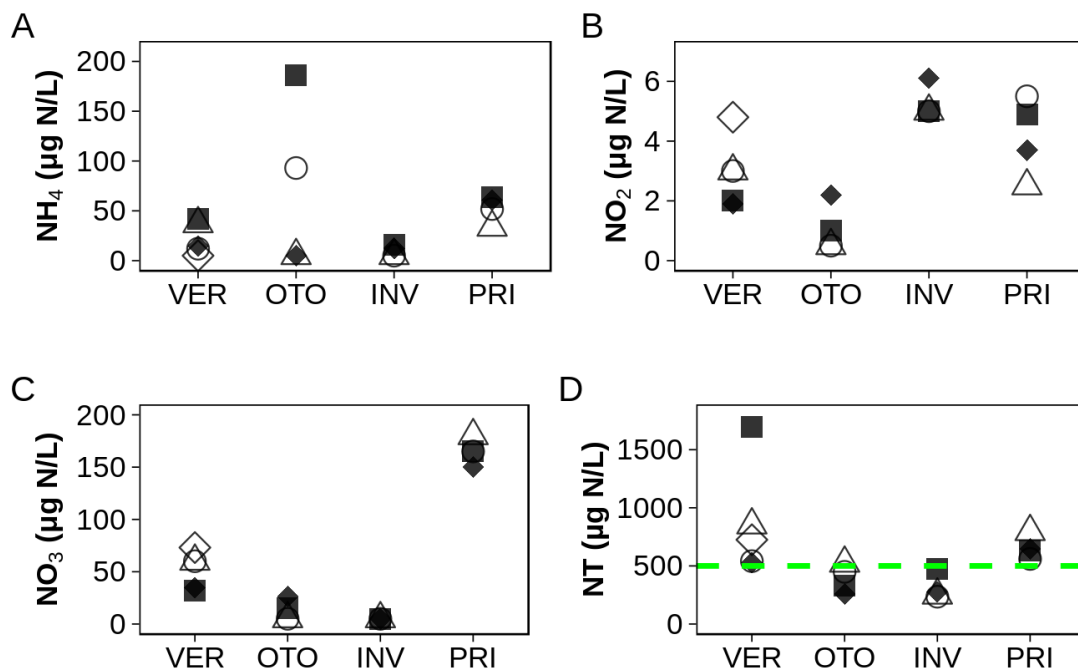


Figura 88. Variación espacial y estacional de amonio (A), nitrito (B), nitrato (C) y nitrógeno total (D) de la Laguna de Castillos: norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea verde entrecortada indica el valor guía de NT (500 µg N/L) propuesto por la Mesa Técnica del agua (2017).

La concentración de ortofosfato (PO₄) varió entre valores menores al límite de detección (<10 µg P/L) y 40.7 µg P/L. El máximo se registró en la zona norte en el muestreo de invierno (Figura 89A). El promedio para los tres sitios dentro de la laguna (norte, centro y sur) fue de 20.7 ± 12.9 µg P/L. El fósforo total varió entre 28.6 y 231.9 µg P/L, registrándose los máximos durante el verano, y en especial en la zona norte de la laguna (Figura 89B). El promedio para los tres sitios de la laguna fue de 85.2 ± 56.5 µg P/L.

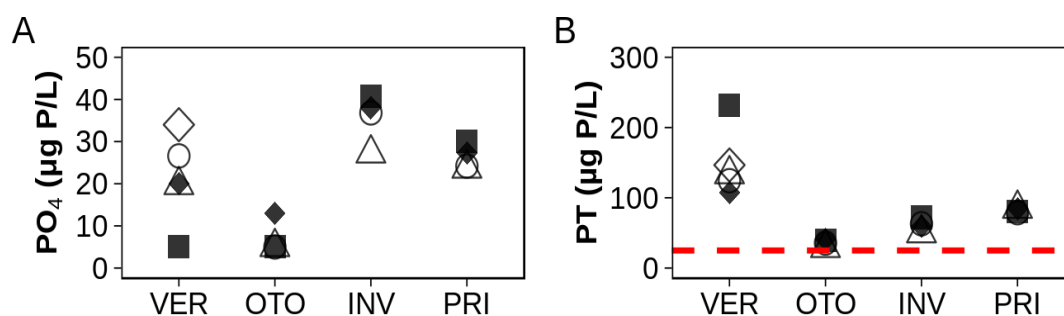


Figura 89. Variación espacial y estacional de la concentración de ortofosfato (A) y fósforo total (PT) (B) de la Laguna de Castillos (2019): norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea roja entrecortada indica el estándar de fósforo total (25 µg P/L) según el Decreto 253/79.

La clorofila-a varió entre 1.5 y 190.7 µg/L, siendo el máximo valor registrado en verano, en la zona norte (Figura 90). Los valores de clorofila-a en norte, centro y sur de la laguna promediaron 20.0 ± 53.8 µg/L.

Salvo el valor máximo registrado, el resto de los valores fueron inferiores o similares al valor guía de 10 µg/L establecido por la Mesa Técnica del Agua (2017).

Los coliformes termotolerantes presentaron valores de concentración de entre <4.0 y 700 UFC/100 ml, encontrándose los valores máximos en el A° Valizas en otoño (Tabla 38). Durante el período estudiado ningún valor superó el límite establecido por el Decreto 253/79 (2000 UFC/100 ml para muestras puntuales).

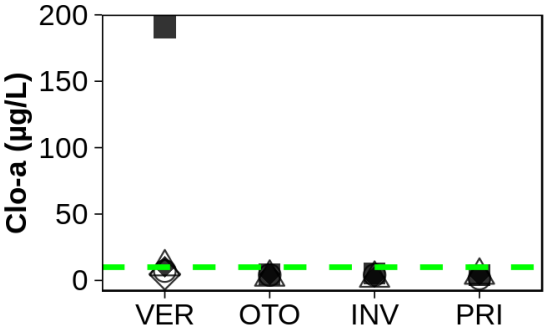


Figura 90. Variación espacial y estacional de clorofila-*a* de la Laguna de Castillos: norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro). La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto de Clorofila *a* (10 µg/L) según la Mesa técnica del agua (2017).

Tabla 38. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Castillos registrado para el período de estudio (2019) para las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Centro	Sur	Bolsón del Chafalote	A° Valizas
Verano	<5	5	5	5	45
Otoño	15	15	10	-	700
Invierno	36	22	16	-	5
Primavera	8	<4	4	-	40

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 10 mg O₂/L. El máximo se registró en la zona norte de la laguna en verano. Salvo éste, el resto de los datos fueron menores al límite establecido por el Decreto 253/79 (10 mg O₂/L) (Tabla 39).

Tabla 39. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en la Laguna de Castillos registrado para el período de estudio (2019) para las cuatro estaciones del año.

Estación	Norte	Centro	Sur	Bolsón del Chafalote	A° Valizas
Verano	10	<2	<2	<2	<2
Otoño	<2	<2	<2	-	2
Invierno	<2	<2	<2	-	<2
Primavera	<2	<2	<2	-	<2

3.4.2 Calidad de los sedimentos

La materia orgánica del sedimento (MO sed) osciló entre 8.2 y 43.5 mg/gPS. El valor máximo se registró en el A° Valizas. En general las zonas norte y centro presentaron valores mayores que en la zona sur (Figura 91A). El valor promedio para las zonas norte, centro y sur de la laguna fue 22.2 ± 7.7 mg/gPS.

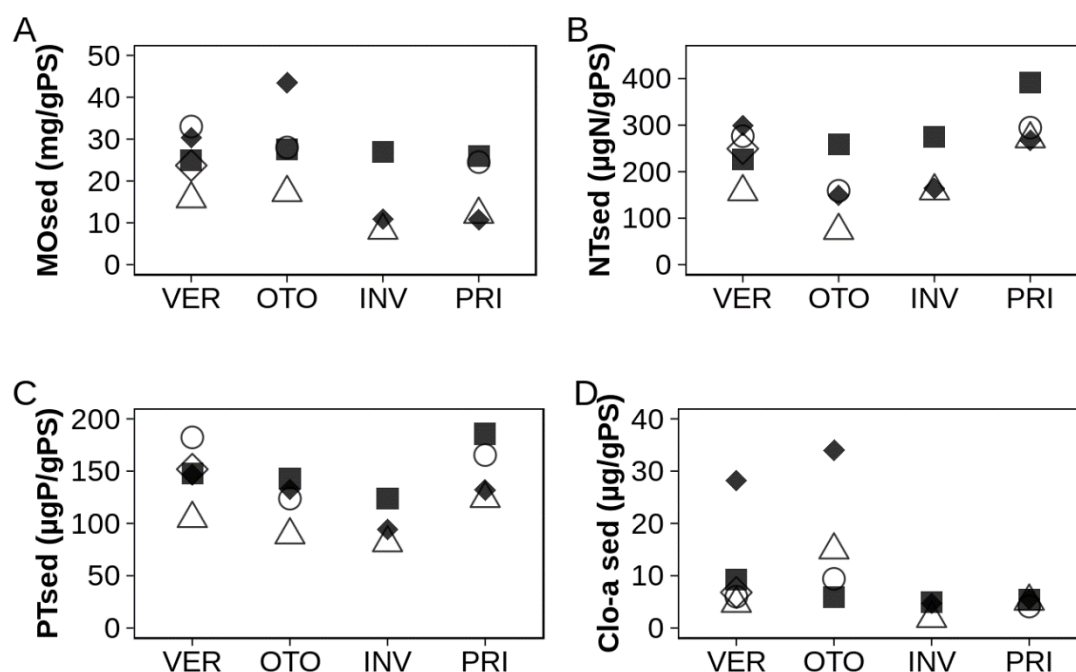


Figura 91. Variación espacial y estacional (2019) de materia orgánica (A), nitrógeno total (B), fósforo total (C) y clorofila-a (D) del sedimento de la Laguna de Castillos: norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

La concentración de nitrógeno total del sedimento (NTsed) varió entre 73.3 y 391.1 µg N/gPS, encontrándose los máximos en la zona norte (salvo en verano) y los valores mínimos en la zona sur de la laguna (Figura 91B). El promedio para los tres sitios de la laguna fue de 230.8 ± 87.7 µg N/gPS. La concentración de fósforo total del sedimento varió entre 81.4 y 185.6 µg P/gPS, presentando los valores máximos en verano (zona centro) y en primavera (zonas norte y centro). Los mínimos se observaron en la zona sur para todos los muestreos (Figura 91C). El promedio para los sitios norte, centro y sur fue de 133.6 ± 34.9 µg P/gPS.

La concentración de clorofila-a del sedimento (Clo-a sed) varió entre 1.8 y 34.0 µg/gPS, observándose los máximos en A° Valizas en verano y otoño, coincidiendo con valores altos de materia orgánica del sedimento (Figura 91D). El promedio para el norte, centro y sur de la laguna fue de 6.5 ± 3.5 µg/gPS.

Respecto a los metales analizados (Tabla 40), si bien se obtuvieron valores cuantificables para el Cr y Cu, los mismos se encontraron 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 de agroquímicos determinadas (Tabla 40), presentaron valores por debajo de los límites analíticos.

Tabla 40. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna Castillos en el período 2019. NA: no aplica; el (-): no corresponde análisis en ese período.

Parámetro	Verano Primavera 2019						Primavera 2019				
	C1	C2	C3	C4	LD	LC	C1	C2	C3	LD	LC
As mg/Kg	<10	<15	<15	<10			<5,0	<5,0	<5,0		
Cd mg/Kg	<LC	<LC	<LC	<LC	0,2	1	<LD	<LD	<LD	0,2	1
Cu mg/Kg	5,6	18	13	17	1	3	2,0	10	6,3	0,4	2
Cr mg/Kg	2,7	12	8,1	12	0,4	2	3,0	8,8	7,6	1	3
Hg mg/Kg	<LC	<LC	<LC	<LC	0,004	0,02	<LC	0,035	0,026	0,004	0,02
Pb mg/Kg	<LC	<10	<LC	<LC	2	7	<LC	<LC	10	2	7
Glifosato mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LC	0,09	0,23	<LD	0,38	<LD	0,14	0,34
Aldrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Dieldrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Endrin µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDD µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDE µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
p,p'DDT µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDD µg/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDE µg/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
o,p DDT µg/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
EndosulfanAlfa µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
EndosulfanBeta µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Endosulfansulfato µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Heptacloro µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Heptacloroepoxido µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Metoxicloro µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Cipermetrina µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,2	NA	<LC	<LC	<LC		0,15
Atrazina µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	-	-	-	-	-
Clorpirifos µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA
Malation µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	NA	<LD	<LD	<LD	0,05	NA

Los compuestos **Bifenilos policlorados (PCB)** indicadores, al igual que los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)** fueron analizados únicamente en el verano del 2019 (Tabla 41). Todos los **PCBs indicadores** determinados presentaron valores por debajo de límite de detección analítico (LD: 0.1 ug/kg).

Respecto a los PAHs si bien algunos registraron valores cuantificables (Tabla 41), ninguno de éstos superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014).

Tabla 41. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y Bifenilos policlorados (PCB) indicadores determinados en el sedimento de la Laguna Castillos en el verano 2019. 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

	Verano Primavera 2019					Estándar GESTA-AGUA
Parámetro	C1	C2	C3	C4	LD	
PCB28 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
PCB52 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
PCB101 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
PCB138 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
PCB153 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
PCB180 µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1	
Naftaleno µg/Kg	2	7	7	7	1	34.6
Acenaphileno µg/Kg	1	1	1	1	1	5.87
Acenaftaleno µg/Kg	1	1	1	1	1	-
Fluoreno µg/Kg	1	4	2	3	1	21.2
Fenantreno µg/Kg	2	12	7	9	1	41.9
Antraceno µg/Kg	1	4	2	3	1	46.9
Fluorantreno µg/Kg	3	18	12	16	1	111
Pireno µg/Kg	2	9	6	8	1	53
Benzo(a)antraceno µg/Kg	1	4	2	3	1	31.7
Criseno µg/Kg	1	5	3	3	1	57.1
Benzo(b)fluoranteno µg/Kg	2	8	6	7	1	-
Benzo(k)fluoranteno µg/Kg	1	3	2	2	1	-
Benzo(a)pireno µg/Kg	1	1	1	1	1	31.9
Indeno(1,2,3-cd)pireno µg/Kg	1	6	4	5	1	-
Dibenz(a,h)antraceno µg/Kg	1	1	1	1	1	6.22
Benzo(ghi)pireleno µg/Kg	1	8	4	5	1	-
PAHs Totales µg/Kg	22	92	61	75	1	*22800

3.4.3 Parámetros biológicos

Fitoplancton

Se registraron 32 taxa de fitoplancton pertenecientes a 6 clases; BACILLARIOPHYCEAE (20), CYANOPHYCEAE (6), ZYGNEMATOPHYCEAE (2), CHLOROPHYCEAE (2), CHRYSOPHYCEAE (1) y EUGLENOPHYCEAE (1).

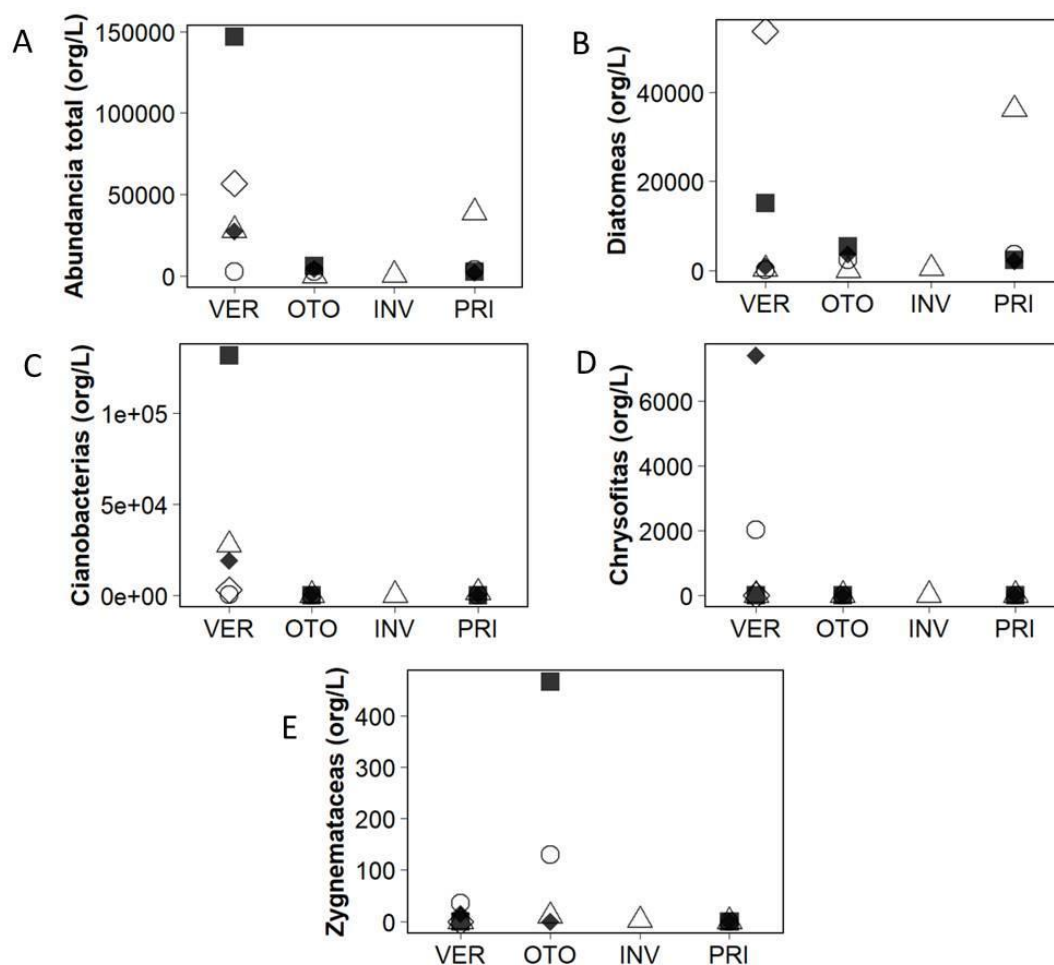


Figura 92. Variación espacial y estacional (2019) de abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C) chrysofitas (D) y zygneataceas (E) de la Laguna de Castillos: norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

La abundancia total máxima se registró en verano en la zona norte (1.46×10^5 org/L) (Figura 92A) debido a una floración de cianobacterias del género *Dolichospermum*, principalmente *D. planctonicum*, y a *D. circinalis* y *D. spiroides* que alcanzaron abundancias de 1.3×10^5 org/L (Figura 92C). En conjunto con esta floración de cianobacterias, se registró una gran abundancia de la diatomea *Aulacoseira granulata* var

angustissima, la cual registró su máximo en el Bolsón del Chafalote ($5,3 \times 10^4$ org/L) (Figura 92B). Asimismo, en verano hubo un aumento de chrysofitas en el A° Valizas (7403 org/L). En primavera volvieron a registrarse altas abundancia de *A. granulata*, en la zona sur de la laguna ($3,6 \times 10^4$ org/L) (Figura 92B) y *Dolichospermum spp.* pero en mucho menor densidad (1398 org/L) (Figura 92C). Por último, las Zygnemataceas (*Mougeotia* y *Spirogyra*) presentaron un aumento en otoño (466 org/L) en el punto norte (Figura 92E).

Comunidad bentónica

En la Laguna de Castillos se identificaron 17 taxa de los 23 registrados a la fecha (Tabla 42, Anexo 2). A lo largo del año la riqueza específica varió entre cuatro y ocho taxa para todos los puntos, con la excepción del A° Valizas que en verano presentó una riqueza de 14 taxa; por su parte las mayores abundancias totales se observaron para la zona sur mientras las menores para el A° Valizas (Figura 93). La clase más abundante, a excepción del verano, fueron los Gastropoda, seguidos de los Bivalvia y los Polychaeta. Verano fue la única estación del año donde los Bivalvia fueron la clase más abundante, superando por un 4% a los Gastropoda (Figura 94). La especie dominante de la comunidad bentónica durante el verano fue la almeja *Erodona mactroides* (45.7%), mientras en los restantes meses lo fue el caracol *Heleobia aff. australis*, con abundancias relativas que variaron entre 47.7 a 54.1% (Anexo 2).

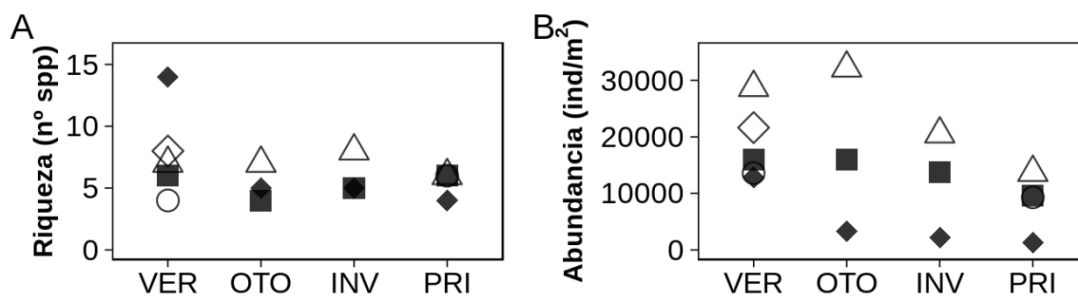


Figura 93. Variación espacial y estacional de abundancia total de fitoplancton (A), diatomeas (B), cianobacterias (C) chrysofitas (D) y zygnemataceas (E) de la Laguna de Castillos: norte (cuadrado), centro (círculo), sur (triángulo), Bolsón del Chafalote (rombo claro) y A° Valizas (rombo oscuro).

