



Reporte anual de resultados del programa de monitoreo de lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y sus principales tributarios (2023).

Diciembre 2024



**Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca**



ROCHA
GOBIERNO DE TODOS



**UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY**



CURE
Centro Universitario
Regional del Este

Instituciones Participantes

Ministerio de Ambiente (MA)
Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA)
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 Industria Pesquera

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

Intendencia Departamental de Rocha (IDR)
Departamento de Gestión Ambiental
Laboratorio de Bromatología

Universidad de la República Oriental del Uruguay (UDELAR)
Centro Universitario Regional del Este (CURE)
Departamento Interdisciplinario de Sistemas Costeros y Marinos

Institución Coordinadora - DINACEA

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

ISBN: 978-9915-9672-8-8

Como citar este informe:

DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2024). Reporte anual de resultados de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y sus principales tributarios. (2023). Montevideo. 70 pg.

Foto tapa: Ministerio de Ambiente

Autores

DINACEA

MSc . Elena Rodó

DINARA

MSc . Graciela Fabiano

MSc . Martín Laporta

MSc . Inés Pereyra

Lic. Santiago Silveira

Lic. Gabriela Escobar

IDR

Ing. Alim. Matías Dobroyan

OSE

Ing. Quim. Gustavo Padrón

Lic. Natalia Bonilla

Lic. Matías Pereiro

Lic. Adriana Zuliani

Bach. Ana Bazterrica

Bach. Emilio Fossali

CURE

Dra. Lorena Rodriguez-Gallego

MSc. Ana Martínez

MSc. Carolina Lescano

Bach. Soledad Pasquariello

MSc. Sebastián Serra

Lic. Gest.- Amb. Soledad Costa

Técnicos Participantes

DINACEA

Bach. Andrea Barbieri

Q.F Natalia Barboza

Q.F Alejandro Mangarelli

Bach. Vivian Muñoz

MSc. Gabriela Pistone

Qco. Rodrigo Souza

Agradecimientos:

Especialmente al personal del SNAP:

Daniel Sosa, Andrés Sosa, Verónica Pombo, Bettina Amorín, Hector Caymaris, Hernán Giménez y Elías Guerra. También al buzo Zenón Pereyra y de DINARA a Orlando Santana.

Contenido

Lagunas costeras del Uruguay	1
1. Laguna José Ignacio.....	2
1.1 Condición de la barra arenosa	3
1.2 Laguna: Calidad del agua	4
1.3 Laguna: Calidad del sedimento	6
1.4 Laguna: parámetros biológicos	7
1.5 Laguna: uso recreativo	10
1.6 Tributarios: Calidad del agua.....	10
1.7 Tributarios: uso recreativo	12
1.8 Síntesis	13
2. Laguna Garzón	15
2.1 Condición de la barra arenosa	16
2.2 Laguna: Calidad del agua	16
2.3 Laguna: Calidad del sedimento.....	19
2.4 Laguna: parámetros biológicos.....	20
2.5 Laguna: uso recreativo.....	22
2.6 Tributarios: Calidad del agua	22
2.7 Tributarios: uso recreativo	23
2.8 Síntesis	24
3. Laguna de Rocha	26
3.1 Condición de la barra arenosa	27
3.2 Laguna: Calidad del agua	27
3.3 Laguna: Calidad del sedimento	29
3.4 Laguna: parámetros biológicos	30
3.5 Laguna: uso recreativo	33
3.6 Tributarios: Calidad del agua.....	33
3.7 Tributarios: uso recreativo	36
3.8 Síntesis	37
4 Laguna de Castillos.....	39
4.1 Condición de la barra arenosa	40
4.2 Laguna: Calidad del agua	41
4.3 Laguna: Calidad del sedimento	43
4.4 Laguna: parámetros biológicos	44

4.5	Laguna: uso recreativo	47
4.6	Tributarios: Calidad del agua.....	49
4.7	Tributarios: uso recreativo	51
4.8	Síntesis	51
6	Anexos.....	57
6.1	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs).....	57
6.2	Condición de las barras arenosas.....	59

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo en la Laguna José Ignacio y sus tributarios principales..	2
Figura 2. Estado de la barra de la Laguna de José Ignacio en el año 2023.En gris se destaca la condición de la barra (abierta o cerrada).	3
Figura 3. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT) y clorofila a (Clo-a), de la Laguna José Ignacio.	5
Figura 4. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna José Ignacio en 2023.	7
Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia de bentos de la Laguna José Ignacio en 2023.	8
Figura 6. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna José Ignacio en 2023.	9
Figura 7. Variación espacial y estacional de misidáceos de la Laguna José Ignacio en 2023.	9
Figura 8. Variación espacial y estacional de la concentración de Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila a (Clo-a) de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio en 2023	12
Figura 9. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón.	15
Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT) y clorofila a (Clo-a), de la Laguna Garzón.	18
Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna Garzón en 2023.	20
Figura 12. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia de bentos de la Laguna Garzón en 2023.	21
Figura 13. Variación espacial y estacional de la concentración de Clorofila a (Clo-a) en los principales tributarios de la Laguna Garzón.	23
Figura 14. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha.	26
Figura 15. Estado de la barra de la Laguna de Rocha en el año 2023.	27
Figura 16. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT) y clorofila a (Clo-a), de la Laguna de Rocha.	28
Figura 17. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas y Abundancia de dinoflagelados de la Laguna de Rocha en 2023.	30
Figura 18. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos de la Laguna de Rocha en 2023.	31
Figura 19. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna de Rocha en 2023.	32
Figura 20. Variación espacial y estacional de Misidáceos de la Laguna de Rocha en 2023.	32
Figura 21. Variación espacial y estacional 2023 de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	35
Figura 22. Variación espacial y estacional 2023 de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha	35
Figura 23. Variación espacial y estacional 2023 de la concentración Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.	36

Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos.	39
Figura 25. Estado de la barra del Aº Valizas en el año 2023.	40
Figura 26. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT) y clorofila a (Clo-a) de la Laguna de Castillos.	42
Figura 27. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias, Abundancia de diatomeas y Abundancia de dinoflagelados de la Laguna de Castillos.	44
Figura 28. Variación espacial y estacional de Riquezay Abundancia de bentos de la Laguna de Castillos en 2023.	45
Figura 29. Variación espacial y estacional del Ictioplanctonde la Laguna de Castillos en 2023.	46
Figura 30. Variación espacial y estacional del Misidáceos de la Laguna de Castillos.	46
Figura 31. Variación espacial y estacional de Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila a de los principales tributarios de la cuenca de Laguna de Castillos.	50
Figura 32. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna José Ignacio para el período 2008-2023.	59
Figura 33. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna Garzón para el período 2008-2023.	60
Figura 34. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna de Rocha para el período 2008-2023.	60
Figura 35. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna de Castillos para el período 2008-2023.	60

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores ambientales de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos	1
Tabla 2. Principales características de la cuenca de la Laguna José Ignacio	3
Tabla 3. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura, pH, oxígeno disuelto de la Laguna José Ignacio.	4
Tabla 4. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales y compuestos fitosanitarios determinados en el sedimento de la Laguna José Ignacio.	6
Tabla 5. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio.	10
Tabla 6. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura, Conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio.	11
Tabla 7. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio	12
Tabla 8. Principales características de la cuenca de la Laguna Garzón.	16
Tabla 9. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna Garzón.	17
Tabla 10. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales y compuestos fitosanitarios, cipermetrina, simazina malatión determinados en el sedimento de la Laguna Garzón.	19
Tabla 11. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna Garzón.	22

Tabla 12. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura Conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna Garzón.....	22
Tabla 13. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en los principales tributarios de la Laguna de Garzón	24
Tabla 14. Principales características de la Laguna de Rocha.....	26
Tabla 15. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Rocha.....	27
Tabla 16. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales y agroquímicos, determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha durante.....	29
Tabla 17. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha.	33
Tabla 18. Variables de calidad de agua medidas in situ Temperatura, Conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Rocha	34
Tabla 19. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha.	37
Tabla 20. Principales características de las cuencas de la Laguna de Castillos	40
Tabla 21. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Castillos.	41
Tabla 22. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos	43
Tabla 23. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax y peso total y factor de condición promedio para camarón de laguna de Castillos	47
Tabla 24. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos.	48
Tabla 25. Resultados del análisis de mercurio , cadmio y plomo en músculo de camarón y cangrejo Sirí capturados por la pesca artesanal en la laguna de Castillos en 2023.	48
Tabla 26. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura, Conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Castillos	49
Tabla 27. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos en el 2023	51
Tabla 28. Hidrocarburos aromáticos policíclicos determinados en el sedimento de las Lagunas José Ignacio y Garzón.....	57
Tabla 29 Hidrocarburos aromáticos policíclicos determinados en el sedimento de las Lagunas de Rocha y de Castillos en el año 2023.....	58

Lagunas costeras del Uruguay

El sistema de lagunas costeras de agua salobre ubicado en la costa atlántica uruguaya, está compuesto por las lagunas: José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos. Las lagunas costeras son ecosistemas muy destacados a nivel nacional e internacional por su biodiversidad y de prioridad para la conservación. Asimismo, sustentan importantes servicios ecosistémicos, como, por ejemplo: destacadas pesquerías artesanales continentales, importante ecoturismo, control hidrológico, etc., por lo cual presentan una elevada importancia social y económica.

En el presente reporte se muestran los resultados obtenidos en el año 2023 del Programa de Monitoreo interinstitucional de Lagunas Costeras. Este programa se lleva a cabo desde el 2017 y está integrado por: DINACEA (MA), DINARA (MGAP), IDR, OSE y el CURE (UdelaR) y tiene como principal objetivo aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas costeras del Uruguay. El programa se compone de monitoreos estacionales que generan información para el análisis y la evaluación de la calidad del agua y sedimentos y de las principales comunidades biológicas de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos, así como la calidad del agua de sus principales tributarios, buscando establecer en qué forma afectan las actividades agropecuarias y urbanas a estos cursos de agua.

Este informe presenta para cada laguna los principales indicadores ambientales del período 2023, organizados según las diferentes matrices y variables ambientales (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores ambientales de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos del año 2023, organizados según la matriz ambiental analizada y tipo de indicador.

Matriz	Parámetros físico - químicos		Parámetros Biológicos	Uso recreativo
	Químicos	Físicos		
Agua	OD, pH, Cond, NT, PT, Clorofila a	Turbidez, Temperatura	Comunidad fitoplanctónica Misidáceos e ictioplancton Factor condición de peces, camarones y cangrejos de importancia comercial	Coliformes termotolerantes Floraciones cianobacterias Contaminantes en tejidos de peces (Pb/Cd/Hg)
Sedimento	NT, PT, MO y Agroquímicos	metales	Comunidad bentónica	

1. Laguna José Ignacio

La Laguna José Ignacio ($34^{\circ}49'34''S$ - $54^{\circ}42'09''W$) se ubica en el departamento de Maldonado, presenta una superficie de 919 ha de humedales asociados. Recibe como tributarios principales al Arroyo José Ignacio y las cañadas Magdalena Sosa, de la Colina y de la Totorá. Su cuenca se encuentra en toda su extensión en el mismo departamento. En la cuenca se realizan diversas actividades económicas y sociales, como: pesca artesanal, ganadería extensiva, agricultura, forestación, turismo y ocupación urbana. En la Tabla 2 se describen las principales características y en la Figura 1 se muestran los sitios de monitoreo.