Tabla 42. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna Castillos durante 2019.

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>
	Bivalvia		Pyramidellidae	Indeterminado	<i>Heleobia</i> <i>parchappii</i>
					<i>Erodona mactroides</i>
Annelida	Polychaeta		Corbulidae	<i>Erodona</i>	<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>
			Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>
			Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Laeonereis</i>
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>pandoensis</i>
Arthropoda	Hirudinea			Indeterminada	
	Ostracoda		Cypridae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
	Hexanauplia		Balanidae	<i>Amphibalanus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>
	Malacostraca		Munnidae	<i>Uromunna</i>	<i>Uromunna</i> cf. <i>peterseni</i>
			Panopeidae	Indeterminado	
			Portunidae	<i>Callinectes</i>	Indeterminado
			Tanaididae	<i>Sinelobus</i>	<i>Sinelobus stanfordi</i>
	Insecta			Chironomidae	Indeterminado
Cnidaria	Hydrozoa			Indeterminado	

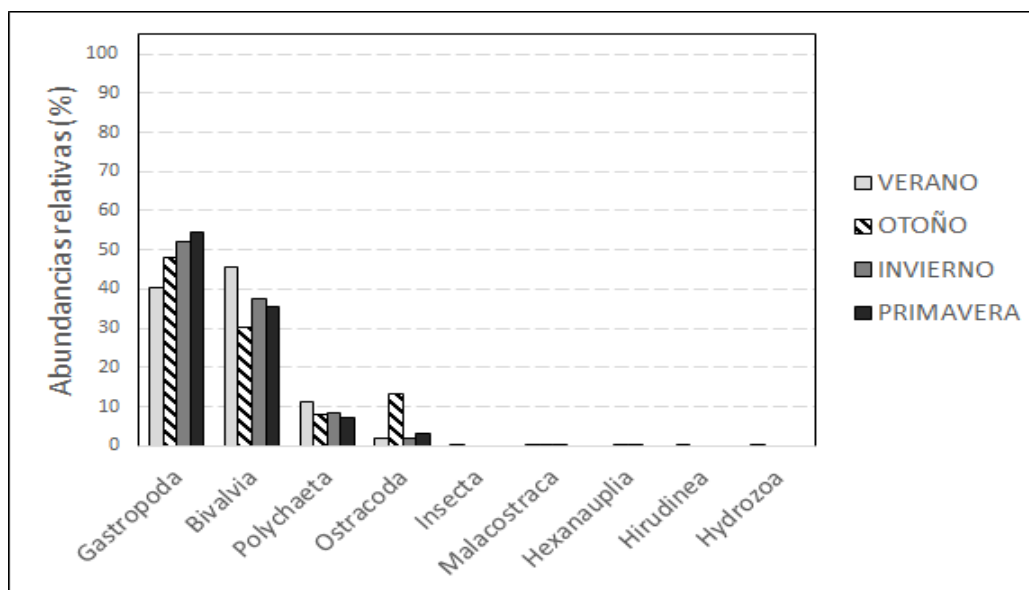


Figura 94. Abundancia relativa de las clases taxonómicas de la comunidad bentónica identificadas en la Laguna de Castillos, considerando las cuatro estaciones del año.

Misidáceos e ictioplancton

El muestreo se realizó únicamente en la zona centro de la laguna, a excepción de primavera donde además se muestreó la zona sur.

El verano fue la única estación en donde se registraron misidáceos y la abundancia fue de 64 ind./100m³ (Figura 95A).

Se registró ictioplancton en verano, otoño y primavera, alcanzando los máximos valores en esta última con una abundancia máxima de 323 ind./100m³ en la zona sur y 203 ind./100m³ en el centro (Figura 95B). En esta laguna predominaron las larvas respecto a los huevos (Tabla 43).

Tabla 43. Abundancia de huevos y larvas de peces en la Laguna de Castillos en 2019

SITIO	ESTACIÓN	HUEVOS (ind./100m ³)	LARVAS (ind./100m ³)
CENTRO	VER	14	6
CENTRO	OTO	0	150
CENTRO	INV	0	0
CENTRO	PRI	0	203
SUR	PRI	0	323

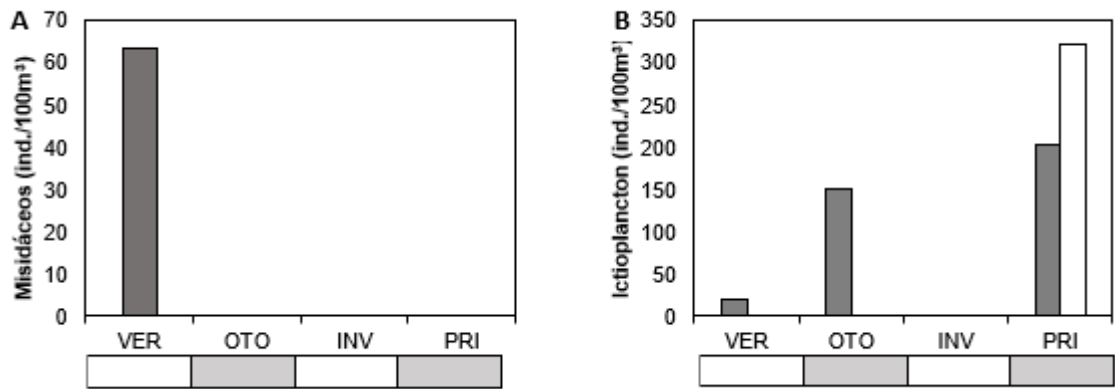


Figura 95. Abundancia en ind.100m⁻³ de (A) misidáceos y (B) ictioplancton en Laguna de Castillos en el año 2019: centro (gris) y sur (blanco). Estado de la barra arenosa el día del muestreo: abierta (blanco) y posiblemente abierta (gris) dado que se cuenta con imágenes satelitales próximas al día de muestreo en que la barra se encontró abierta.

Peces de importancia comercial

Las especies de peces registradas en los muestreos biológicos de desembarque fueron corvina blanca y lenguado tanto en invierno como en primavera (Tabla 44).

Tabla 44. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud total (LT, cm) y peso total (g) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Min: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar. En primavera no se pudo obtener el peso de todos los ejemplares.

Especie (N)	LT		Peso	
	Mín-máx (cm)	media \pm DS (cm)	Mín-máx (g)	media \pm DS (g)
Micropogonias furnieri (33)	29,0 - 54,0	35,1 \pm5,1	275,0 - 1940,0	509,1 \pm302,5
Paralichthys orbignyanus (7)	39,0 - 58,0	48,7 \pm5,6	680,0 - 2390,0	1343,6 \pm522,3
Total=40				
Micropogonias furnieri (8)	30,0 - 43,0	34,4 \pm3,6	--	--
Paralichthys orbignyanus (4)	39,0 - 52,0	44,5 \pm5,0	--	--
Total=12				

La media de los ejemplares de corvina blanca registrados tanto en invierno (35.1 cm Lt) como en primavera (34.4 cm Lt) fue similar (Tabla 44). La LT_{50%} (33.0 cm) obtenida en invierno estuvo por encima de la LTM_{50%} estimada para ambos sexos (18 cm de Lt) por Santana y Fabiano (1999) para esta especie en estos ambientes. La gran mayoría de los ejemplares muestreados en ambos sexos para ambas estaciones se encontraron en reposo (N=38) (Tabla 45).

La talla media de los ejemplares de lenguado rojo registrados en invierno fue mayor (48.7 cm Lt) que la registrada en primavera (44,5 cm Lt) (Tabla 44). Todos los ejemplares capturados estuvieron por encima de la LTM_{50%} estimada para las hembras (38.5 cm de Lt) por Mellito *et al.* (1995). La mayoría de los ejemplares muestreados en ambas estaciones se encontraron en reposo (N=8) (Tabla 45).

Tabla 45. Proporción de sexos, grados de madurez macroscópicos y longitud total (LT, cm) de las especies muestreadas en invierno y primavera de 2019 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Min: mínimo, máx: máximo

Estación	Especie (N tot)	Machos					Hembras						
		N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez			N	Mín-máx (cm)	media (cm)	Madurez		
					2	3	5				2	3	5
INV	<i>Micropogonias furnieri</i> (33)	14	29,0 - 40,0	32,9			14	19	29,0 - 54,0	36,7			19
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (7)	1	39,0 - ND		1			6	45,0 - 58,0	50,3			6
PRIM	<i>Micropogonias furnieri</i> (9)	3	32,0 - 35,0	33,5	1		2	6	30,0 - 43,0	34,7	1	2	3
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (4)	1	41,0 - ND			1		3	39,0 - 52,0	45,7	1		2

En la Tabla 46 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para corvina en la Laguna de Castillos en invierno y primavera de 2019. El factor de condición promedio, expresado en porcentaje, fue mayor en invierno ($W_{rm} = 98.35\%$) que en primavera ($W_{rm} = 89.7\%$).

Tabla 46. Parámetros estimados de la relación largo total (Lt, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para corvina (*Micropogonias furnieri*) de Laguna de Castillos en invierno de 2019. Tamaño de muestra (n), intercepto (a), pendiente (b), límites de los intervalos de confianza del 95% de a y b ($\pm IC_{95\%}$), coeficiente de determinación (r^2), valor del estadístico de Fischer (F) y su correspondiente valor de probabilidad (p-valor), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm} . En primavera el número de individuos fue insuficiente para estimar la relación largo- peso.

Estación	n	Rango Lt (cm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W_{rm}		
				a	$IC_{95\%}(a)$	b	$IC_{95\%}(b)$	r^2	F	p-valor	promedio \pm DS	a_m	b_m
I	33	29-54	275-1940	0,0108	0,0049-0,0236	3,01	2,78-3,22	0,96	776	$2,2 \times 10^{-16}$	$98,35 \pm 10,7$	0,017	2,884
P	5	30-35	310-422	--	--	--	--	--	--	--	$89,7 \pm 6,7$		

Invertebrados de importancia comercial

Camarón

Entre el 6 de febrero y el 7 de marzo de 2019 se realizaron 3 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de verano. En ese periodo se muestrearon un total de 248 ejemplares de camarón, de los cuales 134 fueron machos (LCT medio: 33,7 mm) y 114 hembras (LCT medio: 34,4 mm) (Tabla 47). La distribución de tallas durante el verano presentó una única moda en torno a los 34 mm y 35 mm LCT para machos y hembras respectivamente (Figura 96).

Entre el 22 de marzo y el 25 de abril de 2019 se realizaron 4 muestreos de desembarque correspondientes a la estación de otoño. En ese periodo se muestrearon un total de 368 camarones, de los cuales 164 fueron machos (LCT medio: 34,9 mm) y 204 hembras (LCT medio: 36,8 mm), presentando las hembras mayor LCT que los machos (Tabla 47). La distribución de tallas durante otoño, a diferencia de verano, presentó tres modas para ambos sexos (Figura 97).

Tabla 47. Estadísticos descriptivos básicos de la longitud del cefalotórax (LCT, mm) y peso (g) de los individuos de camarón (*Penaeus paulensis*) discriminados por sexo, para las estaciones de verano y otoño de 2019 en la Laguna de Castillos y Arroyo de Valizas. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	N	LCT (mm)		Peso (g)	
			Min-Max	Media \pm DS	Min-Max	Media \pm DS
Verano	Machos	134	25-39,9	$33,7 \pm 2,77$	3,29 - 10,32	$7,01 \pm 1,50$
	Hembras	114	25,4-39,8	$34,4 \pm 3,16$	3,20 - 11,36	$7,52 \pm 1,67$
Otoño	Machos	164	18-43,1	$34,9 \pm 5,34$	1,26 - 14,67	$8,2 \pm 3,38$
	Hembras	204	15,7-48,5	$36,8 \pm 5,38$	2,75 - 20,6	$9,5 \pm 3,84$

En la Tabla 48 se presentan los valores de los parámetros de la relación largo-peso y del factor de condición promedio estimados para camarón en la Laguna de Castillos en verano-otoño de 2019.

Tabla 48. Parámetros estimados de la relación largo del cefalotórax (LCT, cm)-peso total (Pt, g) y factor de condición promedio (W_{rm}) para camarón (*Penaeus paulensis*) de Laguna Castillos y Arroyo Valizas en verano-otoño de 2019. 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), desvío estándar (DS), media geométrica del intercepto (a_m) y de la pendiente (b_m) utilizados para el cálculo de W_{rm} .

n	Rango LCT (mm)	Rango Pt (g)	Parámetros							W_{rm} promedio \pm DS	a_m	b_m
			a	IC95%(a)	b	IC95%(b)	r^2	F	p-valor			
586	24,5-48,5	1,9-20,6	0,0003	0,0003-0,0004	2,82	2,78-2,87	0,97	17960	$2,2 \times 10^{-16}$	$97,0 \pm 6,5$	0,0004	2,81

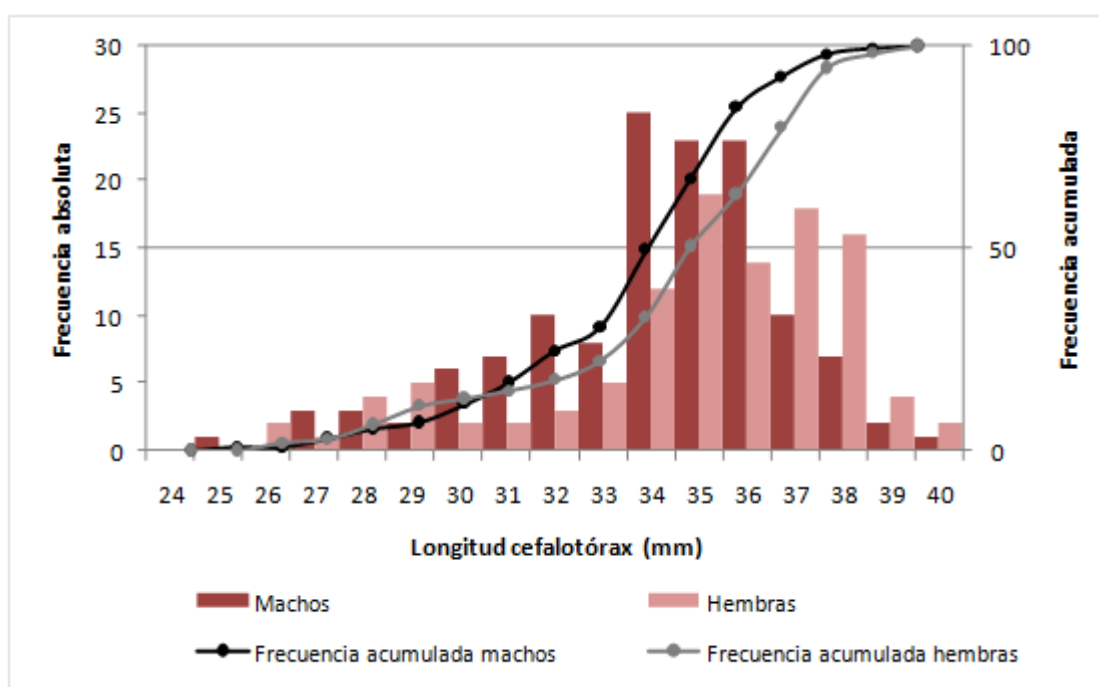


Figura 96. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en verano de 2019 en la Laguna de Castillos-Arroyo de Valizas.

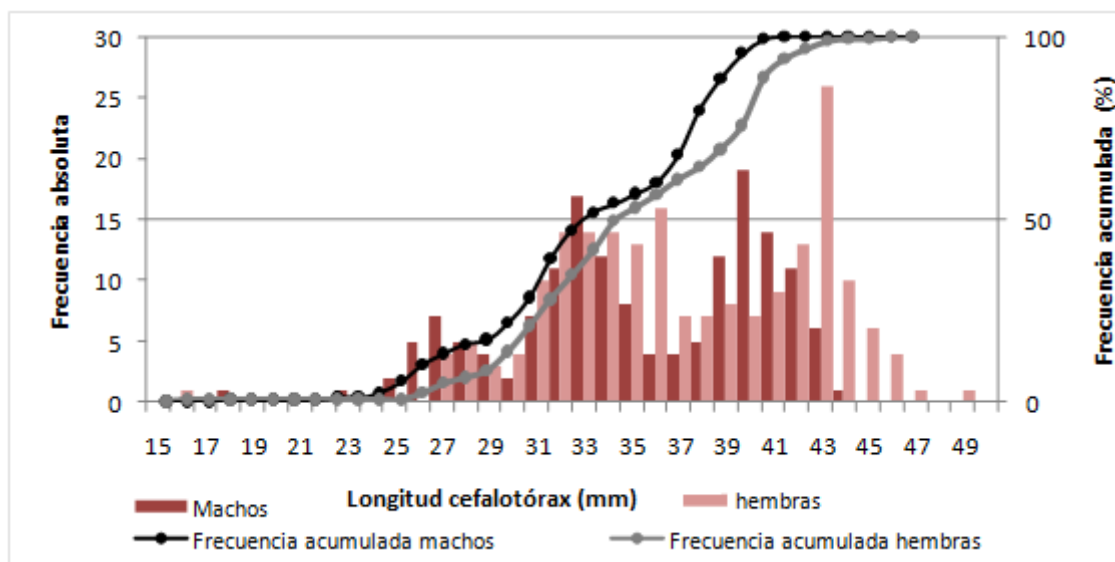


Figura 97. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos y hembras de *Penaeus paulensis* muestreados en otoño de 2019 en la Laguna de Castillos-Arroyo de Valizas.

Sirí

Todos los ejemplares analizados de cangrejo sirí se obtuvieron en verano y provinieron de la pesca exploratoria, siendo 49 machos (media: $77,7 \pm 41,4$ mm) y 44 hembras (media: $57,4 \pm 42,8$ mm) (Figura 98, Tabla 49). El 42 % de los ejemplares machos fueron inmaduros sexualmente y presentaron el abdomen soldado. En las hembras, el 84 % de los ejemplares fueron inmaduros.

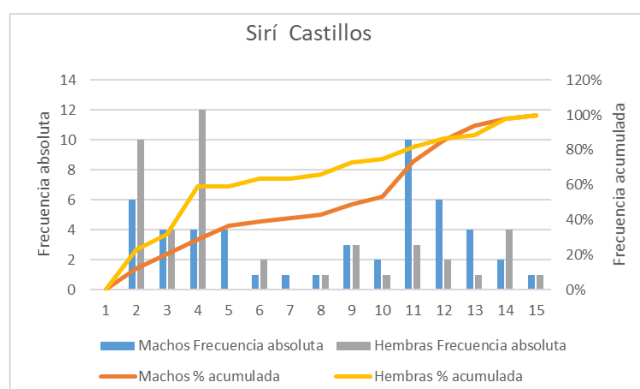


Figura 98. Frecuencia absoluta y acumulada de tallas para machos (n=49) y hembras (n=44) de *Callinectes sapidus* registrados en el muestreo de verano de 2019 en la laguna de Castillos.

Tabla 49. Estadísticos descriptivos básicos del ancho total (AT, mm) y peso (g) de los individuos de *Callinectes sapidus* discriminados por sexo en verano de 2019 en la Laguna de Castillos. N: número de individuos, Mín: mínimo, máx: máximo y DS: desvío estándar.

Estación	Sexo	AT (mm)			Peso (g)		
		N	Mín-Máx	Media \pm DS	N	Mín-Máx	Media \pm DS
Verano	Machos	49	16,5-143,9	77,7 \pm 41,4	30	0,29-194,1	43,78 \pm -63,74
	Hembras	44	13,3-141,6	57,4 \pm 42,8	29	0,14-39,38	3,53 \pm -7,37

Resultados de mercurio en músculo de especies de peces de valor comercial

Tabla 50. Valores de mercurio hallados en músculo de tres especies de peces de talla comercial, capturadas por la pesca artesanal en la Laguna de Castillos, en verano de 2019. Límites de detección (LD) de Mercurio (Hg) = 0.015 mg/kg.

Especie	Nombre común	No Muestra	Hg mg/kg
Cuenca Laguna de Castillos			
Mugil liza	Lisa	01	< LD
Mugil liza	Lisa	02	< 0,031
Mugil liza	Lisa	03	< LD
Mugil liza	Lisa	04	< LD
Mugil liza	Lisa	05	< LD
Mugil liza	Lisa	06	< LD
Mugil liza	Lisa	07	< LD
Mugil liza	Lisa	08	< LD
Mugil liza	Lisa	09	< LD
Mugil liza	Lisa	10	< LD
Hopliassp	Tararira	01	0.14 \pm 0.024
Hopliassp	Tararira	02	0.13 \pm 0.022

Se registró presencia de mercurio solo en un ejemplar de lisa (*Mugil liza*) y dos Tararias (*Hoplias sp*), mientras que los resultados de los restantes ejemplares analizados fueron inferiores al límite de detección (0.015 mg/kg) (Tabla 50). Los valores de mercurio registrados cuantificables se encuentran muy por debajo del valor máximo tolerable de acuerdo a normativas internacionales vigentes según reglamento UE 1881/2006 y según Decreto 14-013 MERCOSUR, para productos pesqueros para consumo humano (0.5 mg/Kg y 1 mg/Kg) respectivamente.

3.4.4 Calidad de agua: Tributarios Laguna de Castillos

La temperatura presentó un patrón estacional, el mínimo (8.9°C) se registró en el arroyo Castillos (C7) en invierno 2019, mientras que la máxima (20°C) se registró en el arroyo Sarandí del Consejo en verano (Figura 99). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

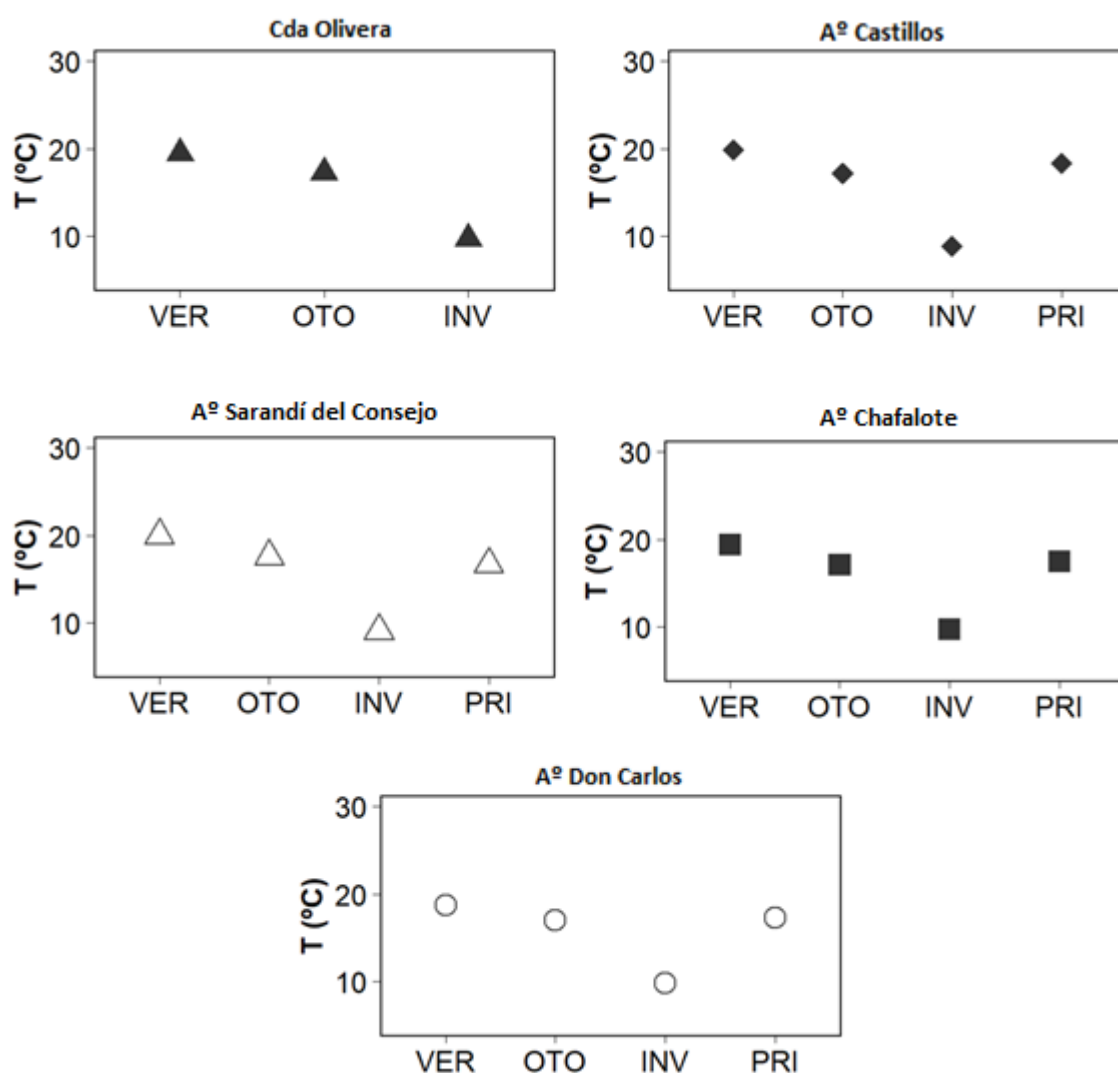


Figura 99. Variación estacional (2019) de la Temperatura ($T(^{\circ}\text{C})$) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

Los valores de temperatura registrados con los monitoreos mensuales de DINARA mostraron en el arroyo Valizas en 2019 una media de 19.87 °C (rango 10,5-30,2; DS= 4,82). Asimismo, los valores de temperatura estuvieron comprendidos entre 27.0 y 10.5 °C en Puente de Valizas, entre 26.5 y 11.1 °C en el Aº Chafalote y entre 25 y 10.9 °C en el Aº Don Carlos (Figura 100).

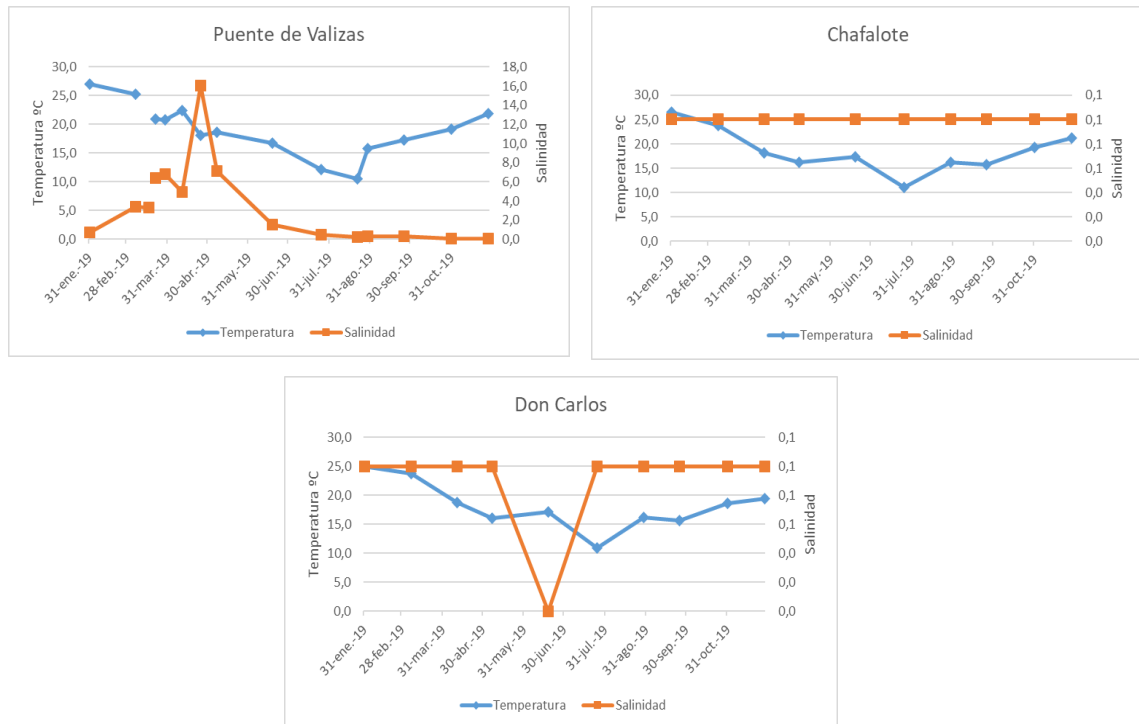


Figura 100. Variación de temperatura y salinidad, durante el año 2019, en la Laguna de Castillos (en los sitios: Puente de Valizas, Aº Chafalote y Aº Don Carlos). Datos del monitoreo mensual de DINARA (MGAP)

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 2019 en el punto C7 del arroyo Castillos (6.46), que se encontró marginalmente por debajo del límite inferior (Figura 101).

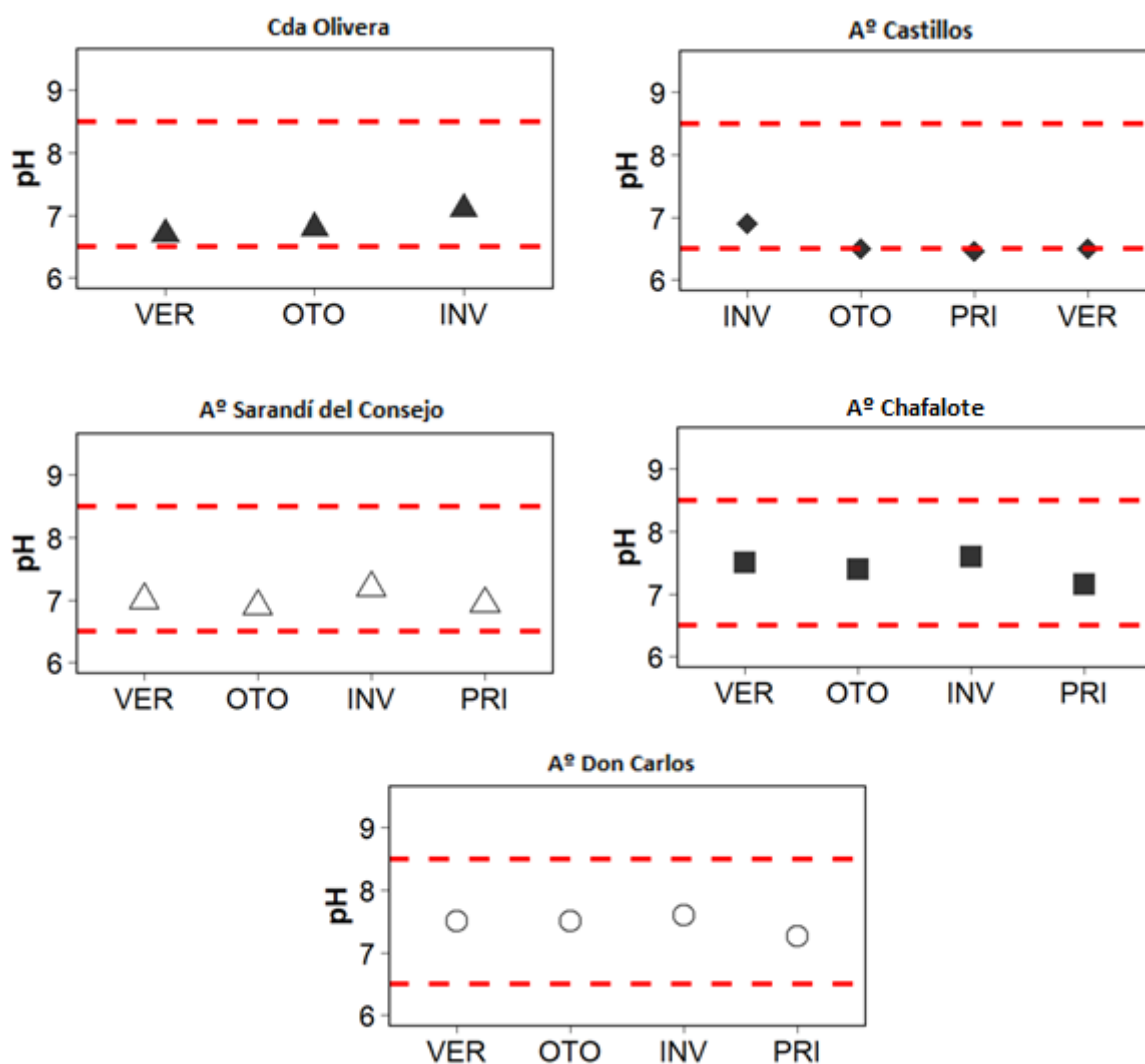


Figura 101. Variación estacional (2019) del pH en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica el rango de los estándares de pH (superior: 8.5, inferior: 6.5) del Decreto 253/79. No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

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 (2.15 mg/L y 2.2 mg/L en otoño y verano, respectivamente) (Figura 102)

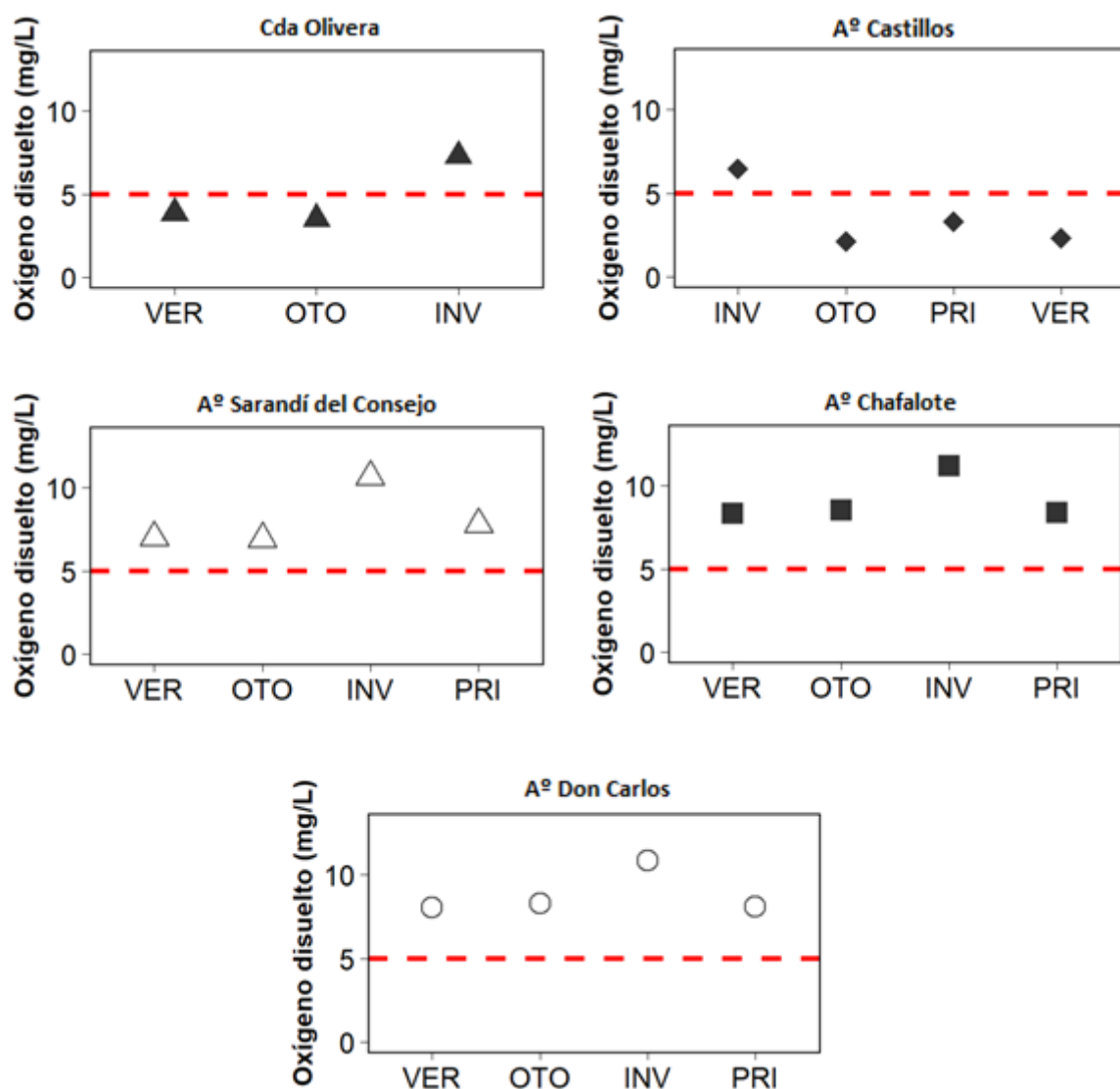


Figura 102. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica el estándar de oxígeno disuelto (>5 mgO₂/L) del Decreto 253/79. No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

El máximo de conductividad (411 μ S/cm) se registró en invierno en la cañada Los Olivera. Generalmente este sitio tuvo registros de conductividad superiores al resto de los tributarios. El mínimo de esta variable (84 μ S/cm) se registró en el arroyo Castillos (C7) en primavera (Figura 103).

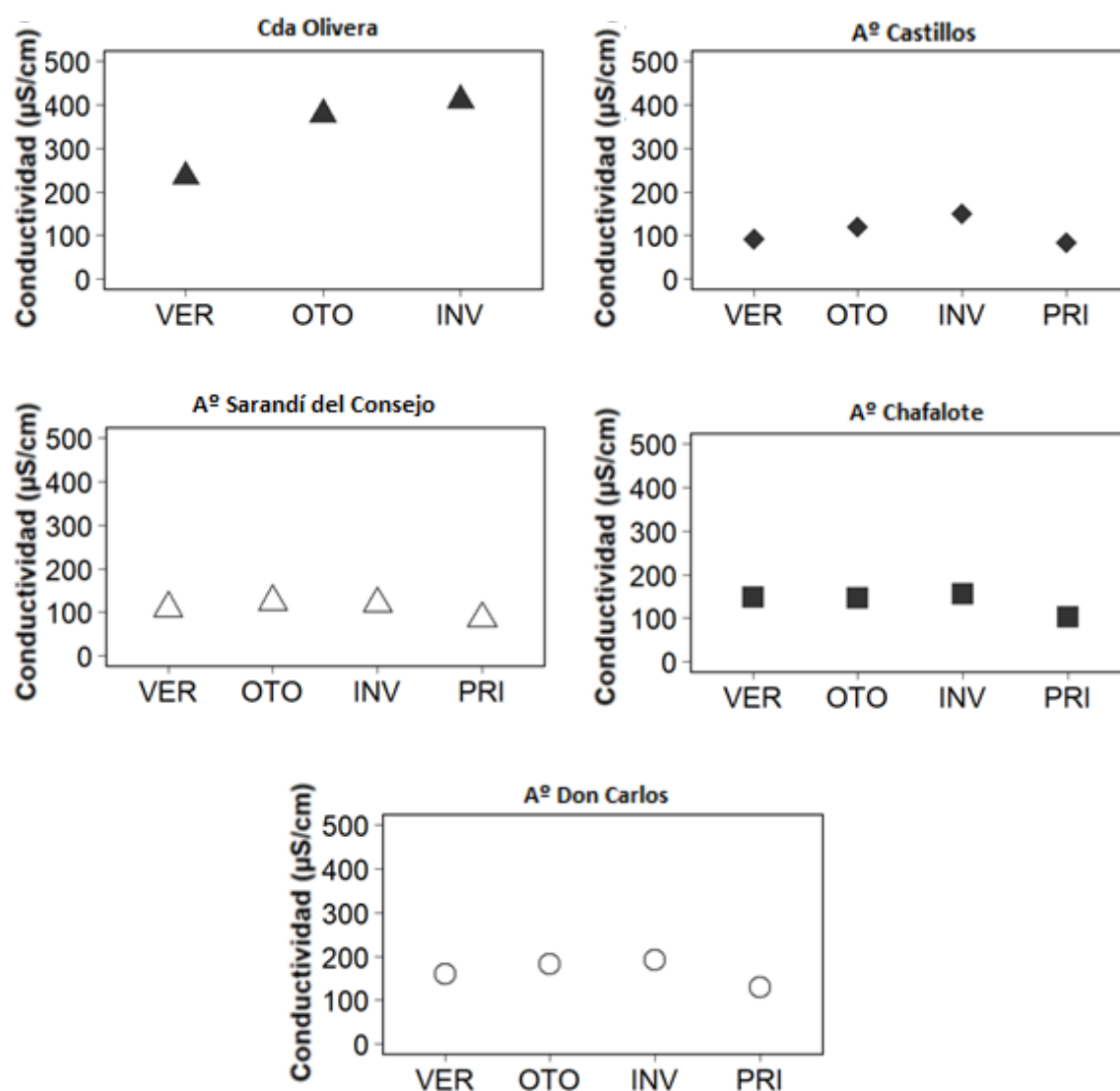


Figura 103. Variación estacional y temporal (2019) de la conductividad en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

La Turbidez presentó valores entre 8.0 NTU y 47 NTU. El mínimo se registró en La Cañada Los Olivera (C6) en verano, mientras que el máximo se registró en el arroyo Sarandí del Consejo en primavera (C8) (Figura 104). En todos los casos los registros se encontraron por debajo del estándar máximo admitido por la normativa nacional (≤ 50 UNT).