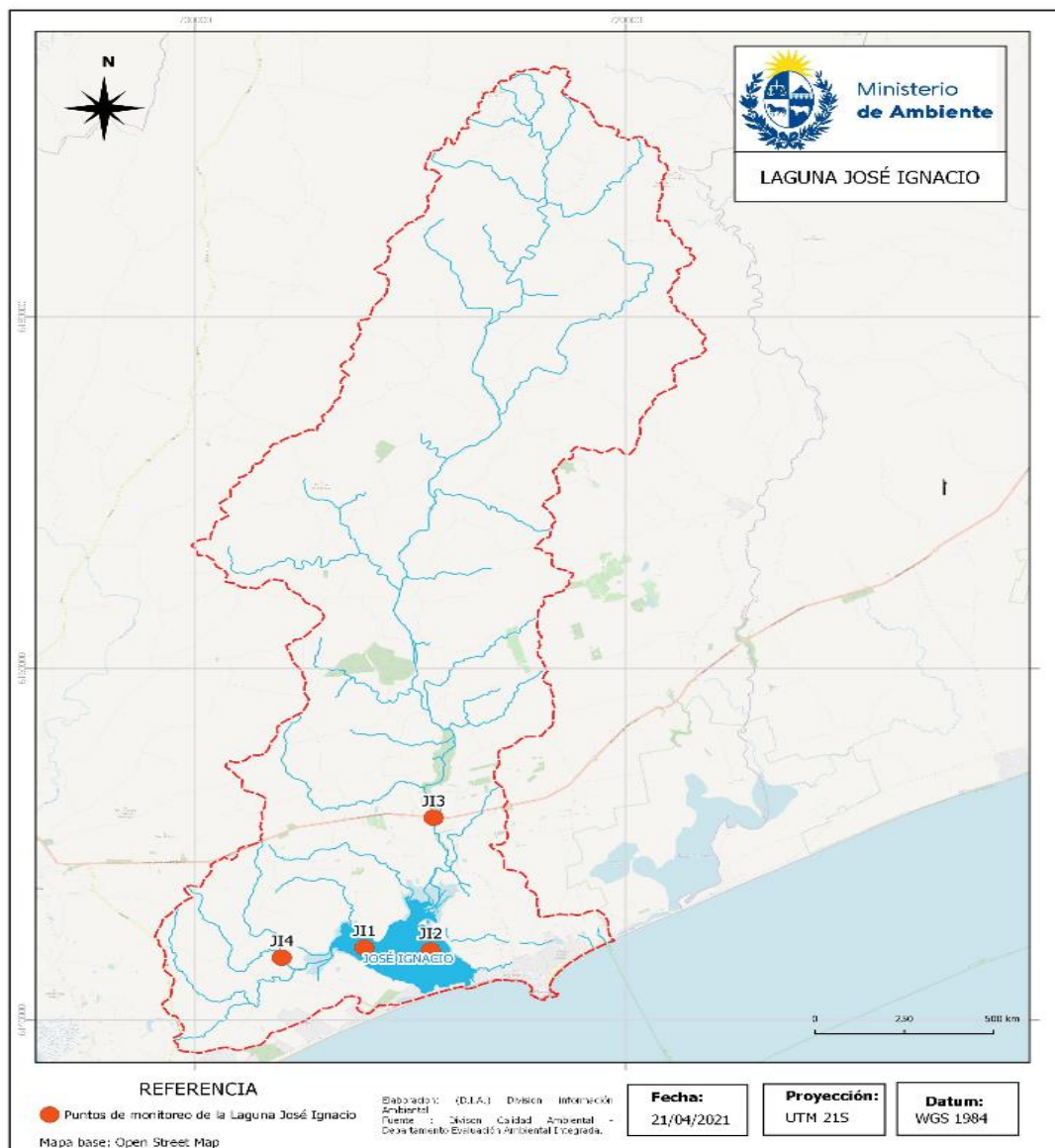


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo del Programa de Monitoreo Interinstitucional de las Lagunas Costeras del Uruguay en la Laguna José Ignacio y sus tributarios principales.

Tabla 2. Principales características de la cuenca de la Laguna José Ignacio (modificado de Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Laguna	José Ignacio
Ubicación (Coordenadas)	34°49'34''S 54°42'09''W
Área de la laguna (ha)	1565
Área de la cuenca (ha)	70358
Profundidad media (m)	0.5
Principales tributarios	Aº José Ignacio, Cda. 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
Áreas de conservación	Área para la conservación de aves (IBA – Laguna José Ignacio (UY017).
Impactos en la cuenca	Densificación de la urbanización, tala de vegetación nativa, tránsito de vehículos motorizados sobre dunas, playas y la costa de la laguna, aumento de la frecuencia de apertura artificial de la barra, entre otros
Puntos de monitoreo programa Lagunas Costeras	Punto norte (JI1): 34°49'43.4"S, 54°43'02.3"W, Punto sur (JI2): 34°49'19.7"S, 54°42'12.3"W, Arroyo José Ignacio (JI3): 34°45'24.11"S, 54°41'37.74"W, Arroyo Sosa (JI4): 34°49'47.46"S, 54°46'7.97"W

1.1 Condición de la barra arenosa

Durante el año 2023 la conexión de la laguna con el mar a través de la apertura de la barra arenosa ocurrió entre mediados de agosto (18/8) y setiembre, y durante escasos días de noviembre, luego de aperturas artificiales. Se abrió y cerró de manera natural durante el temporal ocurrido el 17 de diciembre (Figura 2). Por tanto, la laguna José Ignacio estuvo conectada con el mar 15 % del tiempo durante el año 2023. El porcentaje de tiempo de barra abierta o cerrada de la laguna en el 2023 fue similar al registrado en 2008, coincidiendo con un período de sequía prolongada (Ver Anexo 6.2).

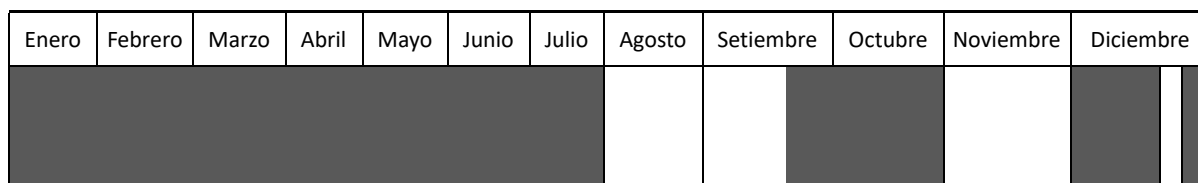


Figura 2. Estado de la barra de la Laguna de José Ignacio en el año 2023 (gris =barra cerrada, blanco= barra abierta).

1.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 3). La temperatura mostró un patrón estacional clásico con un máximo en verano y un mínimo en invierno. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron durante el 2023 con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L, Decreto 253/79). El oxígeno disuelto mostró también una estacionalidad esperable, con los máximos valores en los meses más fríos y con un nivel de saturación cercano al 100% en todos los muestreos.

Tabla 3. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (mg O₂/L) y turbidez (UNT) de la Laguna José Ignacio.

Año/Estación	Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	
2023	Verano	J11, norte	6.72	8.21	26.4	30.0
		J12, sur	6.66	8.23	26.1	21.2
	Otoño	J11, norte	8.53	8.31	15.3	6.1
		J12, sur	8.42	8.08	15.5	7.5
	Invierno	J11, norte	9.40	8.30	11.6	23.3
		J12, sur	9.70	7.78	11.3	1.1
	Primavera	J11, norte	8.27	8.16	17.6	22.6
		J12, sur	8.51	7.83	16.6	25.2

El pH presentó valores levemente básicos, muy similares entre sitios y a lo largo del tiempo, estando todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79 (Tabla 3). La turbidez fue variable, aunque relativamente baja, registrándose los máximos valores en verano. Los valores registrados cumplieron siempre la normativa (≤ 50 UNT, Decreto 253/79) (Tabla 3).

La conductividad mostró valores medios y relativamente similares entre sitios, observándose un descenso de la misma a lo largo del año (Figura 3A). Los nutrientes y la clorofila *a* (Clo-*a*) presentaron el máximo valor en verano. No se observaron diferencias claras entre los sitios norte y sur. El fósforo total (PT) estuvo por encima del límite establecido por la normativa (Decreto 253/79), aunque cercano a éste en otoño e invierno (Figura 3B). El nitrógeno total (NT) superó el valor guía (Mesa técnica del agua 2017) en todos los muestreos, al tiempo que la Clo-*a* fue menor al mismo (Figura 3D).

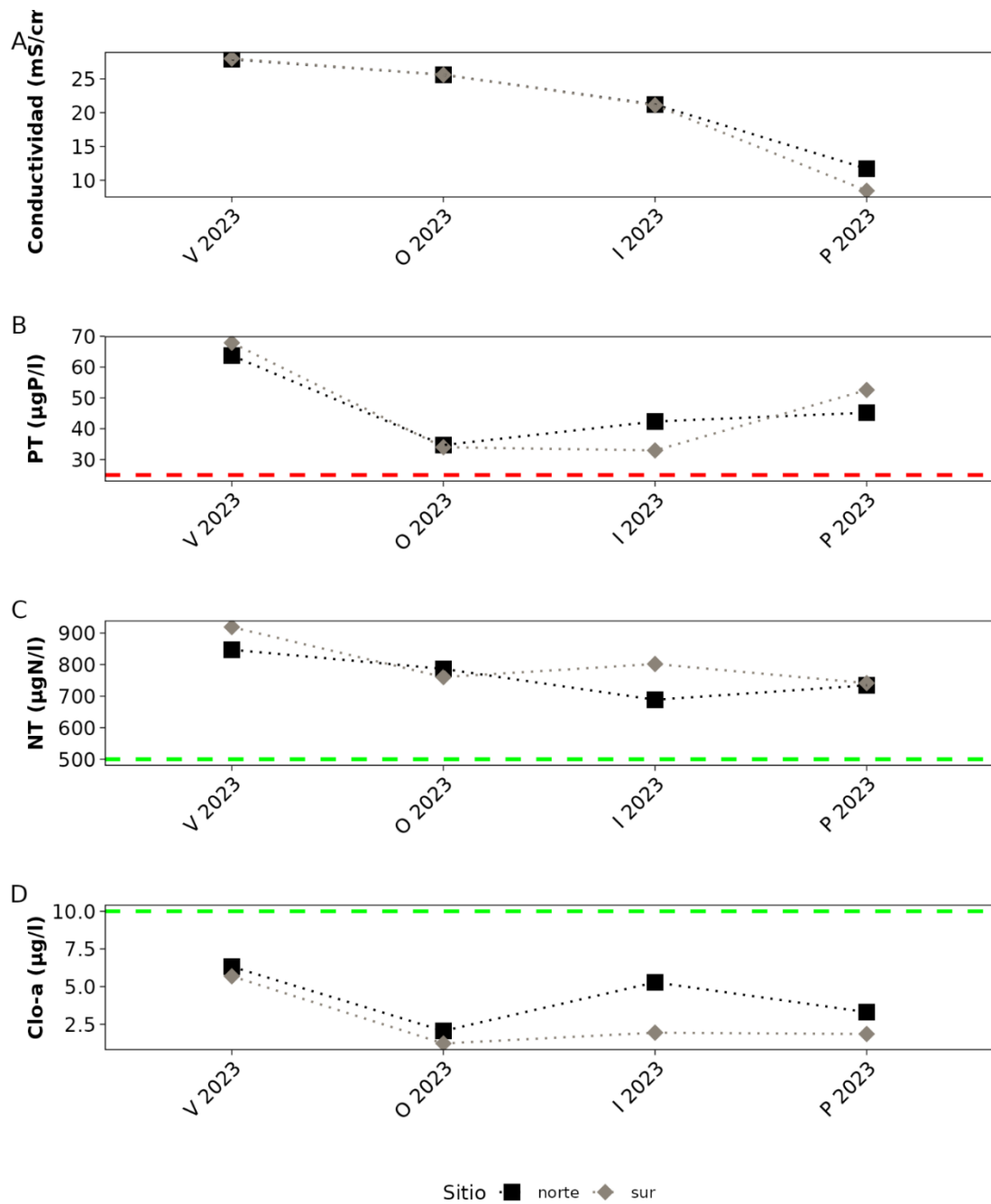


Figura 3. Variación espacial y estacional de conductividad (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Clo-a) (D), de la Laguna José Ignacio. Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

1.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 4) según datos históricos (DINACEA *et al.* 2021). El PT mostró una tendencia creciente desde el verano hasta la primavera donde se registró el máximo. Por otro lado, el NT presentó un valor máximo bien marcado en otoño en el sitio norte y los mínimos se observaron en verano y primavera. La Materia orgánica (MO) registró también un máximo en otoño, pero en el sitio sur. En general, las diferencias entre sitios no mostraron una tendencia clara.

Tabla 4. Variables determinadas en sedimento en la Laguna José Ignacio en el año 2023: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, $\mu\text{g/gPS}$) y nitrógeno total (NT $\mu\text{g/gPS}$), metales (Pb, As, Cu, Cr, mg/kg; Hg, $\mu\text{g/kg}$) y compuestos fitosanitarios (endosulfan beta, mg/kg). Se muestran únicamente los parámetros que presentaron al menos un valor cuantificable durante el año. (CCME*) estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses.

Fecha	Sitio de monitoreo	PT ($\mu\text{g/gPS}$)	NT ($\mu\text{g/gPS}$)	MO (mg/gPS)	Hg ($\mu\text{g/kg}$)	Pb (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Endosulfan beta (mg/Kg)	
2023	Verano	Jl1, norte	197.2	60.5	87.7	25	<LC	3,8	10	12	<0,067
		Jl2, sur	194.4	53.2	79.8	23	<LC	4,0	10	12	<0,067
	Otoño	Jl1, norte	191.9	537.9	63.5						
		Jl2, sur	299.5	187.8	91.8						
	Invierno	Jl1, norte	218.0	197.3	52.0						
		Jl2, sur	233.9	128.9	66.3						
	Primavera	Jl1, norte	328.5	57.5	67.3	33	7,9	2,7	11	14	
		Jl2, sur	288.8	33.1	52.1	31	8,2	2,6	11	14	
Límite de detección:		5	50		0.3	2	-	0.4	1	<0.045	
Límite de cuantificación:		10	100		1.0	7	-	2	3		

Los fitosanitarios y contaminantes analizados, en general registraron concentraciones por debajo de los límites analíticos, a excepción del endosulfán sulfato (Tabla 4). Este compuesto registró valores únicamente en verano en ambos sitios de monitoreo, los cuales fueron muy cercanos a los límites analíticos. Cabe mencionar que para este compuesto no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles en la matriz sedimento.

De los metales analizados se observaron valores cuantificables de arsénico (As), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb) (Tabla 4). El Hg registró un rango de concentración de entre 23 $\mu\text{g/kg}$ - 33 $\mu\text{g/kg}$, y el Cr un rango de 12 mg/kg - 14 mg/kg y ambos presentaron su máximo en primavera de 2023. El Pb registró únicamente valores cuantificables en primavera de 2023 con un valor máximo de 8.2 mg/kg en la estación sur. El As registró valores cuantificables entre 2.6 y 3.8 mg/kg. Al igual que en años anteriores, los metales analizados no registraron concentraciones superiores a los estándares ambientales indicados en la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG)).

1.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 33 taxa, de los cuales corresponden a: 20 diatomeas, 4 cianobacterias, 5 dinoflagelados, 2 algas verdes y 2 zygnetataceae. Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el año en ambos sitios de monitoreo, y el patrón de la abundancia total se corresponde con el patrón de abundancia de diatomeas. La mayor abundancia total se registró en verano en el sitio sur, coincidiendo con el máximo de *Clo-a* (Figura 4), como consecuencia de aumento de diatomeas y dinoflagelados, aunque estos en mucho menor abundancia. Tanto la especie de diatomea más abundante *Actinocyclus octonarius* como las especies de dinoflagelados presentes son marinas. Se registró también una especie causante de mareas rojas *Dinophysis caudata*. Las cianobacterias presentaron su mayor abundancia en primavera, aunque fue muy baja.

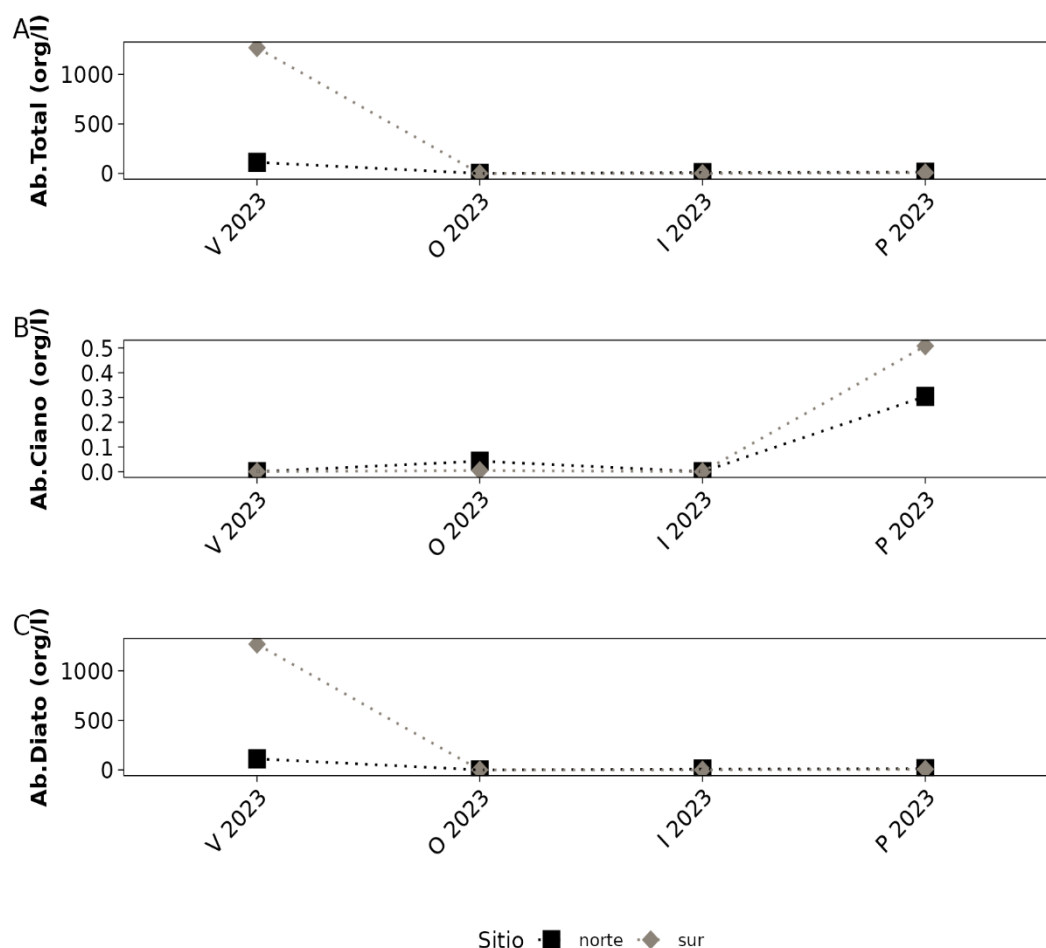


Figura 4. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna José Ignacio en 2023.

En cuanto al bentos, en general presentó baja riqueza y abundancia, aunque dentro de los rangos normales para esta laguna. El sitio sur presentó mayor abundancia y riqueza en todos los muestreos (Figura 5). Los mayores valores de ambas variables se registraron en primavera. Los organismos dominantes fueron los poliquetos y ostrácodos, lo cual es normal para esta laguna (DINACEA *et al.* 2021).

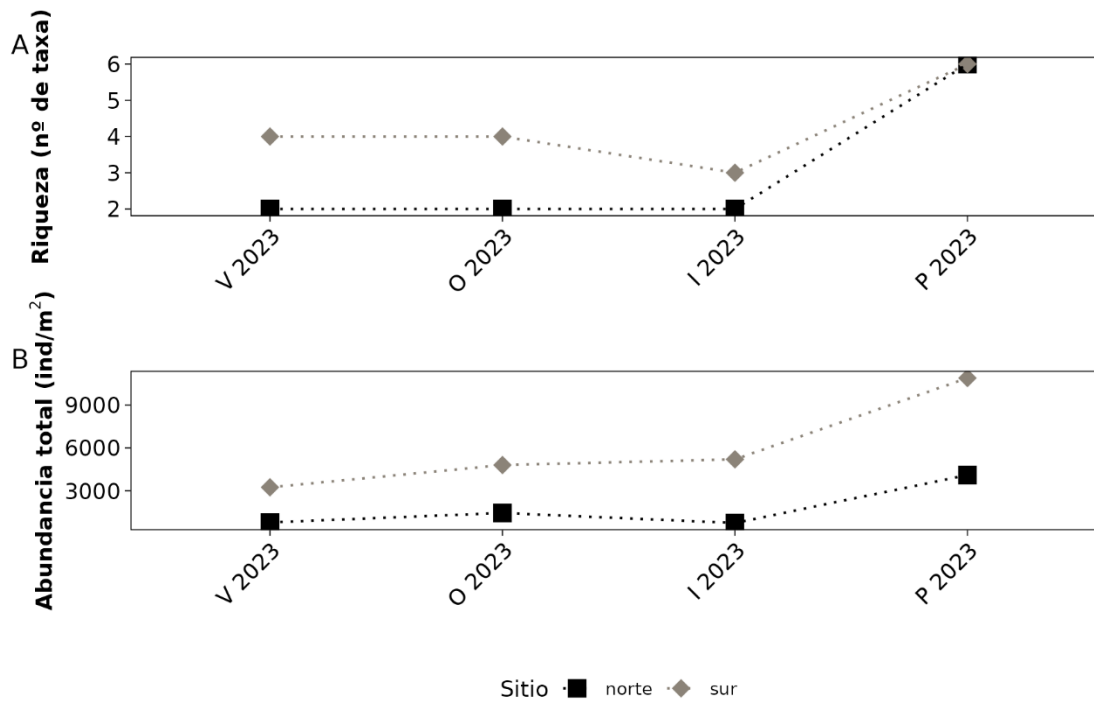


Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna José Ignacio en 2023.

El ictioplancton estuvo presente en otoño y primavera en el sitio norte, y la mayor abundancia fue registrada en primavera (53 ind.100m⁻³), predominando ampliamente las larvas respecto a huevos, seguida del otoño que registró una muy baja abundancia y fue representada únicamente por huevos (2 ind.100 m⁻³) (Figura 6). En el sitio sur se registró ictioplancton únicamente en primavera. El ictioplancton registrado en el sur estuvo compuesto por larvas.

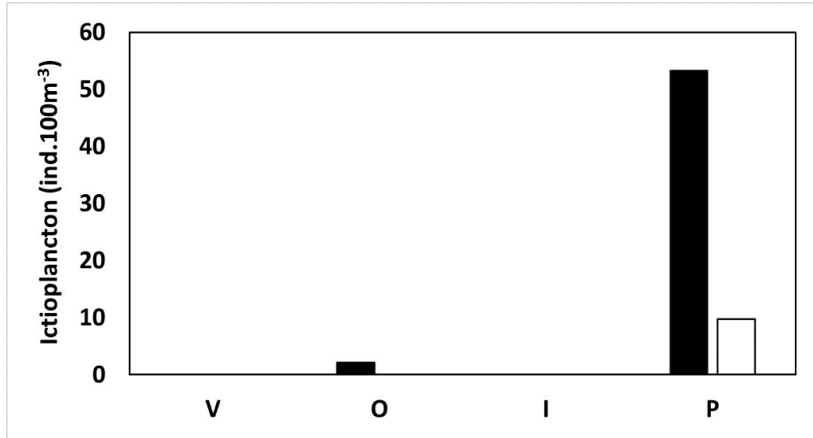


Figura 6. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100⁻³) de la Laguna José Ignacio en 2023. Norte (negro) y sur (blanco). No se diferencia en la figura ente huevos y larvas.

En cuanto a los misidáceos, se destacó la abundancia registrada en verano en el norte (210 ind.100m⁻³) y en el sur (80 ind.100m⁻³). En el resto de las estaciones del año se registraron misidáceos únicamente en el norte (otoño) y en el sur (otoño y primavera) en muy bajas abundancias (menor a 9 ind.100m⁻³) (Figura 7).

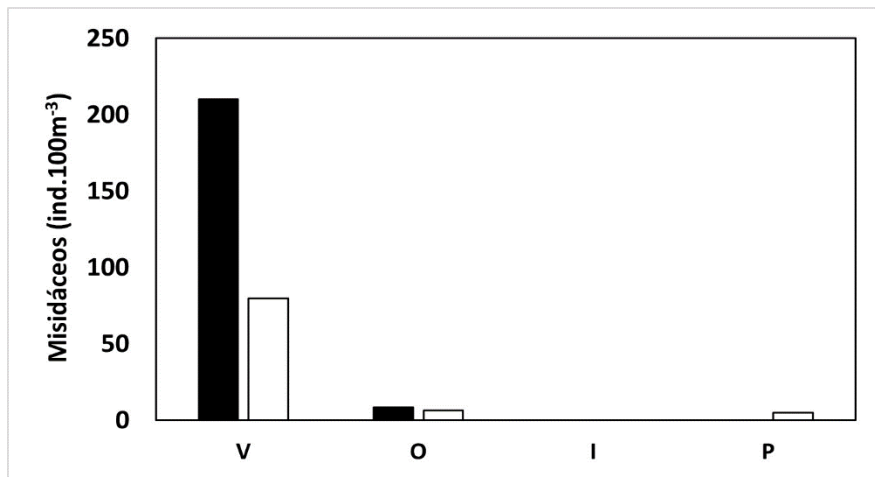


Figura 7. Variación espacial y estacional de misidáceos (ind.100⁻³) de la Laguna José Ignacio en 2023. Norte (negro) y sur (blanco).