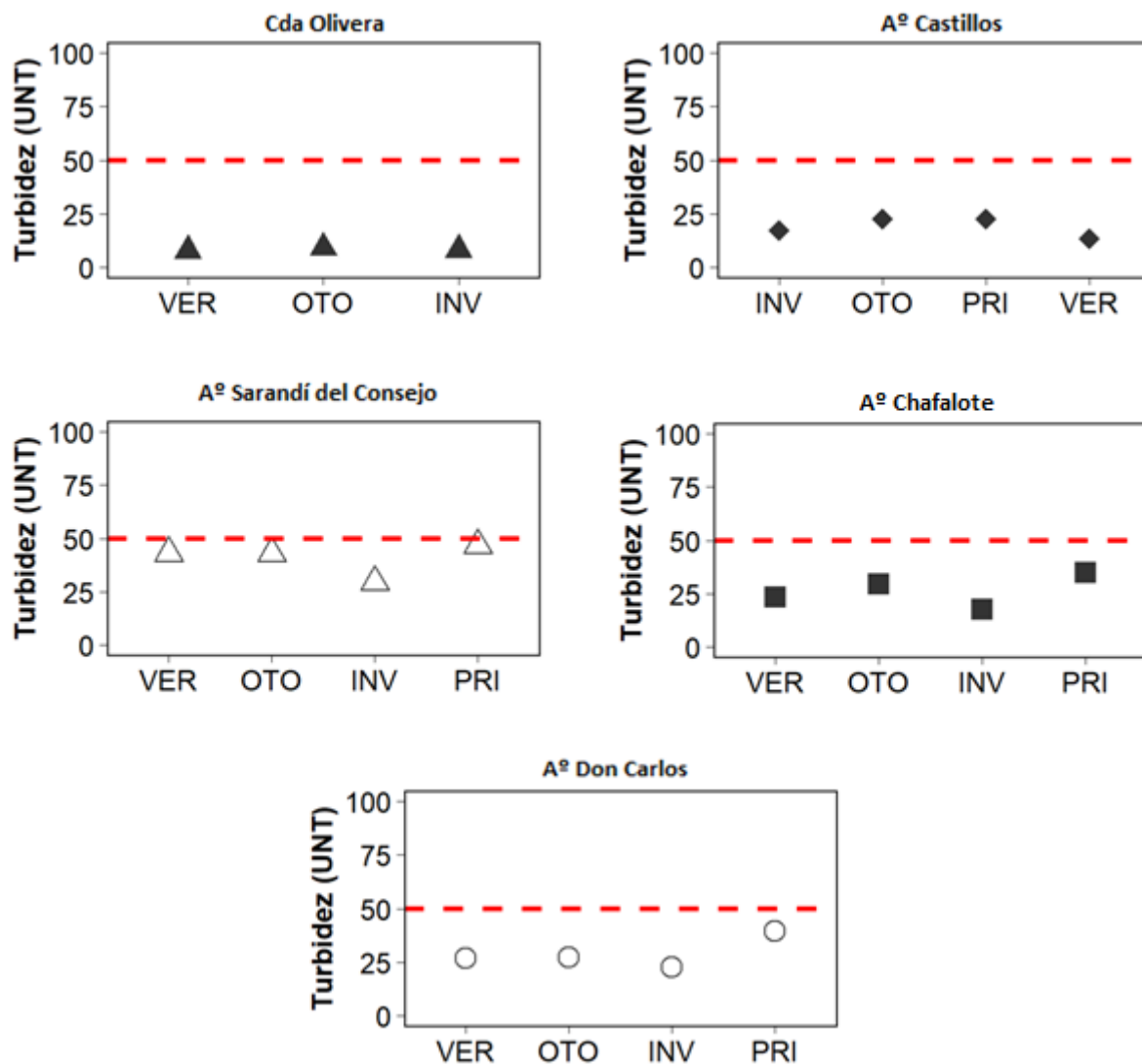


Figura 104. Variación estacional y temporal (2019) de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica el estándar de oxígeno disuelto (≤ 50 UNT) del Decreto 253/79. No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

Los máximos de amonio ($70 \mu\text{g N/L}$), nitrito ($76 \mu\text{g N/L}$) y nitrato ($1280 \mu\text{g N/L}$) se registraron en la Cañada de los Olivera (C6) durante el verano en el caso del NH_4 (Figura 105) y en invierno para el NO_2 y el NO_3 . El NO_2 presentó un rango de concentración de entre $3 \mu\text{g N/L}$ (valor de límite analítico) y $16 \mu\text{g N/L}$ (Figura 106). Respecto a la concentración de nitrato (NO_3) (Figura 107), ningún valor incumplió con el estándar del Decreto 253/79 ($\leq 10.0 \text{ mg de NO}_3$).

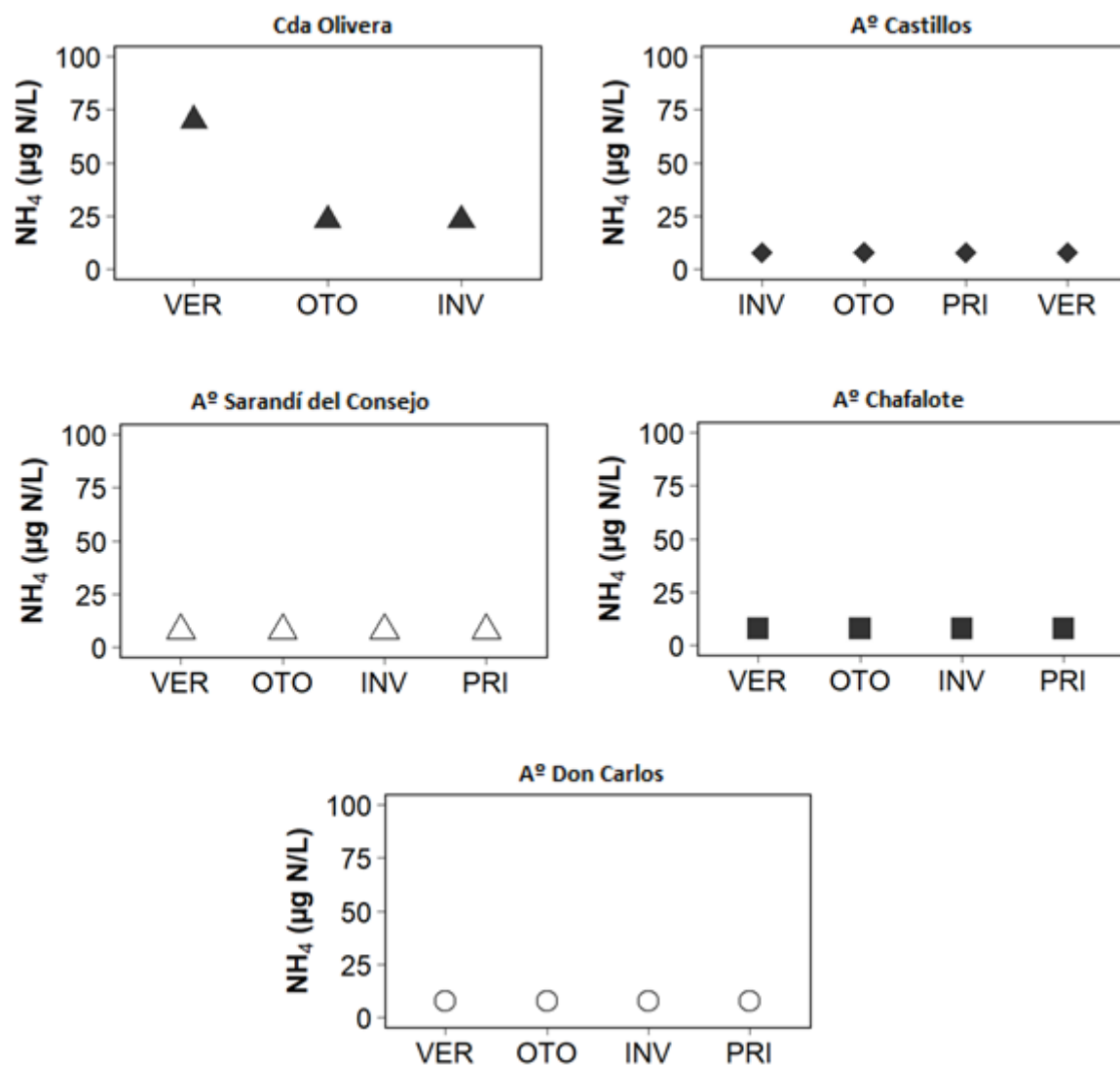


Figura 105. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de amonio (NH₄) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

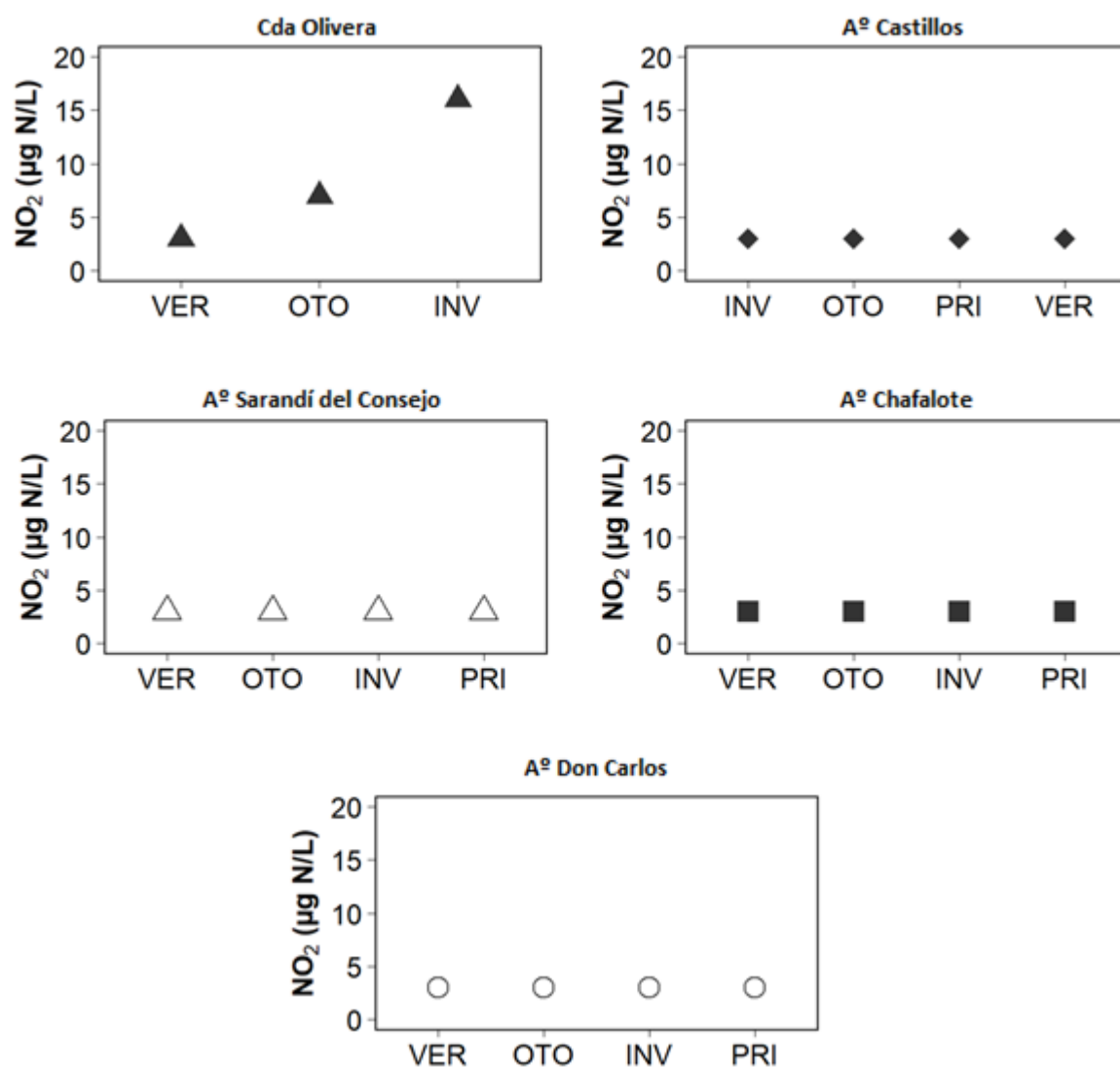


Figura 106. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de nitrito (NO₂) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

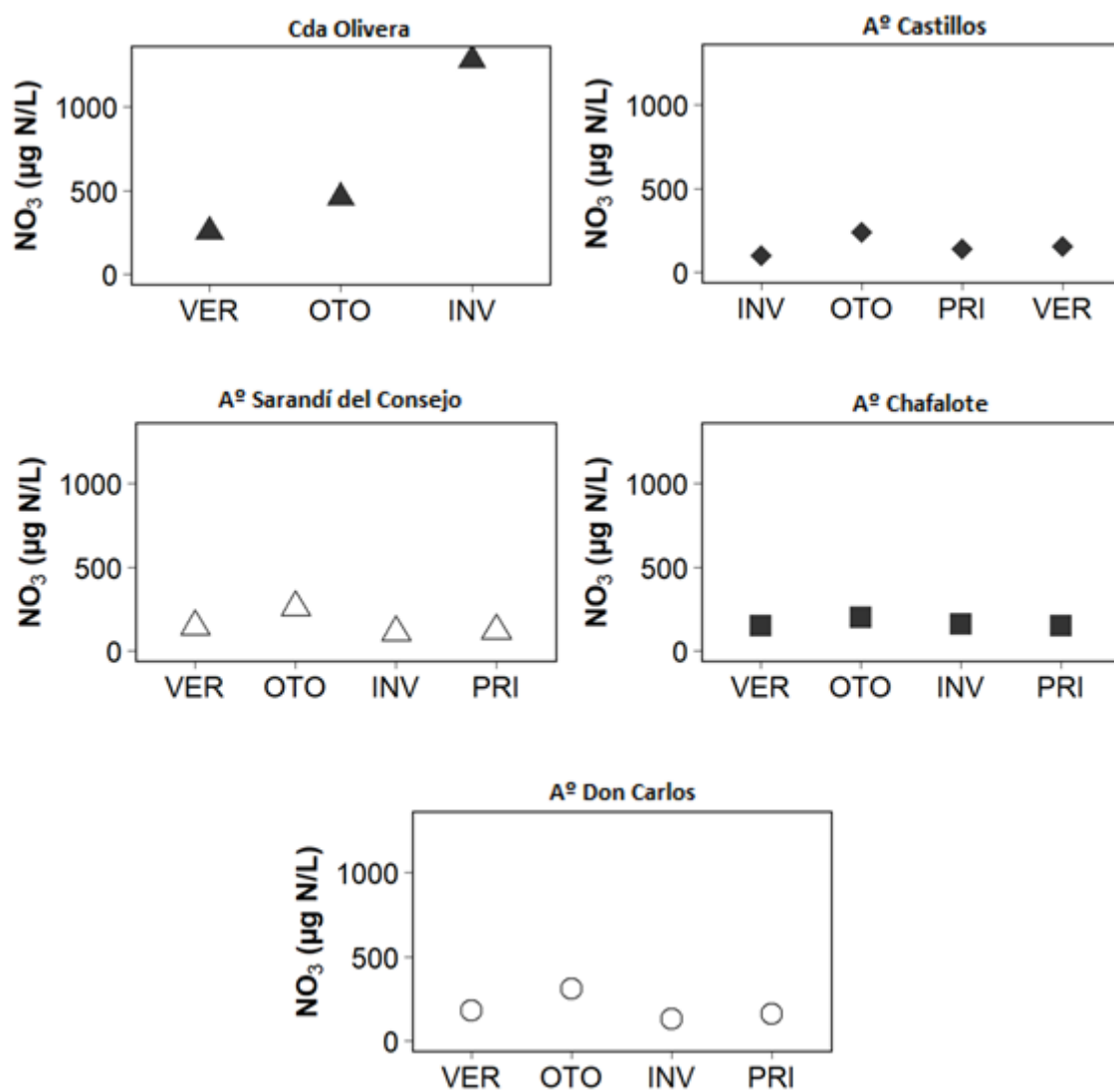


Figura 107. Variación estacional y temporal (2019) de la concentración de nitrato (NO_3) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

Por último, el máximo de nitrógeno total (NT) (1620 $\mu\text{g N/L}$) también se registró en la cañada de Los Olivera (C6), durante el invierno (Figura 108). Esta variable presentó valores entre 80 $\mu\text{g N/L}$ (C9) y 1620 $\mu\text{g N/L}$ (C6). Durante el período de estudio todos los valores registrados en la Cañada de Los Olivera y dos casos en el arroyo Castillos superaron el valor objetivo de 500 $\mu\text{g N/L}$ propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

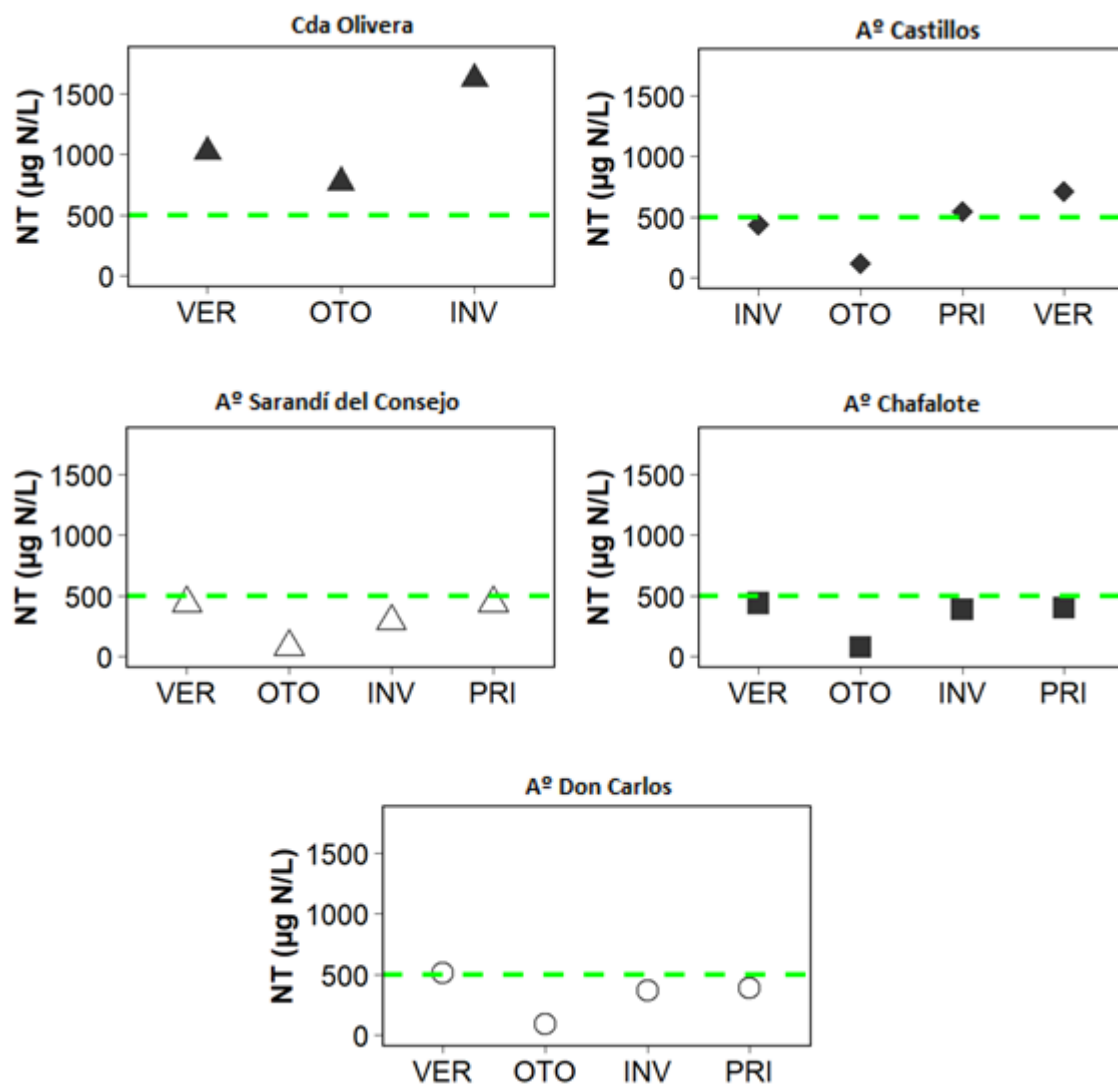


Figura 108. Variación estacional y temporal (2019) de la Concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea verde entrecortada indica el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (500 $\mu\text{g/L}$). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

Respecto a las concentraciones de ortofosfato (PO_4) los valores mínimos observados ($10 \mu\text{g P/L}$) se registraron en los arroyos Chafalote (LC9) y Don Carlos (LC10), en invierno de 2019. El fósforo total (PT), presentó al igual que el PO_4 el valor mínimo en el arroyo Don Carlos (LC10) ($40 \mu\text{g P/L}$) en invierno. Por otro lado, las concentraciones máximas de PO_4 y de PT ($303 \mu\text{g P/L}$ y $430 \mu\text{g P/L}$, respectivamente) ocurrieron en la cañada de Los Olivera (C6) (Figura 109 y Figura 110).