Invertebrados de importancia comercial: camarón (*Peneaus paulensis*)

En la laguna José Ignacio durante el 2023 no hubo zafra de camarón, lo cual se explica por permaneceré la barra arenosa cerrada en la primavera 2022 (DINACEA *et al.* 2022) y verano 2023, lo cual no permitió el ingreso de larvas a la laguna.

1.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes (Tabla 5) presentaron los mayores valores en primavera en ambos sitios de monitoreo, los cuales estuvieron dentro de los límites admisibles de la normativa (Decreto 253/79). En el resto de los muestreos se observaron valores muy bajos, cercanos o por debajo de los límites analíticos. No se registraron floraciones de cianobacterias durante todo el 2023 (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100mL) y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio en 2023.

Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100mL)	Floraciones cianobacterias	
2023	Verano	Jl1, norte	<2	No
		Jl2, sur	<2	No
	Otoño	Jl1, norte	<1	No
		Jl2, sur	2	No
	Invierno	Jl1, norte	<2	No
		Jl2, sur	2	No
Primavera	Jl1, norte	10	No	
	Jl2, sur	34	No	

1.6 Tributarios: Calidad del agua

La temperatura mínima (12.3°C) se registró en invierno en el arroyo José Ignacio y la máxima (26.2°C) en verano en ambos tributarios (Tabla 6), mostrando una marcada estacionalidad en ambos afluentes. Los valores de pH se mantuvieron durante todo el período dentro del rango estándar contenido en Decreto 253/79 (6.5 a 8.5). Los valores de oxígeno disuelto registrados en el arroyo José Ignacio cumplieron durante todo el 2023 con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L, decreto 253/79) (Tabla 6). En la cañada Sosa el oxígeno disuelto registró valores de incumplimiento en verano, otoño e invierno, los cuales podrían deberse en parte al bajo caudal presente en el sistema. La conductividad fue siempre mayor en la cañada Sosa, registrando un máximo de 35700 en $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el otoño (Tabla 6).

Tabla 6. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, en 2023: Temperatura (T, °C), Conductividad, ($\mu\text{S/cm}$), pH, oxígeno disuelto (mgO_2/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: A° José Ignacio y Cda° Sosa.

Tributario	Año	Estación	T (°C)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH	OD (mgO_2/L)	Turbidez (UNT)
A° José Ignacio (JI3)	2023	Verano	26.2	658	7.61	6.3	21.6
		Otoño	17.6	359	7.97	10.6	40.5
		Invierno	12.3	154	8.02	9.32	12.7
		Primavera	16.36	82	7.32	9.29	26.9
Cda° Sosa (JI4)	2023	Verano	26.2	35700	8.12	0.00	74.1
		Otoño	18.9	21000	7.55	4.46	42
		Invierno	13.3	16700	7.26	4.46	19.7
		Primavera	18.05	481	7.05	9.81	38.8

La turbidez presentó valores entre 12.7 y 74.1 UNT, registrándose el mínimo en invierno en el arroyo José Ignacio y el máximo en la cañada Sosa (Tabla 6) en verano, superando el valor estándar de la normativa ambiental nacional (<50.0 UNT, decreto 253/79).

El NT registró el valor máximo en la cañada Sosa (1344 $\mu\text{g N/L}$) en primavera, excediendo el valor objetivo (500 $\mu\text{gN/L}$) propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017) (Figura 8). El PT presentó su valor mínimo (35.5 $\mu\text{g P/L}$) en el arroyo José Ignacio y su máximo (454.5 $\mu\text{g P/L}$) en la Cda. Sosa. Si bien, en el arroyo José Ignacio se registraron algunos valores cercanos al estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$), todos los registros incumplieron con la normativa (Figura 8).

La Clo-*a* fluctuó entre 1 $\mu\text{g/L}$ y 64.2 $\mu\text{g/L}$, registrándose los mínimos en el arroyo José Ignacio en invierno y verano, y el máximo en la cañada Sosa, coincidiendo con una floración de Euglena (Figura 8). Para este parámetro únicamente en la cañada Sosa se registraron valores que superaron el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10 $\mu\text{g/L}$)

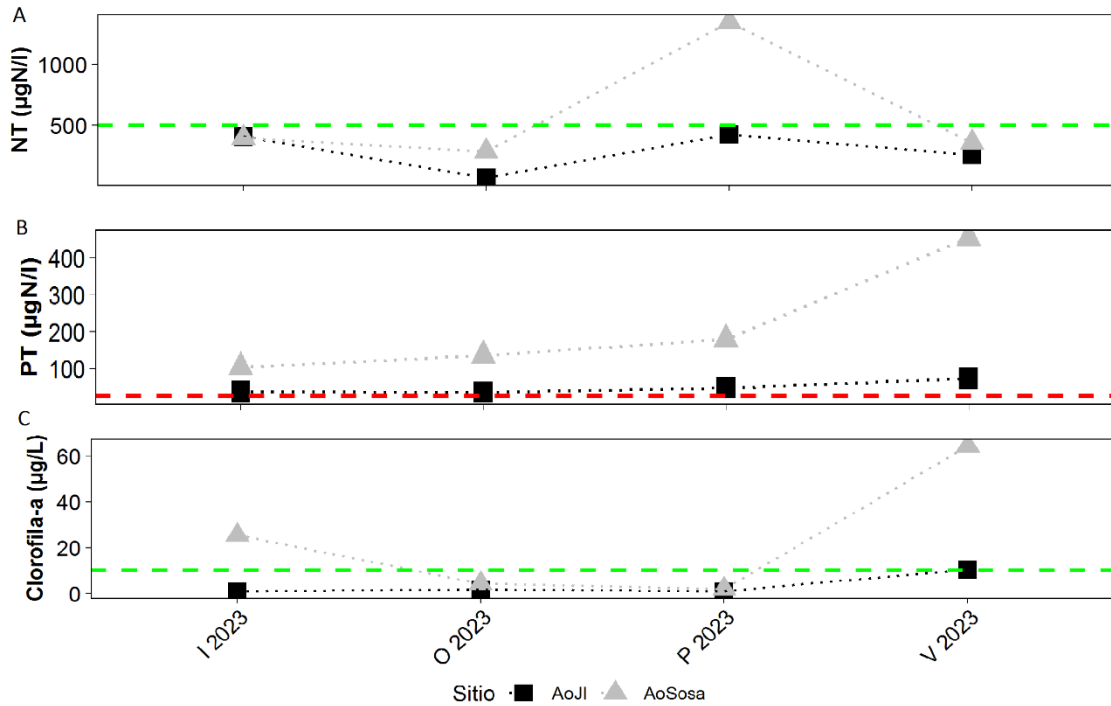


Figura 8. Variación espacial y estacional de la concentración de A) Nitrógeno Total, B) Fósforo Total y C) Clorofila *a* (Clo-*a*) de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio en 2023: A° José Ignacio - estación J3 (cuadrado), Cda Sosa - estación JI4 (triángulo). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT= 0.5 mg N/L). La línea roja corresponde al valor estándar del Decreto 253/79 (PT= 25 µg P/L). La línea verde corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (Clo-*a*= 10 µg N/L).

1.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL), (Tabla 7). Durante el 2023 no se observaron floraciones de cianobacterias en ninguno de los dos arroyos tributarios.

Tabla 7. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio en el año 2023.

Tributario	Año	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Floraciones Cianobacterias
A° José Ignacio (JI3)	2023	Verano	180	No
		Otoño	28	No
		Invierno	72	No
		Primavera	120	No
Cda° Sosa (JI4)	2023	Verano	210	No
		Otoño	120	No
		Invierno	40	No
		Primavera	180	No

1.8 Síntesis

La Laguna de José Ignacio estuvo durante el 2023 conectada con el mar por un período reducido de tiempo (15 % del año). El tiempo de conexión estuvo por debajo de los valores medios reportados para esta laguna en el período 1991-1999 (25%; Santana y Fabiano, 1999). Esto podría, al menos en parte ser explicado por la reducida precipitación registrada en este período, asociada al efecto del fenómeno “Niña” (NOAA, 2024) que habitualmente se traduce en períodos secos para nuestra región. Según los registros de la Estación Meteorológica de Rocha (INUMET) el acumulado anual resultó en 944 mm, mientras que para la precipitación acumulada anual en el período 1991- 2020 en promedio fue de 1285 mm (INUMET, 2024).

La conductividad promedio de la laguna en este período fue algo menor a la registrada en el período 2015-2020 (21 ± 7 vs 27 ± 13 mS/cm; DINACEA *et al.*, 2021), sin embargo, los indicadores de calidad del agua fueron relativamente similares entre los sitios de muestreo, y dentro de los rangos observados en el período 2015-2020 (DINACEA *et al.*, 2021), registrándose en general los valores máximos en verano. Según la concentración de Clo-*a* en agua durante el 2023, la Laguna de José Ignacio se clasificó en estado oligotrófico (OCDE, 1982); y de acuerdo el índice de estado trófico se clasificó como eutrófica (TRIX, Vollenweider *et al.* 1998).

En relación a la matriz sedimento, los indicadores analizados (MO, NTsed, PTsed y MO) mostraron valores dentro del rango normal para el sistema (DINACEA *et al.*, 2021). Al igual que en años anteriores se registraron valores cuantificables de metales (As, Cr, Cu, Pb y Hg), todos por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG))

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (anexo 1), se registraron valores cuantificables para endosulfan sulfato, mientras que todos los demás compuestos estuvieron por debajo de los límites analíticos. Como ya se mencionó en estudios anteriores estos compuestos resultan de la escorrentía agrícola y efluentes de la agricultura (DINACEA *et al.*, 2021, 2022, Newton *et al.* 2014). Por lo cual, para identificar mejor su procedencia sería importante monitorear los tributarios de esta laguna.

La comunidad de fitoplancton estuvo dominada por diatomeas. Si bien, el tiempo de comunicación con el mar fue reducido en este período, con disminución de la conductividad promedio, las diatomeas más abundantes y los dinoflagelados registrados son especies de origen marino, lo que indica que se produjo un intercambio efectivo con dicho ambiente. El bentos presentó riqueza y abundancia dentro de los rangos normales para esta laguna, y los máximos de ambas variables se registraron en primavera con los menores valores de conductividad. Estuvo compuesto por una comunidad típicamente estuarina y no mostró cambios sustanciales respecto de estudios previos, mostrando una dominancia de gusanos poliquetos y ostrácodos, en lugar de gasterópodos y bivalvos como en las restantes lagunas, lo cual ya ha sido reportado en estudios anteriores (Meerhoff *et al.* 2013, Giménez *et al.* 2014). Esta laguna presenta una comunidad similar a la que presentan las marismas, lo que podría estar explicado por la baja profundidad de todo el

sistema y la gran extensión de la vegetación litoral de *Spartina spp.* Isacch *et al.* (2006). Estos autores destacan a la laguna de José Ignacio como la segunda marisma más extensa y relevante del país, luego del Aº Maldonado.

Los misidáceos presentaron la mayor abundancia en verano en ambos sitios de monitoreo coincidiendo con los mayores registros de salinidad y turbidez. Si bien no hay estudios previos para este grupo en esta laguna, se ha descrito esta relación en Laguna de Rocha (Espinosa *et al.*, 2019). Para el resto de los muestreos se registraron abundancias bajas o nulas. Esto indicaría, que la potencial función como organismo clave en la transferencia de energía desde niveles tróficos inferiores a los superiores podría no ser tan relevante en esta laguna, como se observa desde años anteriores (DINACEA *et al.*, 2021). En cuanto al ictioplancton, la mayor abundancia se registró en primavera, siendo más abundante en el sitio norte.

En relación a la pesquería del camarón *P. paulensis*, la falta de conexión de esta laguna con el mar por la sequía durante la primavera 2022 y verano 2023 explican la ausencia de esta especie, afectando la pesquería de la misma.

Los tributarios, en general, presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental para los parámetros físicos y químicos analizados. A excepción del PT que registró siempre concentraciones superiores a los valores de referencia en el PT (Decreto 253/79). Los mayores valores se registraron siempre en la cañada Sosa, los cuales podrían explicarse al menos en parte por el bajo caudal observado durante el período. Sería importante contar con datos de caudal para confirmar esta hipótesis.

Los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron en general buenas condiciones. Las concentraciones de los coliformes termotolerantes determinadas tanto en la laguna como en los tributarios cumplieron siempre con la normativa ambiental (Decreto 253/79). No se registraron floraciones de cianobacterias en ninguno de los muestreos realizados durante el 2023.

2. Laguna Garzón

La Laguna Garzón está ubicada en el límite entre los departamentos de Maldonado y Rocha (34°46'00''S - 54°33'00''W). Sus principales tributarios son: Aº Anastasio, Aº de la Cruz, Aº Garzón, Aº de Moleras. En la Tabla 8 se describen las principales características y en la figura 9 se muestran los sitios de monitoreo. En esta cuenca se realizan varias actividades, como ser: pesca artesanal, turismo, ganadería extensiva, agricultura, fruticultura, forestación y ocupación urbana.

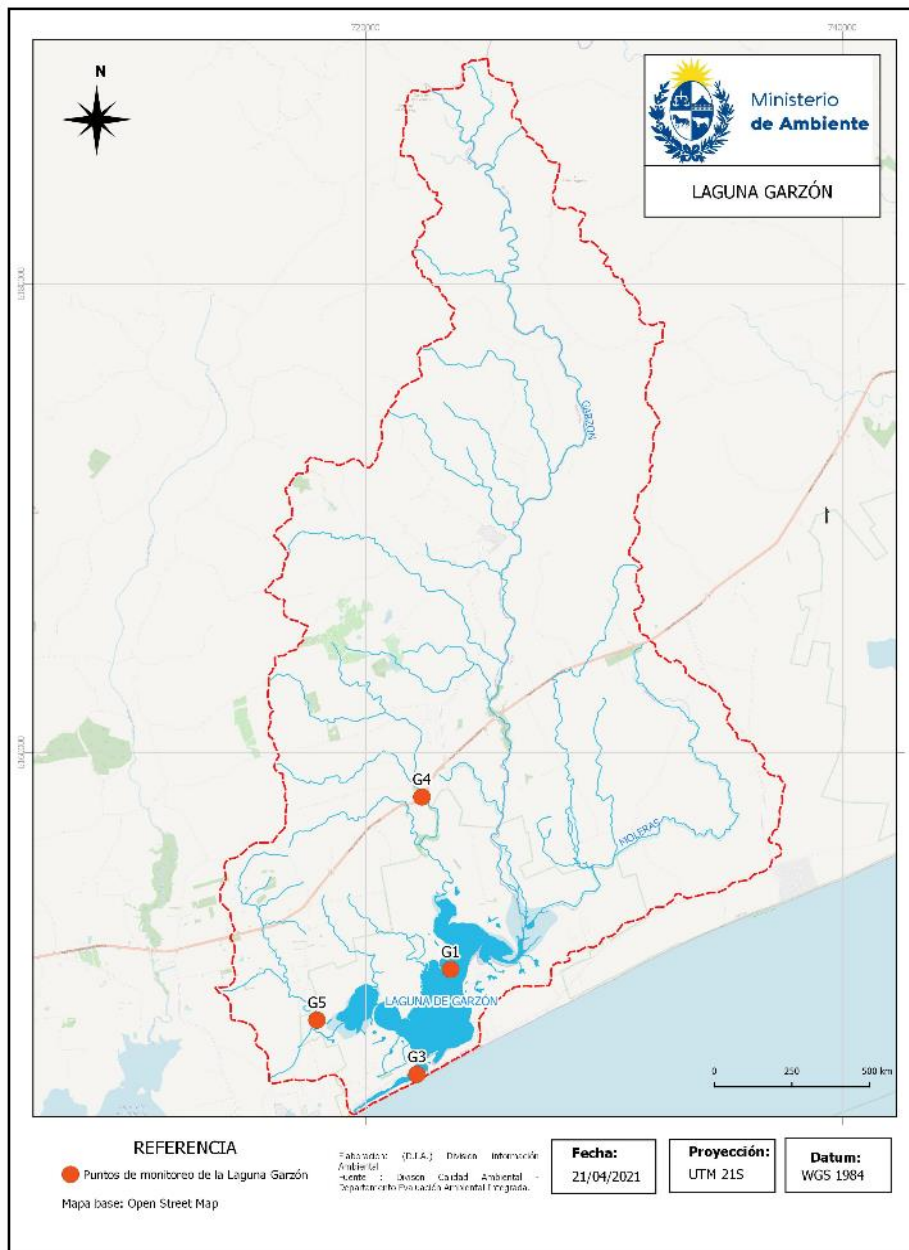


Figura 9. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón.

Tabla 8. Principales características de la cuenca de la Laguna Garzón (modificado de Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Ubicación (Coordenadas)	34°46'00"S, 54°33'00"W
Área de la laguna (ha)	1503
Área de la cuenca (ha)	56055
Profundidad media (m)	0.9
Principales tributarios	Aº Anastasio, Aº de la Cruz, Aº Garzón, Aº de Moleras
Distancia a la costa (km)	0.01
Conexión con el océano	Alta periodicidad (2-3 veces al año), corta duración
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales
Asentamientos humanos	Pueblo Garzón, influencia turística de Punta del Este y José Ignacio, creciente ocupación de zonas rurales y balnearios litorales
Áreas de conservación	Área Protegida, en la categoría: "Área de manejo de hábitats y/o especies", área de conservación de aves (AIA – Laguna Garzón (UY018)
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesquerías, ocupación urbana, turismo.
Puntos de monitoreo programa Lagunas Costeras	Punto Norte (G1): 34°45'39.87"S, 54°33'26.52"W; Punto Sur (G3): 34°48'06.43"S, 54°34'17.70"W, Arroyo Garzón (G4): 34°41'42.04"S, 54°34'20.73"W, Arroyo Anastasio (G5): (34°46'54.52"S, 54°37'04.71"W

2.1 Condición de la barra arenosa

La barra de la Laguna Garzón permaneció cerrada durante todo el año, por lo que no hubo intercambio de agua con el mar. El comportamiento de la barra durante el 2023 fue similar al registrado para los años 2008-2009, coincidiendo con un período de sequía prolongada (Ver Anexo 6.2).

2.2 Laguna: Calidad del agua

Desde verano de 2023 se evidenció una proliferación de plantas de la especie *Myriophyllum quitense* que se inició en la zona norte de la laguna y posteriormente se distribuyó por todo el cuerpo de agua, y se mantuvo presente durante todo el año. Esto provocó alteración de los rangos de algunas de las variables medidas *in situ* (Tabla 9). La temperatura mostró un patrón estacional clásico con un máximo en verano y un mínimo en invierno, sin diferencias entre ambos sitios de muestreo. El oxígeno disuelto registró todos los valores en cumplimiento con el estándar del Decreto 253/79 (≥ 5.0 mg/L).

Tabla 9. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD,mg/L) y turbidez (UNT) de la Laguna Garzón en 2023.

Fecha	Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	
2023	Verano	G1, norte	7.60	9.72	25.8	1.8
		G3, sur	8.50	8.45	25.5	4.6
	Otoño	G1, norte	10.88	10.50	15.5	1.0
		G3, sur	10.51	10.09	16.2	1.3
	Invierno	G1, norte	10.26	9.20	11.7	3.7
		G3, sur	12.10	10.07	12.1	0.0
	Primavera	G1, norte	8.71	8.72	18.3	21.4
		G3, sur	11.79	10.58	19.3	0.4

El pH mostró valores entre 8.45 y 10.58 presentando el mínimo en verano en el sur. Si bien los sitios presentaron variación a lo largo del año, en todos los casos los valores fueron alcalinos y en la mayoría de los casos superaron los niveles establecidos por la normativa (pH 6.5 a 8.5, Decreto 253/79) (Tabla 9). La turbidez fue baja, con valores entre 0 y 21.4 NTU, presentando el máximo en el sitio norte en primavera. Todos los registros se encontraron por debajo del límite establecido en el Decreto 253/79 (≤ 50 NTU) (Tabla 9).

La conductividad presentó valores bajos durante este período, con los máximos en verano y otoño y en descenso a lo largo del año (Figura 10). La concentración de PT presentó los valores mínimos en verano y fue en aumento a lo largo del año con concentraciones mayores en el sitio norte, presentando el máximo en invierno (146.3 $\mu\text{gP/L}$). Así mismo, la concentración de Clo- α presentó un patrón similar a PT, con el valor máximo en el mismo muestreo. Por su parte, la concentración de NT se mantuvo relativamente constante a lo largo del año, con valores mayores en el sitio norte que en el sur (Figura 10). El máximo fue registrado en primavera (1066.5 $\mu\text{gN/L}$).

Tanto el PT como el NT estuvieron por encima de los límites establecidos por normativa (25 $\mu\text{gP/L}$, Decreto 253/79) o valores guía (500 $\mu\text{gN/L}$, Mesa técnica del agua 2017), mientras que la Clo- α no superó el valor guía (10 $\mu\text{g/L}$, Mesa técnica del agua 2017).

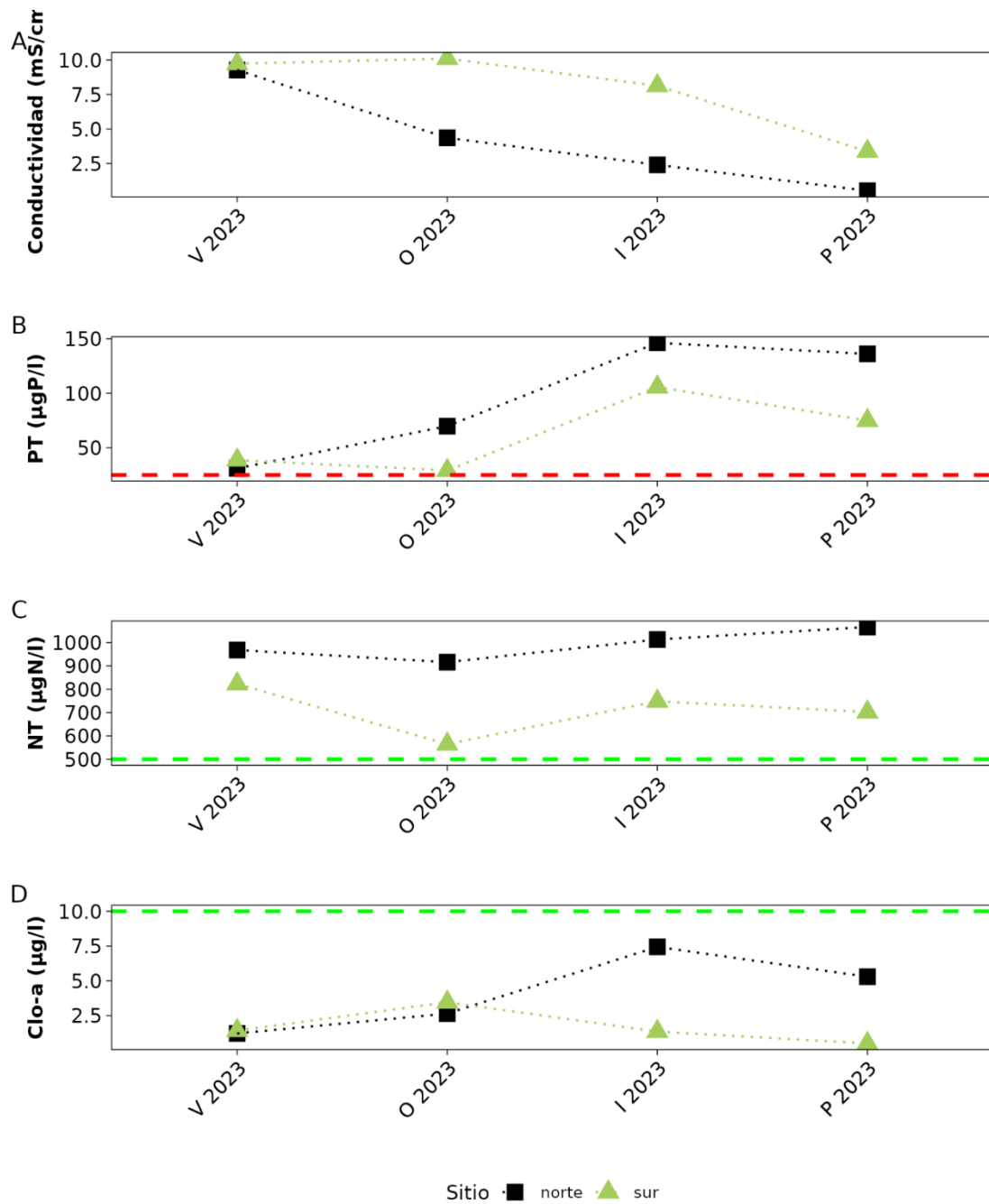


Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Clo-a) (D), de la Laguna Garzón. Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

2.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento tuvieron valores dentro del rango normal a alto para este sistema (Tabla 10). La concentración de nutrientes y materia orgánica fue mayor en el sitio norte que en el sur, a excepción del muestreo de otoño donde se invirtió esta relación. Los máximos para estas variables se observaron en el sitio norte en primavera.