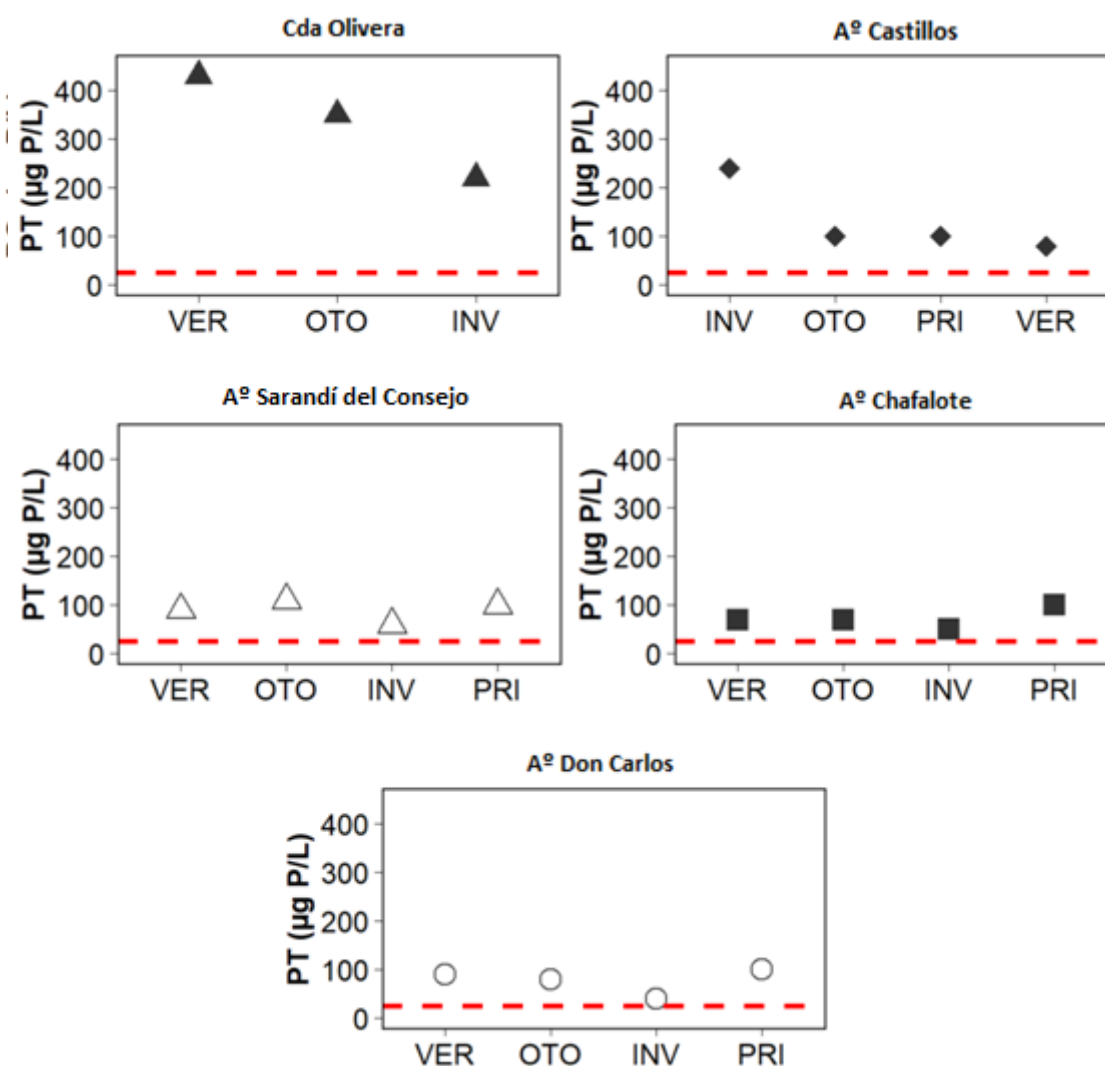


Figura 110. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea roja entrecortada indica el estándar de Fósforo Total ($25 \mu\text{g P/L}$) del Decreto 253/79. No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

La biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de clorofila-a fluctuó entre 1.0 µg/L (límite de cuantificación de la metodología) y 9.9 µg/L. Este último valor se registró en la Cañada de Los Olivera (LC6) durante el otoño de 2019 (Figura 111). Todos los valores determinados se encuentran por debajo del valor guía (10 µg/L) sugerido por la Mesa Técnica del Agua.

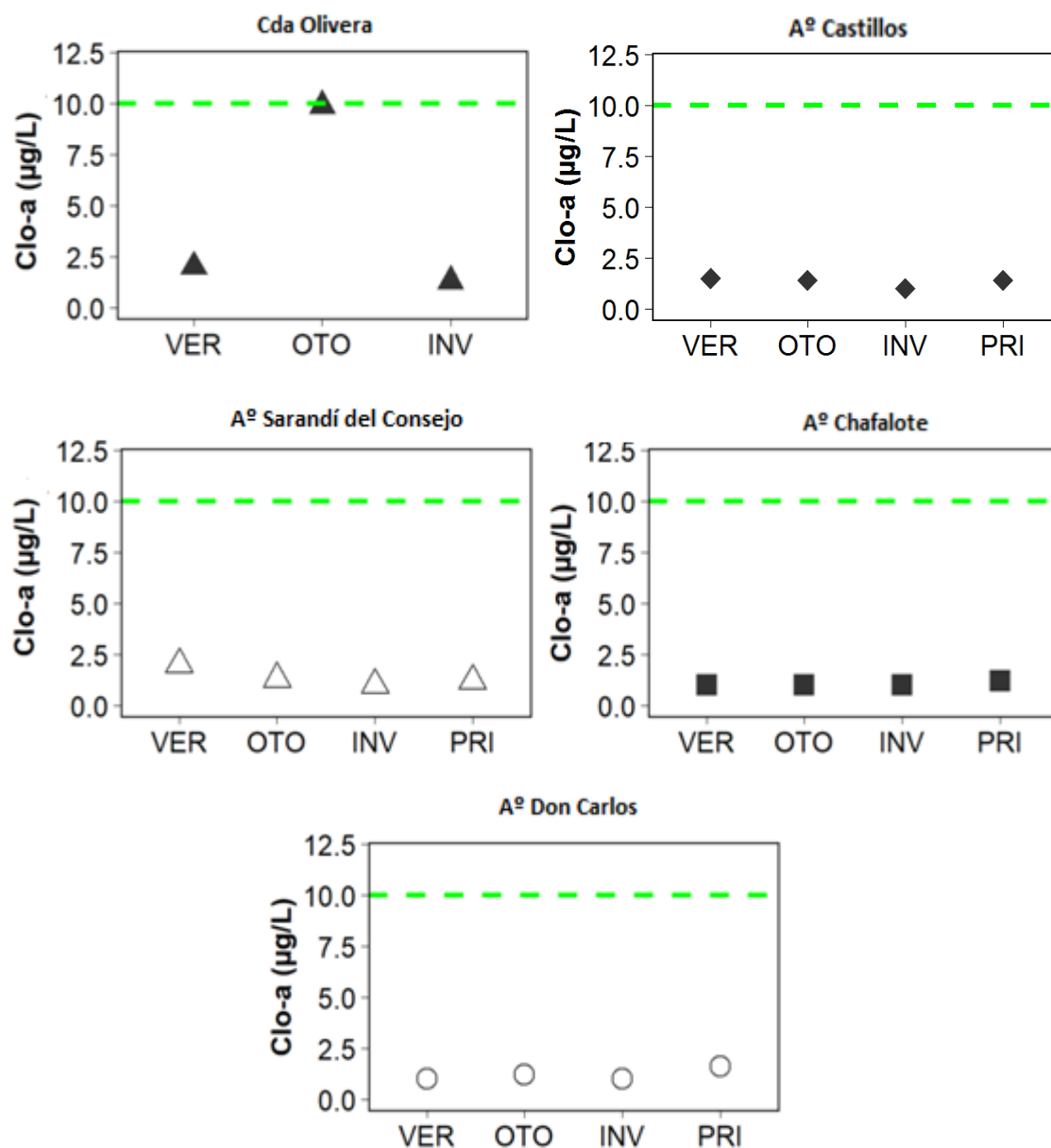


Figura 111. Variación estacional y espacial (2019) de la concentración de clorofila-a (Clo-a) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos: Cañada Los Olivera (estación LC6), Aº Castillos (estación LC7), Aº Sarandí del Consejo (estación: LC8), Aº Chafalote (estación: LC9) y Aº Don Carlos (estación: LC10). La línea verde entrecortada indica el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10 µg/L). No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad.

Los coliformes termotolerantes se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales admitido por el Decreto 253/79 (≤ 2000 UFC/100ml), a excepción de todos los valores registrados en otoño para todas las estaciones de monitoreo (Tabla 51).

Tabla 51. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Castillos registrado en 2019 para las cuatro estaciones del año.

Año	Estación	Cañada de Los Olivera	Arroyo Castillos	Arroyo Sarandí del Consejo	Chafalote	Don Carlos
2019	Verano	190	60	1770	270	390
	Otoño	8300	6800	6000	8800	5800
	Invierno	270	20	<10	110	340
	Primavera	*	6	48	53	32

*Observación: No existen registros para la cañada los Olivera en primavera, debido a que fue imposible realizar el monitoreo por razones de accesibilidad

4 Discusión

La discusión se divide en dos partes, en la primera se realiza una discusión de los resultados para cada laguna, y la segunda consta de una síntesis general del informe.

Laguna José Ignacio

Este sistema presentó cambios estacionales en sus características físico-químicas, asociados a la hidrología del sistema. En general los valores de oxígeno disuelto y pH cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), salvo dos valores de pH que superaron levemente el límite establecido. Los valores de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica fueron bajos en relación a los valores promedio históricos (Anexo 1), no superando la turbidez en ningún caso el límite establecido por la normativa vigente. Por su parte, los valores de coliformes termotolerantes generalmente fueron bajos, cumpliendo con el estándar establecido por el Decreto 253/79. Los mayores valores se registraron en primavera asociados a valores de baja conductividad. La conductividad de la laguna fue mayor al inicio del período y disminuyó a lo largo del año, siendo su valor promedio similar al promedio histórico.

Los mayores valores de ortofosfato, fósforo total y nitrógeno total se observaron en verano, siendo los nutrientes fosforados en promedio algo mayores a los valores históricos, mientras que el nitrógeno total presentó valores similares al histórico. El nitrógeno total superó en varias ocasiones el valor guía sugerido

por la Mesa Técnica del Agua. Por su parte, el fósforo total superó en casi todos los casos el valor límite establecido por la normativa nacional (Decreto 253/79). Los mínimos de los nutrientes totales, fosfato, amonio, nitrato y coliformes termotolerantes se observaron en invierno, coincidiendo con los mínimos de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica de los sólidos en suspensión.

En lo que respecta a la matriz sedimento, la Laguna José Ignacio no presentó diferencias importantes en la materia orgánica y el contenido de nutrientes del sedimento entre sitios de muestreo, por lo que no se observó el típico gradiente norte-sur observado en las restantes lagunas costeras. Tampoco se observaron grandes fluctuaciones a lo largo del período de estudio, excepto para el caso del nitrógeno total que presentó valores muy bajos en verano. La materia orgánica y la clorofila-a del sedimento presentaron valores algo mayores a los observados como promedio histórico (2002 - 2016), sin embargo, la concentración del fósforo total del sedimento se mantuvo en valores similares a los históricos. Para el caso del nitrógeno total del sedimento se observó una concentración menor respecto al promedio histórico (2002 – 2016). El aumento en la clorofila-a del sedimento podría ser explicado en parte por efecto de una mayor entrada de luz al sistema, dado que se observó una menor turbidez y menor cantidad de sólidos en suspensión en relación al histórico.

A pesar de las relativamente elevadas concentraciones de nutrientes, según la concentración de clorofila-a en agua, para el período de estudio la laguna de José Ignacio se clasificó en estado mesotrófico bajo los criterios de la OCDE (1982) y oligotrófica según Lamparelli (2004).

Fitoplancton

La mayor abundancia de fitoplancton se registró en primavera y el grupo dominante fueron las diatomeas; como es esperable en las lagunas costeras (Bonilla et al 2006); presentando una gran diversidad de especies y muchas de ellas de tamaños muy pequeños. Esta es la laguna que presentó las menores abundancias de fitoplancton. La biomasa medida a través de la clorofila-a fue muy baja y presentó un leve aumento hacia el otoño. Las diferencias temporales observadas entre los máximos de clorofila-a y abundancia ya han sido reportadas para las lagunas costeras del país (Vidal 2006).

En verano se observó un segundo aumento de la abundancia fitoplanctónica, coincidiendo cuando las concentraciones de nutrientes fueron más altas, en especial el ortofosfato. Este pico de abundancia se debió principalmente a especies de diatomeas y dinoflagelados marinos indicando un ingreso de agua marina, lo que concuerda con los altos valores de conductividad. Se registró incluso la especie de diatomea *Pseudonitzschia c. seriata* que es potencialmente tóxica (causante de marea roja, envenenamiento amnésico de moluscos o ASP por su sigla en inglés) y que comúnmente se encuentra en altas abundancias en verano.

Asimismo, la casi nula presencia de cianobacterias durante el período cálido y la ausencia de grupos de fitoplancton de agua dulce (como clorofitas) indicarían un gran intercambio de agua con el mar en esta laguna. Cabe aclarar que, aunque la presencia de cianobacterias fue muy baja los géneros que se presentaron son potencialmente tóxicos (e.g *Dolichospermum* y *Nodularia*), registrándose además una de las especies potencialmente tóxica (*Nodularia spumigena*) tolerante a la salinidad (Voß et al 2013, Kahru & Elmgren 2014).

Comunidad bentónica

En lo que respecta a la comunidad bentónica la Laguna José Ignacio presentó fauna típicamente estuarina, dominada principalmente por gusanos poliquetos y con valores de abundancia total que no superaron los 4000 ind/m². Lo observado es consistente con datos obtenidos durante el año 2005 (Meerhoff, 2009), tanto en valores de riqueza, composición como abundancia. En comparación con las restantes lagunas se observó una diversidad baja, con un total de 9 taxa registrados a la fecha del presente informe, y la comunidad se encontró dominada a lo largo de todo el año por poliquetos en lugar de gastrópodos.

Misidáceos e ictioplancton

Los misidáceos estuvieron presentes en muy bajas abundancias y su valor máximo ocurrió en primavera, coincidiendo con la barra abierta. Si bien no hay estudios previos de este grupo en esta laguna, generalmente las abundancias de misidáceos se asocian a condiciones contrastantes de salinidad, temperatura en ambientes costeros y también a picos de turbidez (Espinosa *et al.* 2019). En esta laguna en 2019 la turbidez fue baja al igual que los sólidos en suspensión en comparación con valores de promedio históricos. El ictioplancton fue registrado en verano y primavera, en los dos momentos en que la barra estuvo abierta, y predominaron los huevos respecto a las larvas.

Invertebrados de importancia comercial

- Camarón (*Penaeus paulensis*)

En 2019 se capturó en laguna de José Ignacio un volumen de pesca medio de *P. paulensis* (14 ton). Las tallas y pesos registrados en el monitoreo coinciden con los tamaños históricos para esta especie en las lagunas (Santana *et al.* 2013; 2015). La variabilidad de tallas y pesos en las diferentes lagunas estaría determinada por las variaciones en la salinidad, temperatura, hidrología y geomorfología de cada laguna 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, donde se observa que los camarones presentan mayor tamaño, peso medio y los valores de factor de condición se encuentran por encima del óptimo. Observaciones similares señalan Mistakidis (1965), Nion *et al.* (1974), Santana y Fabiano (1999), Fabiano y Santana (2006) y Santana *et al.* (2015).

- Siri (*C. sapidus*)

Por otro lado, en esta laguna no se registró la presencia de *C. sapidus* en las capturas incidentales de camarón, ni hubo tampoco pesca artesanal dirigida a esta especie. *C. sapidus* tiene habitualmente escasa representación en este sistema, donde es muy abundante en cambio *Cyrtograpsus angulatus* (obs. de los autores).

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 o sedimentológico, para lo cual sería necesario realizar estudios específicos para poder confirmarlo.

Respecto a los agroquímicos analizados en sedimento únicamente se registraron valores cuantificables para el glifosato. Lamentablemente para la matriz sedimento, no se cuenta con normativa nacional ni internacional que defina límites admisibles para éste parámetro.

Respecto a los PAHs cuantificables determinados 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, obteniéndose valores muy inferiores al estándar mencionado en todas las estaciones de monitoreo.

Para la Laguna de José Ignacio respecto a 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.

Tributarios Laguna José Ignacio

En relación al cumplimiento de los estándares de calidad de la normativa ambiental, el arroyo José Ignacio y la Cañada Sosa presentaron en general valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. Se registraron incumplimientos únicamente en las concentraciones de los nutrientes totales (NT y PT), registrándose los mayores valores en la cañada Sosa. Es importante destacar que el arroyo José Ignacio en invierno registró valores de PT por debajo al estándar fijado en la normativa vigente (máx. 25 µg P/L). Las elevadas concentraciones de nutrientes registrados en la cañada Sosa podrían deberse al bajo caudal

observado es la misma durante el período. Sin embargo, sería importante contar con datos de caudal de forma de poder confirmar este indicio.

Laguna Garzón

Laguna Garzón presentó cambios estacionales en sus características físicas y químicas asociados también a la hidrología del sistema. En general los valores de oxígeno disuelto y pH cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), salvo un valor de pH que supera levemente el límite establecido. Los valores de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica mostraron un leve aumento en otoño, probablemente asociado a la descarga de agua desde la cuenca. Los valores de turbidez en ningún caso superaron el límite establecido en la normativa vigente. Por su parte, los valores de coliformes termotolerantes generalmente fueron bajos y cumplieron el estándar establecido por el Decreto 253/79. Los mayores valores se registraron en primavera, en la zona norte de la laguna.

Los mayores valores de ortofosfato, fósforo total y nitrógeno total se observaron en verano, siendo los nutrientes totales promedio algo mayores a los valores históricos, mientras que el ortofosfato presentó valores similares al histórico. El nitrógeno total superó en alguna ocasión el valor guía estándar sugerido por la Mesa Técnica del Agua. Por su parte, el fósforo total superó en todos los casos el valor límite establecido por la normativa nacional (Decreto 253/79).

Se observó un gradiente marcado con mayores valores de materia orgánica, nitrógeno y fósforo total del sedimento en la zona norte respecto al sur. Estas observaciones coinciden con Meerhoff *et al.* (2013), Rodríguez-Gallego *et al.* (2017) y Bergamino *et al.* (2018). Si se compara con los valores históricos promedio, la materia orgánica del sedimento fue algo mayor, el nitrógeno total del sedimento fue menor, mientras que el fósforo total y la clorofila-a del sedimento fueron similares al promedio histórico. La diferencia en alguna de estas variables podría en parte ser explicada por diferencias en la ubicación exacta de los sitios de muestreo respecto al histórico.

Si bien en los cuatro muestreos se registró la barra cerrada, la laguna estuvo comunicada con el mar durante 133 días. Se realizó la apertura artificial de la barra en dos ocasiones a lo largo del año, en mayo y en setiembre (registro brindado por los Guardaparques del SNAP-DINAMA). Es interesante destacar que a diferencia del informe anterior (período 2017-2018), en este período de estudio la conductividad de la laguna se mantuvo en valores más elevados, y el intercambio con el mar posiblemente haya contribuido a un descenso de la concentración de nutrientes en el sistema.

La clorofila-a en agua fue variable a lo largo del año y entre zonas de la laguna, siendo levemente menor en verano y primavera, posiblemente relacionado a mayores valores de turbidez y conductividad. A pesar de los elevados valores en la concentración de nutrientes en agua, según la concentración de clorofila-a

en agua para el período de estudio la Laguna Garzón se clasificó en estado mesotrófico bajo los criterios de la OCDE (1982) y Lamparelli (2004). Esto coincide con observaciones previas (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019). Por su parte Bergamino *et al.* (2018) identificaron para la laguna diatomeas indicadoras de estado eutrófico y mesotrófico.

Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton fue en general baja, con incremento en primavera, y dominada por las diatomeas secundadas por cianobacterias que dominaron en otoño. Estos resultados muestran una alta proporción de cianobacterias respecto al resto de los grupos. Si bien, los géneros que dominaron fueron *Merismopedia* y *Aphanothece*, las cuales en general no son tóxicas, sí se observaron en baja abundancia especies potencialmente tóxicas como *Phormidium* sp., su presencia es un factor a tener en cuenta en el monitoreo de calidad del agua.

Comunidad bentónica

En lo que respecta a la comunidad bentónica la Laguna Garzón presentó fauna típicamente estuarina, dominada por el caracol *Heleobia aff. australis*. Las abundancias totales de bentos obtenidas variaron entre 1000 y 9820 ind/m². Los valores de riqueza, composición de especies y abundancia fueron consistente con los valores obtenidos durante el año 2005 (Meerhoff, 2009).

Por su parte la presencia del poliqueto invasor *Ficopomatus enigmaticus* en esta laguna resulta de especial relevancia. Se trata de una especie de origen aparentemente australiano y que fue registrada inicialmente para Uruguay a principios de siglo XX (Monro, 1938). Para la Laguna Garzón fue mencionado a principios de los 2000's (Orensanz *et al.*, 2002) pero sin dar mayores detalles, y no ha sido reportado nuevamente desde entonces. Las muestras obtenidas durante el muestreo de otoño confirman la presencia de esta especie para la Laguna Garzón. Su monitoreo resulta de gran importancia dado los grandes impactos que podría generar en caso de prosperar, repercutiendo tanto a nivel ecológico como social. En otras regiones se ha observado que tras colonizar sustratos duros como por ejemplo conchillas de moluscos, puede llegar a formar grandes arrecifes calcáreos, los que generan heterogeneidad espacial repercutiendo en la comunidad bentónica, hidrodinámica del área invadida y su navegabilidad (Schwindt & Iribarne 2000; Borthagaray *et al.* 2006).