Tabla 10. Variables de sedimento de la Laguna Garzón durante el 2023: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS), metales (Pb, As, Cu, Cr, mg/kg; Hg, µg/kg) y compuestos fitosanitarios (glifosato, clorpirifos (mg/kg), cipermetrina, simazina malatión (µg/kg)). Se muestran únicamente los parámetros que presentaron al menos un valor cuantificable en el período de estudio.

Fecha	Sitio de monitoreo	PT (µg/gPS)	NT (µg/gPS)	MO (mg/gPS)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (µg/kg)	As (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Endosulfan beta (µg/Kg)	
2023	Ver	G1, norte	145.1	129.7	48	11	<LC	22	5,2	12	<0.067
		G3, sur	94.6	117	10.3	4,7	<LD	14	2,5	5,3	<0.067
	Oto	G1, norte	144.4	114.3	45.1						
		G3, sur	202.8	376.8	57.9						
	Inv	G1, norte	198.4	587.4	70.4						
		G3, sur	57.8	67.6	6.6						
	Pri	G1, norte	317	868	71.2	14	11	43	4,0	16	
		G3, sur	79.3	126.5	56	9.3	<LC	28	3,2	11	
Límite de Detección:		5	50		0.4	2	0.3		1.0	0.45	
Límite de Cuantificación:		10	100		2	7	1.0		3.0		

En relación a los metales analizados se observaron valores cuantificables de As, Cu, Cr, Hg y Pb. El Cu presentó un rango de concentración de entre 4,7 mg/kg - 14 mg/kg, y el Hg un rango de 14 µg/kg - 43 µg/kg, ambos metales registraron su máximo en primavera 2023 en el sitio norte. El Cr y el As registraron sus valores máximos en la estación norte en primavera y verano, respectivamente. Por último, el Pb únicamente registró valores cuantificables en el sitio norte en primavera 2023. Al igual que en años anteriores, los metales analizados no registraron concentraciones superiores a los estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses (Tabla 10).

Los fitosanitarios y contaminantes analizados, en general registraron concentraciones por debajo de los límites analíticos, a excepción del endosulfan beta (Tabla 10), el cual registró valores cuantificables muy cercanos a los límites analíticos en verano del 2023 en ambos sitios de monitoreo. Si bien en general los parámetros registraron valores cercanos a los límites analíticos, no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para los mismos en la matriz sedimento.

2.4 Laguna: parámetros biológicos

Durante el 2023 se registró la aparición de la planta enraizada sumergida *Myriophyllum quitense* en cantidades inusuales en la zona norte, que presentó un crecimiento acelerado tanto en biomasa como en distribución. En las etapas iniciales de la proliferación se registró, además de *M. quitense*, dos especies de macroalgas Charophytas (*Nitella sp.* y *Chara sp.*). Posteriormente la primerapasó a ser la única especie registrada, dispersándose hacia el centro y sur de la laguna para el otoño siguiente. El máximo valor promedio de biomasa registrado fue de 2815.8 ± 787.6 gPS/m² en primavera.

El fitoplancton estuvo representado por 31 taxa, de los cuales 17 corresponden a diatomeas, 7 a cianobacterias, 4 a zygnetaceas y 3 a algas verdes. Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el año en ambos sitios. Su máxima abundancia se registró en otoño en el sitio sur (Figura 11C). Las cianobacterias mostraron un aumento en invierno también en el sitio sur debido a un aumento de individuos del género *Raphidiopsis*, registrándose *Dolichospermum spp* también en primavera, ambos géneros potencialmente tóxicos (Figura 11B).

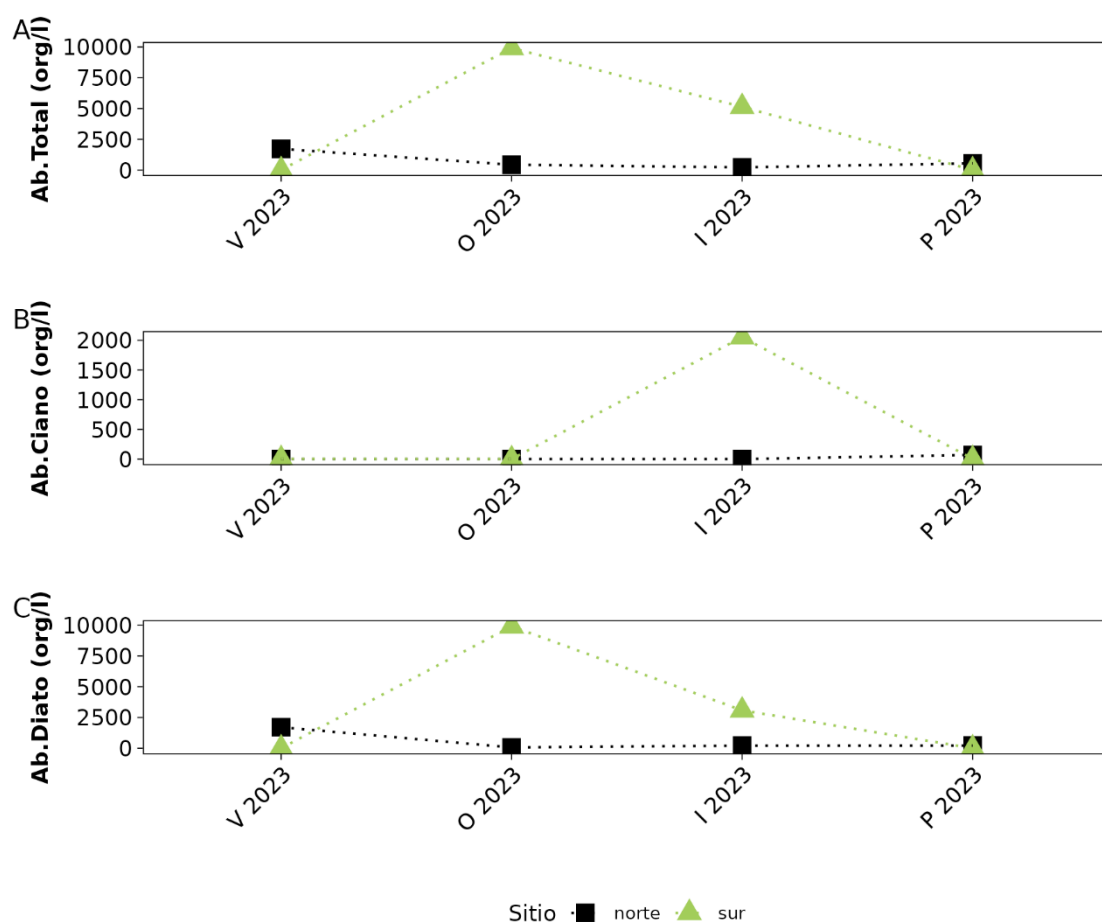


Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna Garzón en 2023.

En cuanto al bentos, en general el sitio sur presentó mayor riqueza y abundancia que el sitio norte (Figura 12). Los valores máximos para estas variables se registraron en los muestreos de verano y de invierno. Las especies más abundantes fueron el ostrácodo *Cyprideis sp.* y el malacostraco *Sinelobus stanfordi* en la zona sur en verano, seguidas por el gasterópodo *Heleobia aff. australis* en ambos sitios en verano y otoño. Esta última especie se vió muy reducida en el resto de los muestreos del año. A su vez se registraron varios taxa no reportados previamente o que aumentaron notoriamente su abundancia relativa, algunos de ellos de sistemas dulceacuícolas y asociados a vegetación acuática como larvas de quironómidos, ninfas de odonatos, camarones de agua dulce y caracoles dulceacuícolas de género *Biomphalaria* y *Heleobia*.

Debido al crecimiento y establecimiento de las plantas (*Myriophyllum quitense*) en el cuerpo de la laguna, no fue posible realizar arrastres con malla de 500 micras a excepción del muestreo de verano. En este se registró una abundancia muy baja de 2 ind.100m⁻³ de larvas de peces en el sitio sur. No se registró presencia de misidáceos.

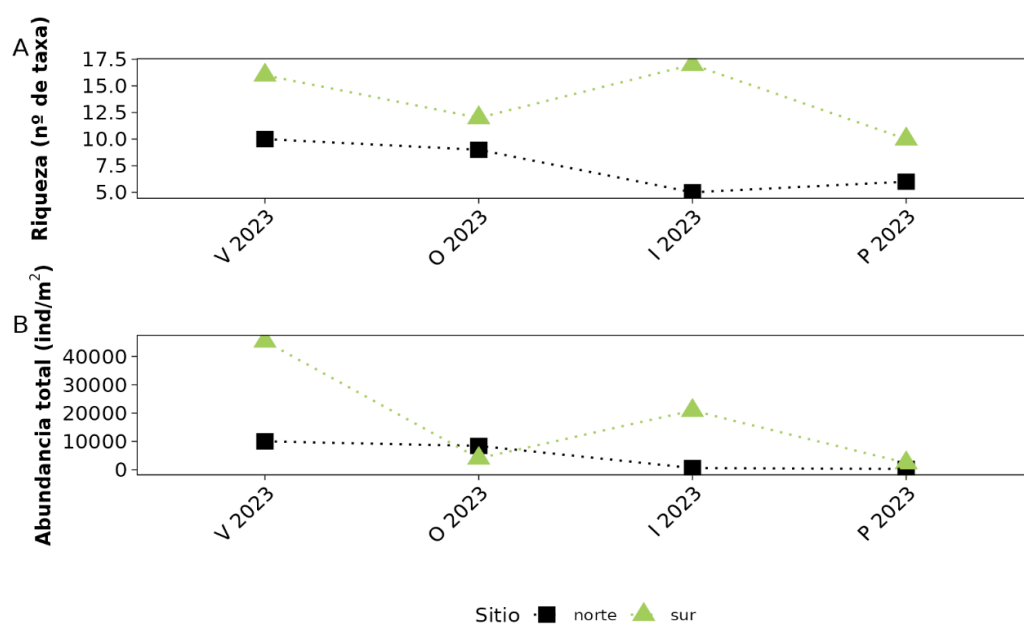


Figura 12. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna Garzón en 2023.

Invertebrados de importancia comercial: camarón (*Peneaus paulensis*)

En la laguna Garzón, no se registró zafra de camarón en otoño de 2023, lo cual se explica por la ausencia de conexión de la barra en la primavera 2022 (DINACEA *et al.* 2023) y el verano 2023, lo cual no permitió el ingreso de larvas.

2.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes registraron valores muy bajos cercanos a los límites analíticos durante todo el año (Tabla 11), siempre por debajo del estándar establecido para aguas para recreación (Decreto 253/79). No se registraron floraciones de cianobacterias en este período.

Tabla 11. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna Garzón en 2023.

Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias
Verano	G1, norte	40	No
	G3, sur	20	No
Otoño	G1, norte	208	No
	G3, sur	164	No
Invierno	G1, norte	140	No
	G3, sur	14	No
Primavera	G1, norte	220	No
	G3, sur	60	No

2.6 Tributarios: Calidad del agua

La temperatura durante el 2023 registró el valor mínimo (11.66°C) en invierno en el arroyo Garzón y la máxima (25.5°C) en verano en el Arroyo Anastasio, mostrando un comportamiento estacional en ambos afluentes (Tabla 12). Los valores de pH se mantuvieron durante el período dentro del rango estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5). El oxígeno disuelto en general registró valores de cumplimiento con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L), a excepción de la concentración mínima (0.9 mgO₂/L) observada en verano en el arroyo Anastasio (Tabla 12). La conductividad registró un máximo de 1051 μ S/cm en el verano en el arroyo Anastasio (Tabla 12).