Misidáceos e ictioplancton

No se registraron misidáceos en la Laguna Garzón durante 2019, pese a que los valores de conductividad fueron más elevados que en el período anterior (2017-2018) donde sí se registraron misidáceos, aunque

con valores de abundancia muy menores con respecto a las otras lagunas (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019).

El ictioplancton fue registrado únicamente en primavera, tanto en 2019 como en el período anterior analizado (2017-2018). Si bien los días de muestreo en 2019 se observó a la barra arenosa cerrada, la laguna tuvo períodos prolongados donde estuvo conectada al mar, por lo que podrían haber ingresado huevos y larvas de peces, así como adultos desovantes si fuera el caso, explicando la presencia de estos estadíos dentro de la laguna pese al estado de la barra. Si bien en el 2018 se registraron huevos de peces, en esta laguna predominaron las larvas en todo el período analizado (2017 al 2019). Esto último coincide con lo reportado por Conde *et al.* (2013), donde la Laguna Garzón fue la que presentó mayor densidad de larvas con respecto a las otras tres lagunas analizadas en un muestreo puntual de primavera 2002.

Invertebrados de importancia comercial

- Camarón (*Penaeus paulensis*)

En 2019 se capturó un volumen de 20 ton. de *P. paulensis* en la en Laguna Garzón. Las tallas y pesos registrados en el monitoreo coinciden con los tamaños históricos para esta especie en las lagunas (Santana *et al.*, 2013; 2015). La variabilidad de tallas y pesos estaría determinada por las variaciones en la salinidad, temperatura, hidrología y geomorfología 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, donde se observa que los camarones presentan un mayor tamaño, peso medio y valores de factor de condición por encima del óptimo. Observaciones similares fueron mencionadas por Mistakidis (1965), Nion *et al.* (1974), Santana y Fabiano (1999), Fabiano y Santana (2006) y Santana *et al.* (2015).

- Siri (*Callinectes sapidus*)

En esta laguna no se registró la presencia de *C. sapidus* en las capturas incidentales de camarón, ni hubo tampoco pesca artesanal dirigida a esta especie. *C. sapidus* tiene habitualmente escasa representación en este sistema, donde es muy abundante en cambio *Cyrtograpsus angulatus* (obs. de los autores).

Metales y agroquímicos

Los metales cuantificados en sedimento (Cu, Cr, Hg) registraron valores por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG 1999)). Al igual que en la Laguna de José Ignacio, la cuenca de la Laguna Garzón no presenta industrias y sus centros urbanos son pequeños, por tanto, estos metales podrían tener un origen geológico y sedimentológico.

Respecto a los agroquímicos, a diferencia del 2018, en el año 2019 en ninguno de los monitoreos realizados se registraron valores cuantificables de los parámetros analizados. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) registrados como cuantificables, que presentan estándar en el GESTA-AGUA (2014), no superaron los estándares establecidos. Se utilizó además el estándar de PAHs total propuesto por la EPA (22800 µg/kg), obteniéndose en todas las estaciones de monitoreo valores muy inferiores al estándar mencionado.

Si bien en general, los indicadores de calidad del agua y el sedimento fueron buenos, es importante destacar la relevancia de tener un adecuado mecanismo de regulación de las aperturas artificiales de esta laguna, de forma de asegurar un adecuado intercambio con el océano y mantener la calidad del agua y comunidades biológicas saludables.

Tributarios de la Laguna Garzón

Los tributarios de la Laguna Garzón en general presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. Se registraron incumplimientos únicamente en el arroyo Garzón en la turbidez y en las concentraciones de los nutrientes totales (NT y PT) en ambos tributarios. Asimismo, cabe destacar que ambos tributarios presentaron concentraciones similares de nutrientes, por ejemplo, en invierno tuvieron lugar los menores valores de PT, registrando el arroyo Garzón valores de PT por debajo al estándar fijado en la normativa vigente (máx. 25 µg P/L) y el arroyo Anastasio valores cercanos al mismo (30.2 µg P/L). Estas concentraciones estarían indicando el bajo uso agrícola y urbano que presenta la cuenca de esta laguna en relación de las cuencas de las Lagunas Rocha y Castillos.

Laguna de Rocha

La Laguna de Rocha en general mostró cambios en sus variables a lo largo del período de estudio que se explican en parte por la estacionalidad y la hidrodinámica del sistema. En general los valores de oxígeno disuelto y la mayoría de los de pH cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79). Por otro lado, los valores de turbidez superaron en dos ocasiones el estándar admitido (máximo 50 UNT). 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. La concentración de coliformes termotolerantes fue mayor durante el otoño, posiblemente debido al aporte de agua dulce desde la cuenca.

En general la conductividad presentó un gradiente norte-sur, salvo en el muestreo de invierno, donde fue homogénea en toda la laguna. La conductividad promedio en el período de estudio resultó menor al promedio histórico, posiblemente asociado a las altas precipitaciones registradas durante el año.

Los valores promedio de los nutrientes nitrogenados disueltos generalmente fueron similares a los históricos (2002–2016), mientras que el NT fue algo menor dentro del período de este estudio (2019). Es posible que esta disminución se deba a procesos de desnitrificación, los cuales son elevados en lagunas costeras (Newton *et al.* 2013), pero se requieren evaluaciones más precisas para confirmarlo.

Todos los valores de PT superaron ampliamente el estándar vigente (máximo de 25 $\mu\text{g P/L}$). A su vez, la concentración de PO_4 y PT fueron algo mayores 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 de la forestación en detrimento del campo natural (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Sin embargo, si se compara con datos del período 2017–2018 (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019) la concentración de PT promedio fue menor en 2019. Por ello hay que ser cauteloso con estas apreciaciones, ya que puede depender del período de estudio analizado, por lo que se requiere un cuidadoso análisis de la serie histórica de datos completa para confirmar o descartar un proceso de aumento sostenido de nutrientes en contraposición con la variabilidad interanual o decadal (análisis en proceso - CURE).

Durante el muestreo de invierno se observó una baja concentración de nutrientes (totales y disueltos) y bajos valores de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica de los sólidos en suspensión, mostrando valores similares en toda la laguna. Esto coincide con los elevados valores de conductividad (20 mS/cm) observados en este muestreo en todos los sitios de la laguna. Estos resultados indican que el muestreo de invierno habría coincidido con una fuerte intrusión de agua marina en la laguna, que habría alcanzado la zona norte, posiblemente esto haya ocurrido luego de una descarga de agua dulce proveniente de la cuenca. Este mecanismo de “autolimpieza” referido previamente por otros autores (Conde *et al.* 2000, Roselli *et al.* 2013, Rodríguez-Gallego *et al.* 2017) podría explicar los bajos valores de nutrientes observados en invierno.

En el sedimento, generalmente la materia orgánica, la concentración de fósforo y nitrógeno totales fueron mayores en el centro y norte de la laguna respecto al sur. Esto se relaciona con el aporte desde los arroyos, así como con un gradiente norte – sur en la granulometría del sedimento, donde los sedimentos más finos se registran en el norte y centro (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, mientras que la biomasa de fitobentos y el fósforo total fueron similares al histórico. Por su parte, el nitrógeno total

promedio fue menor al histórico (Anexo 1). 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.

Los valores de clorofila-a en general cumplieron con el valor guía de <10 µg/L propuesto por la Mesa Técnica de Agua (2017), salvo en primavera en la zona centro de la laguna, en que la concentración alcanzó 27 µg/L, coincidiendo con valores máximos de turbidez, sólidos en suspensión y materia orgánica de los sólidos en suspensión. La concentración promedio en el período estudiado resultó mayor que el promedio histórico. Posiblemente el elevado valor de clorofilas se deba a una fuerte resuspensión de sedimentos y de algas epibentónicas.

En función de la concentración de clorofila-a, la Laguna de Rocha en este período podría ser clasificada como mesotrófica según el criterio de Lamparelli (2004) y eutrófica según OCDE (1982). 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, donde el manejo de la apertura artificial de la barra arenosa es un proceso clave. El aumento de la agricultura en la cuenca, así como cambios en el régimen de lluvias asociados al cambio climático podrían acelerar el proceso de eutrofización (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton fue mayor en esta laguna que en las lagunas José Ignacio y Garzón, pero menor que en Laguna de Castillos. Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el período y con un gran aporte de diatomeas céntricas de gran tamaño como *Melosira moniliformis*, previamente reportado para esta laguna (Bonilla *et al.* 2006). Al igual que en Laguna José Ignacio hubo un aumento de dinoflagelados marinos en verano, indicando un ingreso de agua marina que habría alcanzado el centro de la laguna por efecto del viento, donde se registró el máximo de su abundancia. En esta laguna se registró la presencia de la cianobacteria *Aphanothece*.

Comunidad bentónica

Al igual que lo observado para el período 2017-2018 (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019) la comunidad bentónica de la Laguna de Rocha presentó una fauna típicamente estuarina, la que se encontró dominada por el caracol *Heleobia* aff. *australis* (77.7% a 90.4% de la abundancia relativa), los Gastropoda fueron por amplio margen la clase dominante, y los niveles de diversidad oscilaron entre los

13 y 24 taxa a lo largo del año. Sin embargo, en relación a los datos existentes previos al período 2017-2018 las abundancias relativas de *H. aff. australis* y la diversidad fueron mucho mayores. En 2005 la riqueza de especies osciló entre 5-7 taxa y además la abundancia relativa de *H. aff. australis* era menor (en torno al 49% de abundancia) (Meerhoff, 2009). La abundancia total de bentos en 2019 (37283 ind/m²) estuvo en un rango y valor medio similar a los observados durante 2017 y 2018 (promediando 28001 ind/m²), prácticamente duplicando los valores observados durante el año 2005 (Meerhoff, 2009; DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019). La mayor riqueza (13-24 taxa) durante 2017-2019 respecto de la baja riqueza (5-7) durante 2005 probablemente pueda explicarse por un mayor nivel de resolución al momento de la determinación taxonómica del bentos estudiado en los últimos tres años. Las marcadas diferencias en la abundancia relativa de los componentes del bentos y de sus densidades, podrían en parte deberse al uso de un tamaño de malla menor al tamizar la muestra (1 mm en 2005 vs 0.5 mm en 2017-2019 mm), aunque esto debería analizarse con más precisión revisando el tamaño de los organismos de las muestras actuales y de 2005.

Misidáceos e ictioplancton

En laguna de Rocha, los misidáceos fueron registrados en todos los muestreos de 2019 en diferentes densidades. En primavera 2019 al igual que en invierno 2017 se registraron los picos máximos de abundancia para todo el período analizado (2017-2019) (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019). Esto coincide también con el trabajo de Espinosa *et al.* (2019), quienes identificaron picos de abundancias de este grupo en ambas estaciones del año para esta laguna.

El ictioplancton en el 2019 se presentó en bajas abundancias, la mayor abundancia ocurrió en primavera coincidiendo con los muestreos de 2017-2018 donde se destacaron aumentos de abundancia tanto en invierno como en primavera (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019). En esta laguna predominaron los huevos con respecto a las larvas de peces, este resultado coincide con lo identificado por Machado, 2007 en donde se registró la mayor abundancia de huevos en Laguna de Rocha respecto a Laguna de Castillos con un promedio de 66.3 ± 115.7 ind./100 m³.

Peces de importancia comercial

Las principales especies capturadas en la Laguna de Rocha fueron: corvina blanca (invierno y primavera); lacha (invierno y primavera); lenguado rojo (principalmente invierno) y corvina negra (invierno). Todas estas especies son destinadas para consumo humano, a excepción de la lacha que es utilizada como carnada en la pesca artesanal con palangre de fondo de brótola (*Urophycis brasiliensis*) en el mar (Laporta *et al.*, 2018). Para la mayoría de las especies no hubo presencia de juveniles en las capturas, siendo todas las LT50% superiores a las LTM50% determinadas para estas especies en estos ambientes. En el caso de

corvina negra en cambio, 43% de los ejemplares capturados fueron juveniles. No hay en la literatura regional estimaciones de la LTM50% para esta especie, por lo que es necesario obtener más datos para calcular la talla de madurez sexual en estos ambientes. Para la mayoría de las especies capturadas no se observaron grandes diferencias entre las tallas y pesos medios respecto de los años anteriores y entre estaciones durante lo que va del período de monitoreo (DINAMA-OSE-DINARA-IDR-CURE, 2019).

En corvina blanca la estimación de los parámetros am y bm son una contribución relevante para la utilización del factor de condición como indicador, en el marco de este monitoreo en las lagunas costeras. Si bien el análisis fue realizado para evaluar cambios interanuales por laguna, se observaron además diferencias en el W_{rm} entre estaciones siendo mayor en primavera (101.07%) que en invierno (93.74%).

La determinación de metales pesados en músculo de pescado, en especial mercurio, es de gran relevancia para el consumo humano, siendo uno de los análisis requeridos para asegurar la inocuidad de un producto pesquero. Se registró presencia de este metal en un solo ejemplar de *Brevoortia aurea* (Lacha). Sin embargo, el valor de mercurio registrado, se encuentra muy por debajo del valor máximo tolerable de acuerdo a normativas internacionales vigentes según Reglamento UE 1881/2006 y según Decreto 14-013 MERCOSUR, para productos pesqueros para consumo humano (0,5 mg/Kg y 1 mg/Kg) respectivamente.

Invertebrados de importancia comercial

- Camarón (*Penaeus paulensis*)

En 2019 se capturó un volumen de *P. paulensis* importante en la Laguna de Rocha (138 ton). Las tallas y pesos registrados coinciden con los tamaños históricos para esta especie en las lagunas (Santana *et al.*, 2013; 2015). La variabilidad de tallas y pesos estaría determinada por las variaciones en la salinidad, temperatura, hidrología y geomorfología de cada laguna 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, donde se observa que los camarones presentan un mayor tamaño, peso medio y valores de factor de condición por encima del óptimo. Observaciones similares señalan Mistakidis (1965), Nion *et al.* (1974), Santana y Fabiano (1999), Fabiano y Santana (2006) y Santana *et al.* (2015).

- Sirí (*Callinectes sapidus*)

El muestreo biológico de ejemplares de *C. sapidus* en la Laguna de Rocha se correspondió con un verano de abundancia muy baja de individuos adultos, y en el otoño con la presencia masiva de juveniles de esta especie, y de otras especies del género *Callinectes* poco frecuentes en estos ecosistemas. Las clases de tallas encontradas en otoño abarcaron un rango restringido de tallas, en donde dominaron los individuos inmaduros sexualmente (DINARA, 2019a).

Las variaciones en la presencia, abundancia y composición de tallas observadas en verano y otoño se explican por las variables físicas y químicas (temperatura y salinidad) imperantes y otras condiciones oceanográficas a mayor escala, y son esperables para estos ecosistemas (Nion *et al.*, 1974, Santana, 1987, Santana y Fabiano, 1999 y 2004, Masello *et al.* 2016).

Metales y agroquímicos

Los metales cuantificados en sedimento (Cu, Cr, Hg) no representarían un riesgo para los diferentes usos de este sistema, dado que todos los valores determinados estarían por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG 1999)).

Los agroquímicos analizados registraron únicamente valores cuantificables en las estaciones norte (R1) y sur (R2) de glifosato en el verano y cipermetrina en primavera. Ninguno de estos parámetros en la matriz sedimento presenta estándares nacionales o internacionales que definan límites admisibles que permitan realizar una evaluación. Por último, los valores de PAHs registrados cuantificables ninguno superó los estándares establecidos GESTA-AGUA (2014). Se evaluó además el estándar de PAHs totales propuesto por la EPA, obteniéndose en todos los casos valores muy inferiores al estándar mencionado.

Tributarios de la Laguna de Rocha

Al igual que en años anteriores en relación al cumplimiento de los estándares de calidad de la normativa ambiental, así como en función de las concentraciones de nutrientes, los tributarios más comprometidos de la cuenca de la Laguna de Rocha fueron el arroyo La Palma y el arroyo Las Conchas, los cuales presentan las subcuenas más agrícolas de la cuenca (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). No obstante, que la laguna está recibiendo elevadas cargas de nutrientes a través de todos sus tributarios.

En lo que respecta a las concentraciones determinadas tanto de NT como de PT determinadas en sedimento el arroyo La Palma al igual que en años anteriores, continúan siendo similares a las determinadas en la Laguna de Rocha. Asimismo, continúan sin detectarse valores de atrazina en sedimento.

Laguna de Castillos

La Laguna de Castillos presenta una dinámica hidrológica más compleja que las restantes lagunas costeras del país, 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 para el resto de las lagunas, algunos patrones observados en las variables físicas, químicas y biológicas se relacionan con la hidrología del sistema.

Asimismo, los valores de oxígeno disuelto y pH generalmente cumplieron con la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), salvo algún valor de pH que superó por poco el límite. Los valores de turbidez superaron en dos ocasiones el límite admitido (máximo 50 UNT). 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 cumplieron los estándares establecidos por el Decreto 253/79, estando el valor máximo registrado en el Aº Valizas. La DBO₅ cumplió con los límites establecidos por la normativa, salvo en verano en la zona norte, donde se observó un valor de DBO₅ elevado.

Comparado con los promedios históricos si bien la materia orgánica y los nutrientes del sedimento fueron similares a los históricos, la clo-*a* del sedimento fue algo mayor, posiblemente asociado en parte a una menor turbidez durante los muestreos de 2019 respecto a los valores históricos.

Los valores de concentración de clorofila-*a* en general cumplieron con el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10 µg/L), salvo un evento de floración registrado en el norte de la laguna en verano. Considerando la concentración de clorofila-*a* promedio para el período de estudio según el criterio de Lamparelli (2004) la laguna se encontraría en estado eutrófico, y que según OCDE (1982), estaría en el valor límite para pasar a un estado hipereutrófico.

El máximo valor de clorofila-*a* de verano coincidió con los valores más altos de nitrógeno total, fósforo total, materia orgánica de los sólidos en suspensión y DBO₅, a la vez que los niveles de PO₄ fueron mínimos y la conductividad fue baja. La conductividad promedio de la laguna en el período de estudio fue más baja que la conductividad histórica promedio. Martínez *et al.* (2019) analizaron la serie histórica de datos de calidad del agua de esta laguna y encontraron una relación directa entre la clorofila-*a* con la temperatura del agua, la lluvia acumulada en 5 días 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. Asimismo, aunque en este monitoreo los valores promedio observados de nutrientes fosforados y nitrogenados fueron similares a los promedios históricos (Anexo 1), Martínez (en redacción) registró un aumento importante en los últimos 15 años. Esto muestra nuevamente la importancia de contar con series de datos prolongadas para descartar la variabilidad interanual o decadal, respecto de tendencias de largo plazo.

Fitoplancton

La laguna de Castillos presentó floración de cianobacterias de las especies *Dolichospermum planctonicum* y *D. circinalis* como ha ocurrido en la época estival en varios años (Fabre *et al* 2014; Martínez 2014). Hubo una floración muy grande en verano coincidiendo con altos valores de clorofila-*a* y de demanda biológica

de oxígeno, y luego hubo otro episodio de floración en primavera tardía, pero de menor magnitud. El género *Dolichospermum* presenta células de resistencia (acinetes) que le permite perdurar en los sedimentos durante mucho tiempo hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables y germinar rápidamente produciendo floraciones extremadamente abundantes. Estas especies ya están presentes en la laguna desde el año 2010 y cada vez que las condiciones son favorables para ellas (baja salinidad y alta temperatura) vuelven a florecer. En esta oportunidad la floración de cianobacterias siempre estuvo acompañada por una floración de *Aulacoseira granulata* lo cual es indicadora de alta concentración de nutrientes. Lo llamativo es que *Aulacoseira granulata* es una diatomea asociada a cuerpos lóticos y *Dolichospermum planctonicum* por el contrario está asociada a aguas quietas, de todos modos, las máximas abundancias de ambas no ocurrieron en los mismos sitios de muestreo. El máximo de abundancia de *Dolichospermum* fue encontrado en la estación norte y *Aulacoseira* en el Bolsón del Chafalote, donde la abundancia de *Dolichospermum* fue bastante menor. Es probable que *Aulacoseira* se favorezca por el aporte de agua de origen fluvial y del humedal enriquecida en algunas formas de nutrientes principalmente nitrogenados, y en la laguna encuentre un lugar favorable. En la laguna de Castillos también se encuentran grandes abundancias de zygnemataceas filamentosas como *Spirogyra* y *Mougeotia*, lo cual es otro indicador de eutrofización (Timoshkin *et al.* 2015).

Comunidad bentónica

Al igual que lo observado para 2017-2018 la comunidad bentónica de la Laguna de Castillos presentó una fauna típicamente estuarina con ocasionales organismos dulceacuícolas. También las dos especies más abundantes fueron *Heleobia* aff. *australis* y *Erodona mactroides*, sin embargo, a diferencia del período anterior (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019) esta última resultó más abundante que *Heleobia* en el verano (similar a los registrado en 2005 por Meerhoff *et al.* (2009)), encontrándose de forma abundante incluso en el Aº Valizas (2360 ind/m²) donde suelen presentar densidades muy bajas (<80 ind/m²). Posiblemente esto pueda estar vinculado a fuertes descargas desde la laguna que las haya transportado junto con otros componentes del bentos igualmente atípicos para el Aº Valizas como *Heleobia* aff. *robusta*, *Sinelobus sanfordi*, *Uromunna* cf. *peterseni*, *Pyramidellidae* indet, entre otros, que aparecieron en ese muestreo.

Al igual que lo mencionado para Laguna de Rocha, la mayor riqueza (8-15 taxa) registrada durante 2017-2019 y los bajos valores (2-6) en datos obtenidos durante 2005 en esta laguna, probablemente se deban a un mayor nivel de resolución al momento de la determinación taxonómica del bentos estudiado en los últimos tres años. Por su parte las marcadas diferencias en las densidades del bentos (2540-34700 ind/m² promedio 14223 ind/m² entre 2017-2019 versus 589-3764 ind/m² en 2005), podrían deberse a diferencias en los procedimientos que no están siendo tenidos en cuenta (ej. modo de conservación pre-procesamiento, tamaño del tamiz) o a extremos de variación natural en la propia población que no han sido aún observados durante el presente monitoreo (Meerhoff *et al.* 2009).

Misidáceos e ictioplancton

En la Laguna de Castillos en 2019, los misidáceos se registraron únicamente en el verano y en baja abundancia, contrariamente a lo registrado en años anteriores donde los misidáceos ocurrieron en grandes densidades en primavera (2984 ind.100m⁻³) y otoño 478 (ind.100m⁻³) (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019).

El ictioplancton fue registrado en la mayoría de las estaciones del año en 2019, alcanzando los máximos valores de abundancia en primavera y otoño. El centro continuó siendo el sitio con mayor frecuencia de ocurrencia de ictioplancton al igual que en los monitoreos anteriores en esta laguna (DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE, 2019). En esta laguna, predominaron las larvas con respecto a los huevos de peces al igual que en el período 2017-2019. Esto es coincidente con lo encontrado por Machado (2007), donde la abundancia promedio del total de larvas de peces fue mayor en la Laguna de Castillos respecto a Rocha.

Peces de importancia comercial

Las principales especies capturadas en la Laguna de Castillos fueron: corvina blanca (invierno y primavera); lenguado rojo (invierno y primavera) y pejerrey (invierno). Para todas las especies no hubo presencia de juveniles en las capturas, siendo las LT50% superiores a las LTM50% determinadas para estas especies en estos ambientes.

Para todas las especies capturadas no se observaron diferencias importantes en las tallas y pesos medios registrados en 2019 con respecto a los dos años anteriores (DINAMA-OSE-DINARA-IDR-CURE, 2019). Para corvina blanca el factor de condición (W_{rm}) establecido en invierno en la Laguna de Castillos (98.35%) fue cercano al valor óptimo (100%), y sirve como referencia en futuros muestreos.

La determinación de metales pesados en músculo de pescado, en especial mercurio, es de mayor relevancia para el consumo humano, siendo uno de los análisis requeridos para asegurar la inocuidad de un producto pesquero. En el caso de la Laguna de Castillos únicamente se registró presencia de este metal en un solo ejemplar de lisa y en dos tarariras. Sin embargo, los valores de mercurio registrados, se hallan muy por debajo del valor máximo tolerable de acuerdo a normativas internacionales vigentes según Reglamento UE 1881/2006 y Decreto 14-013 MERCOSUR, para productos pesqueros para consumo humano (0,5 mg/Kg y 1 mg/Kg) respectivamente.

Invertebrados de importancia comercial

- Camarón (*Penaeus paulensis*)

En 2019 se capturó un volumen de *P. paulensis* bajo en laguna de Castillos (2 ton). Las tallas y pesos registrados en el monitoreo coinciden con los tamaños históricos para esta especie en las lagunas (Santana *et al.*, 2013; 2015).

- Sirí (*Callinectes sapidus*)

En la laguna de Castillos, el muestreo de verano correspondió a un período de abundancia media de ejemplares adultos y no se registró la presencia de juveniles en el otoño. Esto fue coincidente con una de las zafas más pobres de camarón en esta laguna (2 ton) (DINARA. 2019b). Las clases de tallas encontradas en el muestreo de pesca exploratoria en verano abarcaron un rango amplio de tallas. La pesca artesanal en esa estación anual estuvo dirigida a los ejemplares de mayor porte, que de acuerdo a la Resolución de DINARA N° 032/2019 de ordenamiento de la zafa de camarón, es de 105 At (mm).

Las variaciones en la presencia, abundancia y composición de tallas observadas en verano y otoño se explican por las variables físico-químicas (temperatura y salinidad) imperantes y otras condiciones oceanográficas a mayor escala, y son esperables para estos ecosistemas (Nion *et al.*, 1974, Santana, 1987, Santana y Fabiano, 1999 y 2004, Masello *et al.* 2016).

Metales y agroquímicos

Los metales analizados en sedimento registraron valores cuantificables de Cr, Cu y Hg, siendo todos los valores determinados menores al estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG 1999)).

En relación a los agroquímicos determinados en el matriz sedimento, se registró únicamente en primavera un valor cuantificable de glifosato en el punto de monitoreo del centro de la Laguna (C2). Sin embargo, no se cuenta con normativa nacional ni internacional que defina límites admisibles para evaluar éste parámetro. 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, obteniéndose en todas las estaciones de monitoreo valores muy inferiores al estándar mencionado.

Tributarios 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 oxígeno disuelto, fósforo total y

coliformes termotolerantes. 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. Como ya se mencionó en informes anteriores, la cañada de Los Olivera recibe aportes de materia orgánica provenientes de la ciudad de Castillos, a lo cual podrían deberse los bajos valores de oxígeno. En el caso del 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.

Para el caso de los coliformes termotolerantes a diferencia de informes anteriores se registró incumplimiento de la normativa ambiental nacional en todos los tributarios en la estación otoño, pero el resto de los valores del año 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, posiblemente de lluvia, y no a una situación constante de un sitio.

Por otro lado, en cuanto a los nutrientes, todos los valores de fósforo total excedieron el estándar de la normativa, 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 que continúa siendo el tributario que aporta las mayores concentraciones, tanto de PT como de PO₄. Respecto al NT únicamente ésta cañada y el arroyo Castillos en primavera presentaron valores de incumplimiento de NT en relación al valor guía propuesto por la mesa técnica del agua (≤ 500 mg/L), siendo nuevamente la cañada de Los Olivera donde se registraron los mayores valores, tanto para el NT como para las formas disueltas de este nutriente. Por tanto, estos resultados indican que este tributario sería uno de los principales aportes de nutrientes a la Laguna de Castillos. Como ya se hizo mención en el informe anterior (DINAMA 2019) sería importante contar con datos de caudal de forma de poder confirmar este indicio.

4.1 Síntesis

Las cuatro 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).

En promedio las lagunas de Rocha y Castillos presentaron los mayores valores de nutrientes en agua y Laguna Garzón registró los mayores valores de estos parámetros en el sedimento. Sin embargo, Al igual que en el informe anterior (DINAMA 2019), las cuatro mostraron rangos similares de nutrientes y clorofila-a en agua y sedimento, lo cual podría relacionarse, 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 sedimento. Si bien esta laguna presenta una dinámica de conexión al mar que por su geomorfología es menos frecuente y de menor duración, posiblemente las aperturas artificiales se realizan en condiciones de nivel del agua subóptimas, favoreciendo el proceso de acumulación en la laguna, en contraste con los procesos de exportación al mar, en comparación con el resto de las lagunas. Por este motivo, el procedimiento de aperturas artificiales debería ser analizado y regulado en base a estudios hidrológicos y geomorfológicos.

Las lagunas de Garzón y Rocha a las que se sumó este año la laguna de José Ignacio, siguen siendo clasificadas según los criterios OCDE (1982) y Lamparelli (2004) en estado mesotrófico por sus niveles de clorofila-a. La Laguna de Castillos, a diferencia del informe anterior (DINAMA 2019), según el criterio de Lamparelli (2004) en este período se clasificó en un estado hipereutrófico, y según OCDE (1982), estaría en el valor límite para pasar a un estado hipereutrófico, comenzando a mostrar indicios de deterioro en su calidad ambiental. Este aumento en el estado trófico, se debe a una floración de cianobacterias del género *Dolichospermum*, principalmente *D. planctonicum* pero también a *D. circinalis* y *D. spiroides*, la cual se registró en el verano en la zona norte de la laguna.

Sin embargo, el concepto de estado trófico es multidimensional e involucra aspectos como ser: carga de nutrientes, concentración de nutrientes, concentración de oxígeno, medidas de biomasa o producción, composición de la trama trófica e incluso morfometría del sistema (Carlsson 1977). No obstante, en todas las lagunas se han determinado concentraciones de nutrientes (NT y PT) relativamente elevadas según los cuales estos sistemas se encuentran en el rango de eutrófico. Lo cual sugiere que las lagunas se encuentran en un estado vulnerable, pudiendo sufrir rápidamente cambios en su calidad de agua 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 afectando el mecanismo de “autolimpieza” que presentan estos sistemas previamente descrito por otros autores (Conde *et al.* 2000, Roselli *et al.* 2013, Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Asimismo, hay que considerar el aumento de la agricultura en las cuencas, como cambios en el régimen de lluvias asociados al cambio climático, los cuales podrían acelerar también el proceso de eutrofización (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017, Jeppensen *et al.* 2017).

Sin embargo, en todas las lagunas a excepción de la Laguna de José Ignacio en invierno, todos los valores restantes superaron los estándares establecidos de fósforo total por la normativa nacional. En la Laguna de Castillos, debería ser evaluado el aporte de nutrientes desde los humedales y la función del sedimento como reservorio, al igual que 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.

Respecto al análisis de las concentraciones de nutrientes, es importante ser cauteloso con las apreciaciones, ya que puede depender del período de estudio analizado, por lo que se requiere un cuidadoso análisis de la serie histórica de datos completa para confirmar o descartar un proceso de aumento sostenido de nutrientes en contraposición con la variabilidad interanual o decadal (análisis en proceso - CURE). Por tanto, es importante la continuidad del programa de monitoreo actual, el cual permitirá tener información más robusta, con series de tiempo de más largo plazo para realizar análisis estadísticos, que permitan explicar las relaciones entre las variables de interés.

Fitoplancton

El fitoplancton en todas las lagunas estuvo dominado por diatomeas, este grupo fue el que presentó mayor número de taxas y el dominante durante la mayor parte del año como es esperado para este tipo de ambientes (Bonilla et al. 2006). Las lagunas de José Ignacio y Rocha presentaron una gran proporción de especies marinas, debido a su mayor conexión con el océano y en cambio Garzón y Castillos presentaron mayormente especies dulceacuícolas.

En cuanto a floraciones la laguna más comprometida es la Laguna de Castillos la cual presentó floraciones de cianobacterias de varias especies del género *Dolichospermum* durante la época estival, como ya ha sido registrado en otros años (Fabre et al 2014; Martínez 2014). *Dolichospermum* es un género de cianobacterias filamentosas fijadoras de nitrógeno y potencialmente tóxicas productoras de varias toxinas (Microcistina, saxitoxina y anatoxina), que podrían afectar varias de las actividades que se desarrollan en la laguna. Estas especies de cianobacterias a su vez generan acinetes (estadios de resistencia) como parte de su ciclo de vida permitiéndole sobrevivir el invierno en los sedimentos y funcionar como un “banco de semillas” disponible para el próximo año, favoreciendo su recurrencia en cada temporada estival.

El resto de las lagunas si bien no presentaron floraciones, en todas se observaron cianobacterias, muchas de ellas especies potencialmente tóxicas (e.g *Microcystis* spp). Particularmente relevante es la proporción de cianobacterias encontrada en la Laguna Garzón respecto al resto de los grupos de fitoplancton presentes, el fitoplancton en esta laguna estuvo representado básicamente por diatomeas y cianobacterias. La Laguna José Ignacio y Laguna de Rocha fueron las menos preocupantes respecto a floraciones de cianobacterias, pero ambas tuvieron ingreso de especies marinas potencialmente tóxicas (*Pseudonitzschia* spp.) pero que hasta el momento en Uruguay no han dado problemas.

Comunidad bentónica

Las cuatro lagunas continúan presentando una fauna bentónica esperable para ambientes de características estuarinas, y en concordancia con lo previamente registrado para las mismas en

investigaciones anteriores (Jorcin 1999, Meerhoff 2009, Rodríguez-Gallego *et al.* 2010, Meerhoff *et al.* 2013), con una clara dominancia de gastrópodos, a excepción de la Laguna de José Igancio que presentó una fauna dominada principalmente por gusanos poliquetos.

Cabe destacar con especial relevancia la presencia del poliqueto invasor *Ficopomatus enigmaticus* en la Laguna Garzón. El monitoreo de este organismo es de gran importancia, dado que podría generar grandes impactos en caso de prosperar, repercutiendo tanto a nivel ecológico como social. En este sentido, es necesario la continuidad de estos monitoreos, lo cual permitirá en una mejor comprensión del funcionamiento de estas lagunas y sus comunidades, 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

El relevamiento de los misidáceos se realiza como aporte al seguimiento de los indicadores del plan de manejo del Paisaje Protegido Laguna de Rocha (R.M. 1030/2016 de 29 de julio de 2016). Los crustáceos misidáceos desempeñan un rol importante en las tramas tróficas “pesqueras” (Boschi, 2016) ya que son presa fundamental de varios de los peces que crían en la laguna (López Cazorla, 1996; 2004), así como de aves (Schneider, 1981) entre otros grupos zoológicos, además de ser bueno para la detección de toxicidad en estuarios (Brandt *et al.*, 1993) entre otras aplicaciones. Si bien algunos autores plantean que este organismo podría ser invasor en nuestro país (Aber *et al.* 2012?), estudios sobre tramas tróficas en las Laguna de Rocha mostraron su rol fundamental en la transferencia de energía entre niveles tróficos (Milessi *et al.* 2010). En este sentido, la medición y seguimiento de la abundancia de misidáceos, fue identificado como un indicador clave de la trama trófica, para evaluar su importancia como zona de alimentación y cría de recursos pesqueros.

Los resultados obtenidos muestran que salvo en la laguna de Rocha y Castillos donde los misidáceos se registraron todo el año, en la Laguna de José Ignacio estuvieron presentes en muy baja abundancia y en la Laguna Garzón no se registraron durante todo el período. Las principales variables que pueden explicar las fluctuaciones de misidáceos son temperatura y salinidad. En este sentido, una de las posibles causas de las diferentes abundancias de misidáceos registradas en las cuatro lagunas costeras parece también estar sujeta 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). En este sentido los resultados obtenidos en el período muestran que en algunas lagunas predominan los huevos (lagunas José Ignacio y Rocha) y en otras las larvas (lagunas de Garzón y Castillos).

Por tanto, al igual que en el informe anterior de este programa de monitoreo, los resultados obtenidos indican que hay especies que utilizan estas lagunas para reproducirse, 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 patrones temporales y espaciales más claros. En este estudio se puede observar que las abundancias tanto de ictioplancton como de misidáceos se ven afectadas por la dinámica de la barra.

Peces de importancia comercial

Solo se realizaron monitoreos de peces para las lagunas de Rocha y Castillos. Las principales especies capturadas en la Laguna de Rocha fueron: corvina blanca (invierno y primavera); lacha (invierno y primavera); lenguado rojo (principalmente invierno) y corvina negra (invierno) y en la Laguna de Castillos: corvina blanca (invierno y primavera); lenguado rojo (invierno y primavera) y pejerrey (invierno). Todas estas especies son destinadas para consumo humano, a excepción de la lacha que es utilizada como carnada en la pesca artesanal con palangre de fondo de brótola (*Urophycis brasiliensis*) en el mar (Laporta et al., 2018).

La sobreexplotación produce cambios en la estructura de tallas de las poblaciones de peces y en particular en las LTM50% (Gangl y Pereira 2003, Lappalainen et al. 2016). Las LTM50% son evaluadas en relación con la LT50%, como un indicador de la gravedad de la presión de pesca sobre un stock (ICES 2012). En este caso, para la mayoría de las especies no hubo presencia de juveniles en las capturas, siendo todas las LT50% superiores a las LTM50% determinadas para estas especies en estos ambientes.

En el caso particular de la corvina negra en cambio, el 43% de los ejemplares capturados fueron juveniles. Sin embargo, no hay en la literatura regional estimaciones de la LTM50% para esta especie, por lo que es necesario obtener más datos para calcular la talla de madurez sexual en estos ambientes. Para la corvina blanca la estimación de los parámetros a_m y b_m son una contribución relevante para la utilización del factor de condición (W_{rm}) como indicador, en el marco de este monitoreo en las lagunas costeras. Si bien

el análisis fue realizado para evaluar cambios interanuales por laguna, se observaron además diferencias en el Wrm entre estaciones siendo mayor en primavera (101.07%) que en invierno (93.74%).

Es importante destacar que para la mayoría de las especies capturadas no se observaron grandes diferencias entre las tallas y pesos medios respecto de los años anteriores y entre estaciones durante lo que va del período de monitoreo (DINAMA-OSE-DINARA-IDR-CURE, 2019).

En el caso de la Laguna de Rocha únicamente se registró presencia de este metal en un solo ejemplar de *Brevoortia aurea* (Lacha). Sin embargo, el valor de mercurio registrado, se encuentra muy por debajo del valor máximo tolerable de acuerdo a normativas internacionales vigentes según Reglamento UE 1881/2006 y según Decreto 14-013 MERCOSUR, para productos pesqueros para consumo humano (0,5 mg/Kg y 1 mg/Kg) respectivamente.

Metales y Agroquímicos

Las cuatro lagunas registraron concentraciones cuantificables de Cr, Cu y Hg 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. Existe la posibilidad de que estos metales tengan un origen geológico o sedimentológico, dada la ausencia de industrias y los pequeños centros urbanos en términos relativos, presentes principalmente en las cuencas de las lagunas Garzón y José Ignacio. Sin embargo, para verificar esta hipótesis sería necesario realizar estudios específicos.

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 en la matriz sedimento. Sin embargo, aún se cuenta con muy pocos datos como para poder realizar una evaluación representativa para estos sistemas. Asimismo, la presencia de estos 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 cuatro lagunas en general cumplieron con los estándares (a excepción del fósforo total y de datos puntuales de algunas variables medidas in situ). Respecto al PT, al igual que en años anteriores los tributarios de todas las lagunas registraron 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. Igualmente se requieren datos de caudal, para evaluar el aporte relativo de cada tributario.

Los tributarios de las lagunas de José Ignacio y Garzón en promedio presentaron valores menores de PT, registrando, por ejemplo, los arroyos José Ignacio y Garzón valores por debajo del estándar fijado en la normativa ambiental mencionada. Las mayores concentraciones de nutrientes registrados en sus otros tributarios (cañada Sosa y el arroyo Anastasio) podrían deberse al bajo caudal observado en los mismos durante el período. Sin embargo, sería importante contar con datos de caudal de forma de poder confirmar este indicio.

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, continúan siendo los tributarios más comprometidos en relación a los estándares ambientales, así como en función de las concentraciones de nutrientes. Como ya se mencionó en el informe anterior (DINAMA 2019), 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 et al. 2017).

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, sería importante evaluar, el aporte de nutrientes que están recibiendo los humedales de la Laguna de Castillos, así como la capacidad de filtración de los mismos en relación a las concentraciones que llegan desde la cuenca.

Consideraciones finales

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 coliformes y de variables medidas *in situ*.

En relación al estado ambiental de las lagunas de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos, los resultados indican que se encuentran en general con buena calidad del agua y de los sedimentos. Si bien se registraron metales y agroquímicos, en su mayoría éstos se encontraron o por debajo de los estándares permitidos o no se cuenta con normativa nacional ni internacional que defina límites admisibles para dichos parámetros. Es importante considerar que la presencia éstos parámetros debe ser considerada como un indicador de que es necesario continuar el monitoreo.

Por otro lado, las lagunas de Rocha y Garzón a las que se sumó la Laguna José Ignacio continúan siendo clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de clorofila a. Sin embargo, las concentraciones de nutrientes (NT y PT) determinadas al igual que en informes anteriores, continúan siendo relativamente elevadas. Estos resultados sugieren que las lagunas se encuentran en un estado

vulnerable, pudiendo sufrir rápidamente cambios en su calidad de agua frente a un aumento en su carga de nutrientes y/o a cambios en su hidrodinámica.

En el caso de la Laguna de Castillos, según esta misma clasificación sufrió un cambio en la calidad del agua, pasando de un estado mesotrófico a hipereutrófico debido a una floración de cianobacterias severa, demostrando un deterioro que ha venido en aumento progresivo, lo que evidencia la inminente necesidad de tomar medidas de gestión, tanto en la cuenca como en la laguna.

En este sentido, es importante a futuro realizar un estudio detallado del manejo de la apertura artificial de las barras arenosas, el cual afecta el mecanismo de “autolimpieza” que presentan estos ecosistemas previamente mencionado, que cumple un rol relevante tanto en el componente biótico como abiótico. Asimismo, para mejorar el manejo de estos ecosistemas en aras de la protección ambiental y el desarrollo sostenible de las lagunas, hay que considerar el aumento de la agricultura en las cuencas, como cambios en el régimen de lluvias asociados al cambio climático, los cuales podrían acelerar también el proceso de eutrofización (Rodríguez-Gallego et al. 2017, Jeppensen et al. 2017).