Tabla 12. Variables de calidad de agua medidas *in situ* en el 2023: Temperatura (T, °C), Conductividad, (μ S/cm), pH, oxígeno disuelto (mgO₂/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna Garzón: A° Garzón (G4) y A° Anastasio (G5).

Tributario	Año	Estación	T (°C)	Conductividad (μ S/cm)	pH	OD (mgO ₂ /L)	Turbidez (UNT)
A° Garzón (G4)	2023	Verano	24.1	471	7.11	5.6	10.9
		Otoño	15.8	281	7.73	8.18	10.8
		Invierno	11.66	245	7.73	9.16	0
		Primavera	18.19	129	7.23	8.42	26.3
Cda° Anastasio (G5)	2023	Verano	25.5	1051	7.08	0.9	18.5
		Otoño	15.3	805	6.7	6.24	13
		Invierno	13.12	882	7.57	6.08	0.5
		Primavera	16.7	323	6.77	10.53	24.7

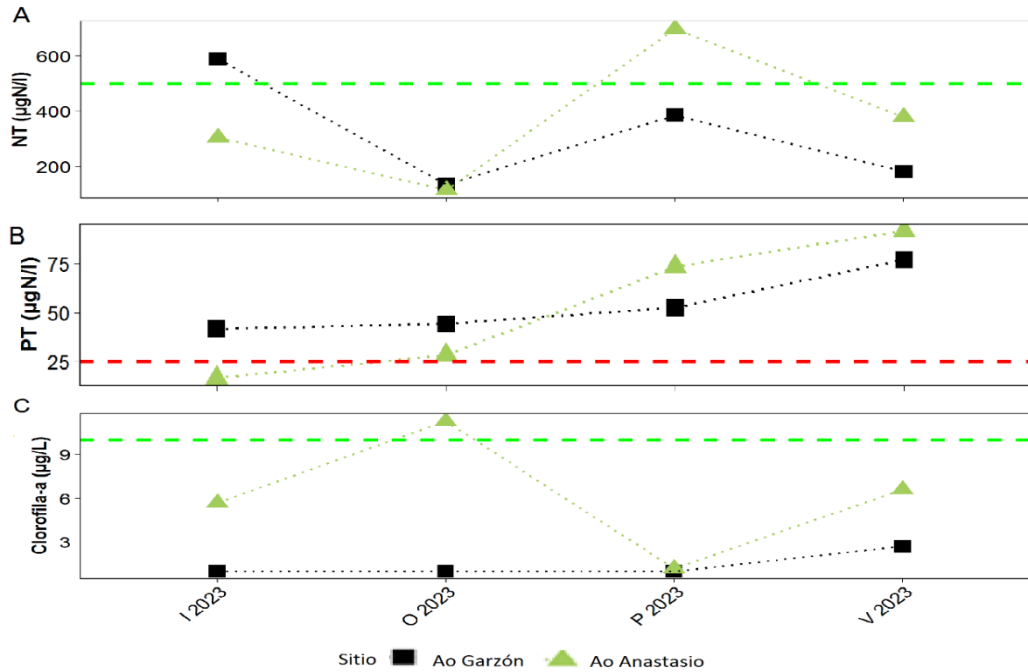


Figura 13. Variación espacial y estacional de la concentración de Clorofila *a* (Clo *a*) en los principales tributarios de la Laguna Garzón: Aº Garzón - estación G4 (cuadrado), Aº Anastasio - estación G5 (triángulo). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (Clo-*a*= 10 µg N/L). La línea roja corresponde al valor estándar del Decreto 253/79 (PT= 25 µg P/L). La línea verde corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT= 500 µg N/L).

En general, los registros de PT incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$). Este nutriente registró en ambos tributarios sus valores máximos en primavera y verano, y los mínimos tuvieron lugar en otoño y primavera, siendo en el caso del arroyo Anastasio cercanos al estándar (Figura 13B). El NT en ambos tributarios presentó valores de cumplimiento, los máximos se registraron en primavera en el arroyo Anastasio y en invierno en el arroyo Garzón (Mesa técnica del agua 2017) (Figura 13A).

La clorofila fluctuó en un rango de entre $1.0 \mu\text{g/L}$ y $11.3 \mu\text{g/L}$ (Figura 13C), registrándose el mínimo en el arroyo Garzón en otoño y el máximo en el arroyo Anastasio en verano. Para este variable únicamente el máximo registrado superó el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017) ($10 \mu\text{g/L}$).

2.7 Tributarios: uso recreativo

La concentración de coliformes termotolerantes registraron valores por debajo del límite admitido por la normativa (<2000 , UFC/mL) en ambos tributarios (Tabla 13). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2023 para ninguno de los dos arroyos monitoreados.

Tabla 13. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en los principales tributarios de la Laguna de Garzón en 2023: A° Garzón (G4), A° Anastasio (G5).

Tributario	Año	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° Garzón (G4)	2023	Verano	40	No
		Otoño	208	
		Invierno	140	
		Primavera	220	
Cda° Anastasio (G5)	2023	Verano	20	No
		Otoño	164	
		Invierno	14	
		Primavera	60	

2.8 Síntesis

La Laguna Garzón durante el año 2023 permaneció sin conexión con el mar, estando por debajo de los valores medios de apertura registrados para esta laguna en el período 1991-1999 (18%; Santana y Fabiano, 1999). Los valores de conductividad registrados fueron extremadamente bajos y en descenso a lo largo del año, lo cual se explica por a la ausencia del ingreso de agua salada por falta de conexión con el mar. En este período la conductividad fue menor a la registrada en el período 2015-2020 (6 ± 4 vs 13 ± 10 mS/cm; DINACEA et al., 2021).

Los indicadores de calidad del agua, aumentaron su concentración a lo largo del año tanto en agua como en sedimento. Cabe destacar que los nutrientes, tanto el NT como el PT estuvieron por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). Según la concentración de Clo-*a* en agua para el 2023, la Laguna Garzón se clasificó en estado oligotrófico bajo los criterios de la OCDE (1982); y según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider *et al.* (1998), considerando las concentraciones de nutrientes totales, la laguna al igual que en años anteriores, se catalogó como altamente productiva, en estado eutrófico.

Durante el 2023 tuvo lugar en esta laguna una proliferación de plantas sumergidas, principalmente de la especie *Myriophyllum quitense*, la cual alcanzó a cubrir todo el espejo de agua. Esta es una especie sumergida enraizada que tolera niveles de salinidad bajos a medios (Orchard, 1981) no mayores a 14 (McAlpine *et al.*, 2007). Esta proliferación de plantas sumergidas es un síntoma del proceso de eutrofización. El crecimiento de plantas con una abundancia tan elevada se puede deber a varios factores como condiciones de temperatura del agua, baja salinidad durante tiempo prolongado, pero fundamentalmente a que existe en el sistema disponibilidad de nutrientes suficiente para sostener una elevada abundancia de productores primarios. En esta laguna se ha registrado un aumento considerable de la concentración de nutrientes en agua y sedimento, en comparación con datos de la década del 2000,

posiblemente vinculado a la construcción del puente, la intensificación de los usos del suelo en la cuenca y al régimen de manejo de la barra arenosa (*DINACEA et al.*, 2021; Rodríguez Gallego *et al.*, 2024).

Respecto a las comunidades biológicas, el fitoplancton estuvo representado principalmente por diatomeas, las cuales dominaron todo el año en ambos sitios de monitoreo. Se registraron dos géneros potencialmente tóxicos de cianobacterias (*Dolichospermum* y *Raphidiopsis*) coincidentes con menor salinidad y mayor concentración de nutrientes.

En cuanto al bentos, esta comunidad habitualmente en la laguna Garzón se encontraba dominada por el caracol *Heleobia* aff. *australis*, los poliquetos *Heteromastus* cf. *similis* y *Nephtys fluviatilis* y en menor medida por el bivalvo *Erodona mactroides*, la cual es una composición típica de comunidades estuarinas de la costa uruguaya y se ha mantenido consistente a estudios previos de esta laguna (*Meerhoff et al.*, 2013). Sin embargo, en 2023 se observaron cambios en la abundancia y composición de los taxa, posiblemente asociados al desarrollo masivo de las plantas. Durante este período, se registraron picos de diversidad y abundancia de diversos grupos de crustáceos previamente poco abundantes y de presencia ocasional, como ostrácodos, anfípodos, tanaidáceos e isópodos, a la vez que *Heleobia* aff. *australis*, ítem dominante del sistema, presentó una marcada disminución en su abundancia, sumado a la ausencia de registros de *H.* cf. *similis*, *N. fluviatilis* y *E. mactroides*.

Dada la gran proliferación de plantas en la mayor parte del año 2023, no fue posible tomar muestras para evaluar la comunidad de ictioplancton ni misidáceos. En relación a los invertebrados de importancia comercial, la falta de apertura de la barra arenosa entre primavera de 2022 y verano de 2023 impidió el ingreso de post-larvas de camarón a la laguna, lo que explica la ausencia de camarón, afectando la pesquería de esta especie.

Los tributarios de la Laguna Garzón en general presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. Si bien, se registraron incumplimientos en las concentraciones de los nutrientes totales (NT y PT) en ambos tributarios, cabe destacar que también se observaron valores por debajo de la normativa ambiental (16.6 µg P/L, Decreto 253/79). En general las mayores concentraciones tuvieron lugar en el arroyo Anastasio, las cuales podrían deberse al bajo caudal observado en el mismo durante el período. Sin embargo, como ya se mencionó en informes anteriores para confirmar este indicio sería importante contar con datos de caudal.

Por último, los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron buenas condiciones. No se registraron floraciones de cianobacterias durante el 2023 y las concentraciones de los coliformes termotolerantes en general tanto en la laguna y los tributarios cumplieron con la normativa ambiental (Decreto 253/79).

3. Laguna de Rocha

La Laguna de Rocha ($34^{\circ}35'S$ - $54^{\circ}17'W$) se ubica en el departamento de Rocha. Sus principales tributarios son los arroyos: Rocha, Las Conchas, La Palma y Los Noques. En ésta cuenca se realizan varias actividades económicas y sociales, como ser: pesca artesanal, turismo, ganadería extensiva, agricultura, forestación y ocupación urbana.

En la tabla 14 se describen las principales características de la cuenca y en la figura 14 se muestran los sitios de monitoreo.

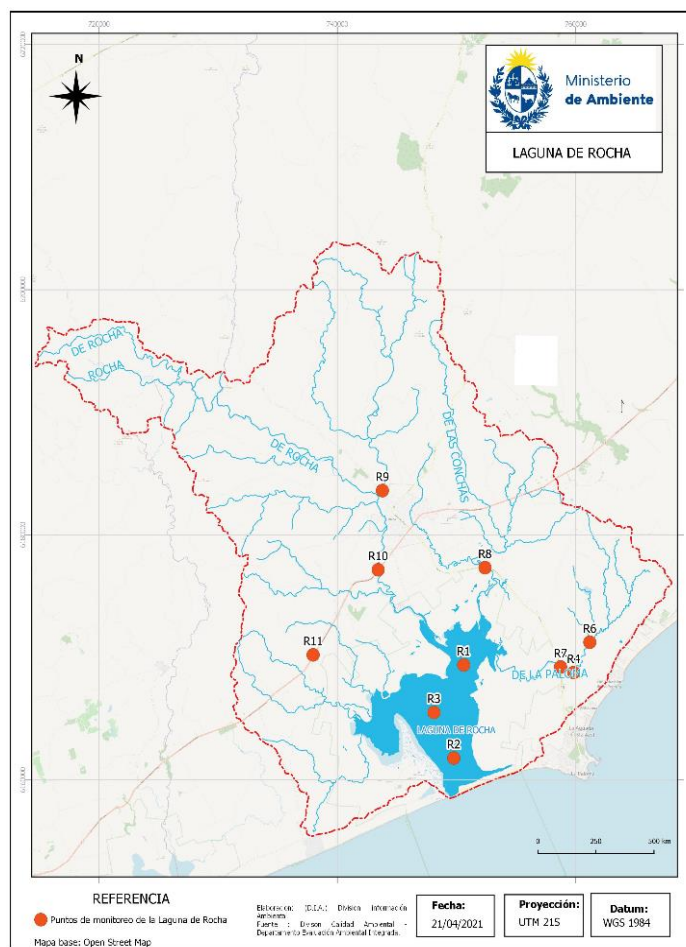


Figura 14. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha.