La comunidad íctica aún no ha podido ser evaluada en ninguna de las cuatro lagunas, pero se espera poder incorporar este análisis en próximas etapas de este programa de monitoreo. Por otro lado, las especies de peces registradas en la captura artesanal, fueron representativas de estas lagunas. Respecto a las comunidades bentónicas, no se observan a priori especies indicadoras de impactos de eutrofización. Sin embargo, cabe destacar la presencia de ejemplares del poliqueto invasor *Ficopomatus enigmaticus* en la Laguna Garzón. Sigue siendo necesario continuar con los monitoreos para realizar análisis más exhaustivos, en función de otros parámetros biológicos y parámetros físicos y químicos ya obtenidos para poder obtener conclusiones más robustas.

En relación a las comunidades, como ya se mencionó en informes anteriores la continuidad de este programa redundará en una mejor comprensión del funcionamiento ecológico de estas lagunas. Hará posible diferenciar los efectos de procesos naturales que tienen alta variabilidad y dificultan la identificación de patrones claros o de efectos de actividades antropogénicas de forma 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.

Los tributarios más comprometidos por sus elevadas cargas de nutrientes al igual que en el informe anterior 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). Los tributarios de las lagunas Garzón (arroyo Garzón y cañada Sosa) y José Ignacio (arroyos José Ignacio y Anastasio) registraron valores menores en promedio, probablemente debido al menor porcentaje de sus cuencas con uso agrícola. 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.

Por último, es necesario destacar el abordaje interinstitucional de este programa de monitoreo, fundamental para implementar monitoreo tan completo, que abarca las cuatro lagunas costeras del país. 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.

5 Bibliografía

- Alcántara, I., Piccini, C., Segura, A.M., Deus, S., González, C., Martínez de la Escalera, G., Kruk, C. 2018. Improved biovolume estimation of *Microcystis aeruginosa* colonies: A statistical approach. *Journal of Microbiological Methods*, 151, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.05.021>.
- Aubriot L., D. Conde, S. Bonilla, V. Hein & A. Brito. 2005. Vulnerabilidad de una laguna costera reserva de biosfera: indicios recientes de eutrofización. En: Vila I. & J. Pizarro, ed. *Taller Internacional de Eutrofización y Embalses CYTED VXIIB*. Santiago de Chile: Patagonia Impresores. pp. 65-87.
- Bergamino L., L. Rodríguez-Gallego, A. Pérez-Parada, M. Rodríguez Chialanza, V. Amaral, L. Perez, F. Scarabino, C. Lescano, C. García-Sposito, S. Costa, C.S. Lane, A. Tudurí, N. Venturini & F. García-Rodríguez. 2018. Autochthonous organic carbon contributions to the sedimentary pool: A multi-analytical approach in Laguna Garzón. *Organic Geochemistry* 125: 55-65.
- Bonilla, S., D. Conde, L. Aubriot, L. Rodríguez-Gallego, C. Piccini, E. Meerhoff, A. Britos. 2006. Procesos estructuradores de las comunidades biológicas en lagunas costeras de Uruguay. *Bases Para La Conservación Y El Manejo de La Costa Uruguaya*, 611–630.
- Borthagaray A.I., J.M. Clemente, L. Boccardi, E. Brugnoli & P. Muniz. 2006. Impacto potencial de invasión de *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) (Polychaeta: Serpulidae) en la Laguna de Rocha, Uruguay. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 1(1): 57-65.
- 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.
- Browder, J. A., Zein-Eldin, Z., Ciales, M. M., Robblee, M. B., Wong, S., Jackson, T. L., & Johnson, D. (2002). Dynamics of pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) recruitment potential in relation to salinity and temperature in Florida Bay. *Estuaries*, 25(6), 1355-1371.
- Boschi, E.E., (ed.) 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).
- Carlsson R. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22(2). 361-369.
- Chalar G & J. Clemente. 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.
- Conde D., L. Aubriot, S. Bonilla & R. Sommaruga. 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., L. Rodríguez-Gallego & L. Rodríguez-Graña. 2003. Análisis conceptual de las interacciones abióticas y biológicas entre el océano y las lagunas de la costa atlántica de Uruguay. Informe Final. PNUD/GEF/RLA/99/G31. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 34 p.
- Conde D., L. Aubriot & R. Sommaruga. 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
- Decreto 253/79. Decreto reglamentario del Código de aguas de 1978.
- DINAMA (2017). Informe de asesoría a la Mesa Técnica del Agua. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales

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.

DINARA, 2019 a. Informe interno operativo campaña pre-zafra camarón 2019.

DINARA, 2019 b. BOLETÍN INFORMATIVO. Nº25; junio–julio 2019. ISSN:1510-8503

Espinosa N., D. Calliari & L. Rodríguez-Graña. 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. & 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

Fabre A., A. Martínez & S. Bonilla. 2014. Floraciones de cianobacterias en Laguna de Castillos (2010-2014). Informe para IDR. 7pp

Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.

Instituto Nacional de Meteorología (INUMET). Registro de precipitaciones en Estación meteorológica de Rocha 2019.

Jeppesen, E., Kronvang, B., Meerhoff, M., Søndergaard, M., Hansen, K.M., Andersen, H.E., Lauridsen, T.L., Liboriussen, L., Beklioglu, M., Ozen, A., Olesen, J.E., 2009. Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *J. Environ. Qual.* 38, 1930 -1941.

Kahru M. & R. Elmgren. 2014. Multidecadal time series of satellite-detected accumulations of cyanobacteria in the Baltic Sea. *Biogeosciences*, 11(13): 3619–3633.

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).

Laporta M, Fabiano G, Silveira S, Pereyra M., Scarabino, F. & Santana, O. 2018. PECES E INVERTEBRADOS CAPTURADOS EN LAS PESQUERÍAS ARTESANALES OCEÁNICAS DE enmalle y palangre de fondo de URUGUAY. *Revista del Frente Marítimo*, Vol. 25: 325-348

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.

Macchi G.J. & E.M. Acha. 1998. Aspectos reproductivos de las principales especies de peces muestreadas durante la campaña costera H-13/94. *INIDEP Inf. Téc.* 21:67–89.

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

Martínez A. 2014. Floraciones algales en el Arroyo Valizas, Rocha. Jornadas de Interdisciplinarias de Biodiversidad y Ecología (JIIBE) 3 al 5 de diciembre de 2014, Rocha

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

Masello A, Santana O, Fabiano G, Silveira S, 2016. Consideraciones preliminares sobre el estado del conocimiento del cangrejo azul *Callinectes sapidus* en las costas de Rocha, Uruguay. Informe Interno DINARA. Mayo 2016

Meerhoff del Rey E.I. 2009. Variación espacio temporal de las comunidades macrobentónicas de cinco lagunas costeras del Uruguay. Tesis de Maestría Opción Ecología, Facultad de Ciencias, UdelaR, Montevideo, Uruguay. 152 pp.

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

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.

Milessi A.C.A, D. Calliari, L. Rodríguez-Graña, D. Conde, J. Sellanes & L. Rodríguez-Gallego. 2009. Trophic mass-balance model of a subtropical coastal lagoon, including a comparison with a stable isotope analysis of the food-web. *Ecological Modelling* 221(24): 2859-2869

Mistakidis, M.N., 1965. Informe a los gobiernos de Brasil, Uruguay y Argentina sobre la investigación y determinación de los recursos camaroneros. Informe FAO EPTA, 1943, 43 p. Nion, H., Varela Z. y Castaldo H. 1974. Evaluación de los recursos pesqueros en el sistema Laguna de Castillos, Arroyo de Valizas, año 1974. CARPAS/6/74/Tec.5

Monro C.C.A. 1938. On a small collection of Polychaeta from Uruguay. *Annals and Magazine of Natural History*, 2: 311-314.

Newton A., J. Icelly, S. Cristina, A. Brito, A.C. Cardoso, F. Coljin, S. Dalla Riva, F. Gertz, J. Hansen, M. Holmer, K. Vanova, E. Leppakoski, C. Mocenni, S. Mudge, N. Murray, M. Perjup, A. Razinkovas, S. Reizopoulou, A. Perez-Ruzafa, G. Schernewski, H. Schubert, L. Seeram, C. Solidoro, P. Viaroli & J.M. Zaldívar. 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: 1-28.

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.

Orensanz J.M.(L.), E. Schwindt, G. Pastorino, A. Bortolus, G. Casas, G. Darrigran, R. Elías, J.J. López-Gappa, S. Obenat, M. Pascual, P. Penchaszadeh, M.L. Piriz, F. Scarabino, E.D. Spivak & E.A. Vallarino. 2002. No longer the pristine confines of the world ocean: A survey of exotic marine species in the Southwestern Atlantic. *Biological Invasions*, 4: 115–143.

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

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.

- Rodríguez 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>
- Rodríguez-Gallego L., M. Achkar, O. Defeo, L. Vidal, E. Meerhoff & D. Conde. 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: 116-126.
- Rodríguez-Gallego L., V. Sabaj, S. Masciadri, C. Kruk, R. Arocena & D. Conde. 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
- Roselli L., M. Canedo-Argüelles, P. Costa Goela, S. Cristina, M. Rieradevall, R. D'Adamo & A. Newton. 2013. Do physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 117: 29-36.
- Santana, O. 1987. Análisis biométrico de *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) y *Callinectes danae* (Smith, 1869). Tesis para optar a la Licenciatura en Oceanografía Biológica. Facultad de Humanidades y Ciencias, 98 p.
- 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., S. Silveira & G. Fabiano. 2013. Laguna de Rocha y Laguna de Castillos: camarón (*Farfantepenaeus paulensis*) En: Caracterización del ambiente marino en la zona de influencia del proyecto del puerto de aguas profundas (PAP) en la costa del Departamento de Rocha: Biodiversidad, pesquería y ecosistemas (<http://www.puertodeaguasprofundas.gub.uy/pap/biotico>)
- Santana O., Silveira, S. & Fabiano, G. 2015. Catch variability and growth of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in two coastal lagoons of Uruguay and their relationship with ENSO events. *Braz J Oceanogr.* vol. 63 no.3, 84-90. 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.
- Schneider, D.C. 1981. Size-Selective Predation on Mysids by Birds (Plovers). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5 (2): 223-224.
- Schwindt E. & O. Iribarne. 2000. Settlement sites, survival and effects on benthos of an introduced reef-building polychaete in a SW Atlantic coastal lagoon. *Bulletin of Marine Science*, 67: 73-82.
- Segura, A. M., C. Piccini, L. Nogueira, I. Alcántara, D. Calliari & C.Kruk. 2017. Increased sampled volume improves *Microcystis aeruginosa* complex (MAC) colonies detection and prediction using Random Forests. *Ecological Indicators*, 79: 347–354.
- 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 O.A., N.A. Bondarenko, Y.A. Volkova, J.V. Tomberg, V.S. Vishnyakov & V.V. 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

Venrick, E.L. 1978. How many cells to count? In: A. Sournia (ed) *Phytoplankton manual*. UNESCO. *Monographs on Oceanographic Methodology* 6: 167-180

Villafañe, V.E & F.M Reid.1995. Métodos de microscopía para la cuantificación de fitoplancton. In: K. Alveal, M. Ferrario, E. Oliveira & E. Sar (eds) *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción, Chile p 169-185

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.

Voß B., H. Bolhuis, D.P. Fewer, M. Kopf, F. Möke, F. Haas, ... W.R. Hess. 2013. Insights into the Physiology and Ecology of the Brackish-Water-Adapted Cyanobacterium *Nodularia spumigena* CCY9414 based on a Genome-Transcriptome Analysis. *PLoS ONE*, 8(3): 1-22

6 Anexos

Anexo 1

Tabla 1. Comparación de variables entre el período de estudio (2019) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna de José Ignacio. Los valores históricos considerados incluyen centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE

	2002-2016		2019	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	21.1	4.1	16.1	4.1
O2 disuelto (mg/L)	9.5	1.1	8.2	1.5
pH	7.6	0.5	8.2	0.4
Turbidez (UNT)	24.5	-	6.7	5.7
SST (mg/L)	33.1	30.6	13.7	4.9
MOSS (mg/L)	8.3	6.1	3.2	1.1
Conductividad (mS/cm)	20.3	7.2	18.5	10.3
Clo-a agua (µg/L)	4.3	3.6	2.8	1.4
NH4 (µg N/L)	11.1	10.6	66.9	83.7
NO2 (µg N/L)	1.0	0.6	1.4	0.9
NO3 (µg N/L)	8.6	6.8	36.7	50.6
NT (µg N/L)	408.1	317.2	433.9	215.3
PO4 (µg P/L)	10.9	7.6	18,0	13.3
PT (µg P/L)	35.7	19.5	58.2	29.8
MO sed (mg/g PS)	23.1	26.4	67.8	13.8
PT sed (µg P/g PS)	174.4	136.2	183,0	51.5
NT sed (µg N/g PS)	297.7	318.1	93.4	58.8
Clo-a sed (µg/g PS)	29.2	10.9	46.1	13.9

Tabla 2. Comparación de variables entre el período de estudio (2019) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna de Garzón. Los valores históricos considerados incluyen norte y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE

	2002-2016		2019	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	19.7	4.9	18.1	5.6
O2 disuelto (mg/L)	8.9	0.9	8.1	1.3
pH	7.6	0.6	8.0	0.3
Turbidez (UNT)	-	-	10.8	8.4
SST (mg/L)	37.2	24.8	17.4	8.9
MOSS (mg/L)	11.8	10.0	3.6	1.3
Conductividad (mS/cm)	12.0	8.5	12.0	4.8
Clo-a agua (µg/L)	5.0	2.0	3.9	1.6
NH4 (µg N/L)	7.3	6.6	24.2	25.6
NO2 (µg N/L)	1.0	0.7	1.8	1.8
NO3 (µg N/L)	11.9	10.8	28.1	54.4
NT (µg N/L)	384.3	240.4	446.6	130.7
PO4 (µg P/L)	13.2	10.0	14.7	8.3
PT (µg P/L)	44.8	37.8	58.9	25.7
MO sed (mg/g PS)	40.6	24.1	79.5	49.3
PT sed (µg P/g PS)	211.1	113.8	241.6	152.2
NT sed (µg N/g PS)	398.2	262.2	189.5	124.3
Clo-a sed (µg/g PS)	38.2	22.8	37.5	39.8

Tabla 3. Comparación de variables entre el período de estudio (2019) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna de Rocha. Los valores históricos considerados incluyen norte, centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE

	2002-2016		2019	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	18.6	5.0	18.4	4.2
O2 disuelto (mg/L)	9.6	2.7	8.5	1.4
pH	8.0	1.1	8.1	0.5
Turbidez (UNT)	28.3	32.7	17.6	31.8
SS (mg/L)	39.5	34.1	27.9	30.8
MOSS (mg/L)	8.4	6.9	6.2	6.0
Conductividad (mS/cm)	21.4	10.5	15.6	8.2
Clo-a agua (µg/L)	4.4	3.8	7.1	6.8
NH4 (µg N/L)	38.0	39.0	39.6	34.2
NO2 (µg N/L)	3.0	3.0	3.1	2.8
NO3 (µg N/L)	35.0	55.0	61.6	91.5
NT (µg N/L)	576.0	311.0	377.3	177.7
PO4 (µg P/L)	24.1	18.5	35.3	16.9
PT (µg P/L)	67.0	36.9	88.0	39.8
MO sed (mg/g PS)	24.0	22.5	41.4	39.5
PT sed (µg P/g PS)	155.1	109.9	146.9	93.8
NT sed (µg N/g PS)	204.9	144.2	156.4	153.9
Clo-a sed (µg/g PS)	17.0	17.4	16.8	10.2

Tabla 4. Comparación de variables entre el período de estudio (2019) y datos históricos (2002-2016) en la Laguna de Castillos. Los valores históricos considerados incluyen norte, centro y sur. Fuente de datos históricos: Sección Limnología (Facultad de Ciencias) y CURE

	2002-2016		2019	
	promedio	desv est	promedio	desv est
T (°C)	19.0	4.9	18.6	5.5
O2 disuelto (mg/L)	9.0	1.1	8.9	1.3
pH	7.5	0.4	7.9	0.5
Turbidez (UNT)	85.7	71.9	31.7	24.1
SST (mg/L)	57.2	50.8	24.0	14.7
MOSS (mg/L)	11.6	7.5	4.5	5.1
Conductividad (mS/cm)	5.7	6.7	2.6	4.3
Clo-a agua (µg/L)	5.4	5.1	20.0	53.8
NH4 (µg N/L)	23.8	32.5	45.9	51.8
NO2 (µg N/L)	2.8	1.9	3.2	1.9
NO3 (µg N/L)	52.5	69.4	58.5	70.3
NT (µg N/L)	669.6	439.9	611.8	391.8
PO4 (µg P/L)	32.3	26.9	20.7	12.9
PT (µg P/L)	73.4	39.3	85.2	56.5
MO sed (mg/g PS)	26.8	39.5	22.2	7.7
PT sed (µg P/g PS)	164.7	77.9	133.6	34.9
NT sed (µg N/g PS)	280.5	161.8	230.8	87.7
Clo-a sed (µg/g PS)	18.6	12.2	46.1	13.9

Anexo 2

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

TAXA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)
<i>Nephtys fluviatilis</i>	39.1	87.2	28.7	69.0
<i>Heteromastus cf. similis</i>	5.7	10.6	70.8	25.0
<i>Amphibalanus improvisus</i>	41.4	0	0	0
<i>Laeonereis pandoensis</i>	6.9	2.1	0	0
<i>Cyprideis</i> sp.	2.3	0	0	0
<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>	2.3	0	0	4.3
<i>Erodona mactroides</i>	1.1	0	0	0
<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	1.1	0	0	1.7
<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>	0	0	0.5	0

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

TAXA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)
<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>	88.1	47.1	61.6	62.2
<i>Heteromastus cf. similis</i>	0.3	20.1	21.7	8.3
<i>Amphibalanus improvisus</i>	2.4	10.4	0.3	3.8
<i>Laeonereis pandoensis</i>	0	3.6	0.2	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	7.5	3.8	9.0	11.5
<i>Gammaridea</i> sp.4	0	2.3	0	0
<i>Erodona mactroides</i>	1.0	3.4	4.3	4.5
<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	0.3	0.4	0	0
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	0	1.6	0	0
Membraniporidae indet.	0.3	7.2	2.8	9.6
<i>Cassinidea fluminensis</i>	0	0	0.2	0
<i>Gammaridea</i> sp.7	0	0.1	0	0

Tabla 3. Abundancias relativas (%) de los taxa identificados al menor nivel taxonómico posible de la comunidad betónica, para cada estación del año, en la Laguna de Rocha.

TAXA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)
<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>	81.7	90.4	77.7	86.1
<i>Erodona mactroides</i>	7.4	3.2	6.4	3.8
<i>Cyprideis</i> sp.	2.4	2.5	7.1	6.4
<i>Nephtys fluviatilis</i>	2.0	0.8	2.1	1.5
<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>	1.3	0.8	2.4	1.0
Gammaridea sp.1	0.9	0.1	0	0
Gammaridea sp.3	0.8	<0.1	0	0
Pyramidellidae indet.	0.7	0.1	0.3	0.8
<i>Mytella charruana</i>	0.7	<0.1	0.8	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0.6	0.7	0.7	<0.1
Membraniporidae indet.	0.6	0.6	0.9	<0.1
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0.5	0.1	0.1	0
Gammaridea sp.2	0	0.2	0.1	0
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	0.1	<0.1	0.3	0.1
Gammaridea sp.5	0.1	0.5	0	0
<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	0.1	0	0.1	0
<i>Uromunna</i> cf. <i>peterseni</i>	0	<0.1	0	<0.1
<i>Laeonereis pandoensis</i>	<0.1	0.2	0.8	0
Sphaeromatidae indet.	<0.1	0.1	0.1	0.1
Gammaridea sp.4	0	<0.1	0	0
<i>Cyrtograpsus altimanus</i>	0	<0.1	0.1	0
<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>	0	<0.1	0	0.1
Hirudinea indet.	0	<0.1	0	0
Bivalvia indet. (posiblemente Galeommatoidea)	0	<0.1	0	0
Chironomidae indet.	0	0	0	<0.1
<i>Penaeus paulensis</i>	0	<0.1	0	0

Tabla 4. Abundancias relativas (%) de los taxa identificados al menor nivel taxonómico posible de la comunidad betónica, para cada estación del año, en la Laguna de Castillos.

TAXA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)	Ab. Rel. (%)
<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>	29.4	47.7	51.0	54.1
<i>Erodona mactroides</i>	45.7	30.4	37.4	35.4
<i>Heleobia</i> aff. <i>robusta</i>	10.3	0.4	0.5	0.2
<i>Cyprideis</i> sp.	2.1	1.4	2.0	3.2
<i>Nephtys fluviatilis</i>	3.8	5.3	5.2	5.5
<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>	6.3	2.4	3.3	1.5
Pyramidellidae indet.	0.3	0	0.3	0.1
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0.1	0	0.1	0
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	<0.1	0.1	0
<i>Callinectes</i> sp.	0	<0.1	0	0
<i>Uromunna</i> cf. <i>peterseni</i>	0.1	0	0	0
<i>Laonereis pandoensis</i>	1.2	0.3	0	0
<i>Heleobia parchappii</i>	0.4	0	0.1	0.1
Hirudinea indet.	<0.1	0	0	0
Panopeidae indet.	<0.1	0	0	0
Chironomidae indet.	0.3	0	0	0
Hidrozoa indet.	<0.1	0	0	0