Tabla 14. Principales características de la Laguna de Rocha (tomado de Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Área de la laguna (ha)	7304
Área de la cuenca (ha)	121433
Profundidad media (m)	0.6
Principales tributarios	Aº Rocha, Aº Las Conchas, Aº La Palma, Aº Los Noques
Distancia a la costa (km)	0.1
Conexión con el océano	periodicidad media (2-3-4 veces al año)
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales periódicas
Asentamientos humanos	Ciudad de Rocha y La Paloma, La Riviera, Puerto de los Botes, asentamientos de pescadores de la barra (ca. 28968 habitantes, INE 2011)
Áreas de conservación	Reserva de Biosfera (UNESCO), Paisaje protegido del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sitio Ramsar y área de conservación de aves (AIA – Laguna de Rocha (UY019).
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesca artesanal, turismo actividad industrial escasa
Puntos de monitoreo programa Lagunas Costeras	Punto norte (R1): $31^{\circ}34'34.5''S$, $54^{\circ}17'07.9''W$, Punto sur (R2): $34^{\circ}39'50.8''S$, $54^{\circ}15'16.6''W$, Punto centro (R3): $34^{\circ}38'41''S$, $54^{\circ}17'44.0''W$, Aº La Palma (R4): $34^{\circ}35'24.27''S$, $54^{\circ}10'1.25''W$, Aº La Palma (R6): $34^{\circ}34'03.00''S$, $54^{\circ}09'10.82''W$, Aº La Palma (R7): $34^{\circ}35'10.47''S$, $54^{\circ}10'44.16''W$, Aº Las Conchas (R8): $34^{\circ}30'54.04''S$, $54^{\circ}15'01.16''W$, Aº Rocha: (R9): $34^{\circ}27.616''S$, $54^{\circ}20.767''W$, Arroyo Rocha (R10): $34^{\circ}31'8.24''S$, $54^{\circ}20'53.71''W$, 3 afluentes (R11): $34^{\circ}59'62.13''S$, $54^{\circ}41'61.35''W$

3.1 Condición de la barra arenosa

La barra arenosa de la laguna de Rocha se abrió de manera artificial el 14 de noviembre de 2023 y permaneció en esa condición hasta mediados de enero de 2024 (Figura 15). La conexión de la laguna de Rocha con el mar fue de 20 % del tiempo en 2023, porcentaje similar al registrado en 2008, coincidiendo con un período de sequía prolongada (Ver Anexo 6.2).

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Figura 15. Estado de la barra de la Laguna de Rocha en el año 2023 (gris =barra cerrada, blanco= barra abierta).

3.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 15). La temperatura mostró un patrón estacional con un máximo de 27.7 °C en verano y un mínimo de 13.4 °C en invierno. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L, Decreto 253/79), oscilando entre 5.65 y 10.29 mg O₂/L.

Tabla 15. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD, mgO₂/L) y turbidez (NTU) de la Laguna de Rocha.

Fecha	Sitio de monitoreo	OD (mgO ₂ /L)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
Verano	R1, norte	7.22	9.09	25.2	5.4
	R3, centro	5.65	7.94	26.0	2.0
	R2, sur	7.06	8.65	27.7	10.6
Otoño	R1, norte	10.29	8.05	14.2	5.9
	R3, centro	9.58	8.24	16.2	4.2
	R2, sur	8.50	8.51	15.5	4.6
2023 Invierno	R1, norte	8.88	8.33	14.0	80.4
	R3, centro	9.46	8.26	13.4	52.7
	R2, sur	9.48	8.34	13.7	18.1
Primavera	R1, norte	7.89	7.20	20.8	30.3
	R3, centro	9.80	8.00	19.7	24.2
	R2, sur	9.20	8.60	20.2	28.0

En relación a los valores de pH todos estuvieron dentro del rango admitido por el Decreto 253/79 a excepción de los registrados en verano en los sitios norte y sur (Tabla 15), y en el sitio sur en primavera,

que superaron el límite admisible para Clase 3 (6.5-8.5). La turbidez fue muy variable, estuvo por debajo del valor máximo admitido por la normativa (≤ 50 UNT) en la mayoría de las estaciones, excepto en invierno donde se registraron los mayores valores.

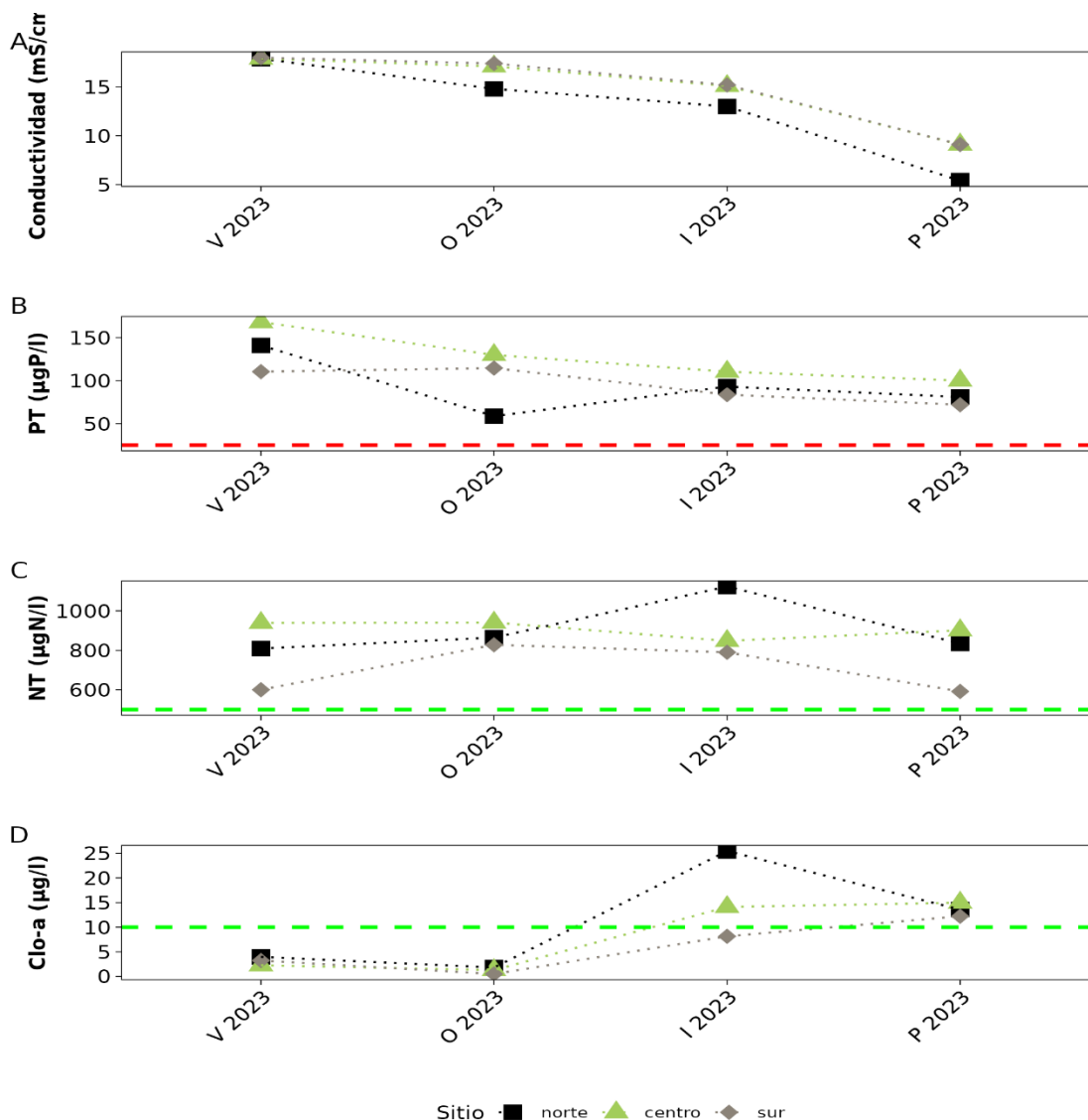


Figura 16. Variación espacial y estacional de conductividad (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila α (Clo-a) (D), de la Laguna de Rocha. Las líneas roja y verde indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

La conductividad presentó el valor máximo en verano para los tres sitios y fue en descenso a lo largo del año (Figura 16), siendo determinante esta variable en el muestreo de primavera por la condición de barra abierta. La concentración de PT presentó los valores máximos en verano, con la mayor concentración en el sitio centro (168.2 $\mu\text{gP/L}$) y fue disminuyendo a lo largo del año (Figura 16). Por su parte, la concentración de NT presentó su máximo en invierno en el sitio norte (1123.1 $\mu\text{gN/L}$), coincidiendo con la con el máximo de concentración de Clo- α en el mismo sitio (25.5 $\mu\text{g/L}$).

Tanto el NT como el PT estuvieron por encima de los límites establecidos por normativa (25 µgP/L, Decreto 253/79) o valores guía (500 µgN/L, Mesa técnica del agua 2017). La Clo-*a* superó el valor guía (10 µg/L, Mesa técnica del agua 2017) en los muestreos de invierno en los sitios norte y centro, y en primavera en todos los sitios.

3.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento presentaron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 16), observándose en general los máximos para nutrientes y materia orgánica en el sitio centro, seguidos de norte. No se observó un patrón estacional muy marcado, aunque los valores de invierno fueron superiores tanto para PT como para NT.

Tabla 16. Variables determinadas en sedimento en la Laguna de rocha en 2023: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS), metales (Pb, As, Cu, Cr, mg/kg; Hg, µg/kg) y agroquímicos (glifosato, (mg/kg), cipermetrina y malatión (µg/kg)). Se muestran únicamente los parámetros que presentaron al menos un valor cuantificable en el período de estudio. (CCME*) estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses.

Fecha	Sitio de monitoreo	PT (µg/gPS)	NT (µg/gPS)	MO (mg/gPS)	Cu (mg/kg)	As (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (µg/kg)	Pb (mg/Kg)	Glifosato (µg/kg)
Verano	R1, norte	113.8	<LD	25.7	5,1	2,6	6,9	13	<LC	<1.05
	R3, centro	266	99.4	97.4	2,1	<2,0	3,5	6,1	<LD	<LD
	R2, sur	108.7	<LD	31.6	16	6,8	21	26	8,6	<LD
Otoño	R1, norte	202.2	206.6	85.3						
	R3, centro	78.2	152.2	18.6						
	R2, sur	59.6	<LD	8.3						
Invierno	R1, norte	158.3	207.8	47						
	R3, centro	353.7	216.4	84.8						
	R2, sur	117.8	86.5	13						
Primavera	R1, norte	74.4	79.7	7.9	2.2	<1,5	3,1	6,4	<LC	<LC
	R3, centro	152.4	83.7	13.4	<LC	<1,5	<LC	4,2	<LD	0.64
	R2, sur	131.6	<LD	15.2	2,6	<1,5	3,8	12	<LD	<LC
Límite de Detección:		5	50		0.4	NA	1	0.3	0.45-1.25	0.12-0.45
Límite de Cuantificación:		10	100		2	NA	3	0.9	0.35	0.28-1.05

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados, se registró únicamente un valor cuantificable de glifosato (Tabla 15) en el sitio norte en verano. Si bien, el valor registrado es muy cercano a los límites analíticos, cabe mencionar que para este parámetro no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles en la matriz sedimento.

3.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 33 taxa, de los cuales 20 corresponden a diatomeas, 6 a cianobacterias, 2 a dinoflagelados, 4 a zygmemataceas y 1 a euglenofita. Se registró una elevada abundancia en verano en el sitio norte (Figura 17A), debido a la abundancia de diatomeas (Figura 18C) principalmente de la diatomea marina *Chaetoceros decipiens*. Este valor coincidió con elevados valores de PT, aunque no se reflejó en la concentración de Clo-*a*. En otoño se registró un pico de abundancia de cianobacterias en el sitio sur (Figura 17B), determinado por *Merismopedia* sp (no tóxica), mientras que en primavera en abundancias menores se observaron en el sitio norte *Dolichospermum* sp y *Nodularia spumigena*, ambas potencialmente tóxicas. En invierno se registró un leve incremento en la abundancia de dinoflagelados en los sitios norte y sur correspondiente a *Prorocentrum cordatum*, dinoflagelado estuarino clásico de estas lagunas.

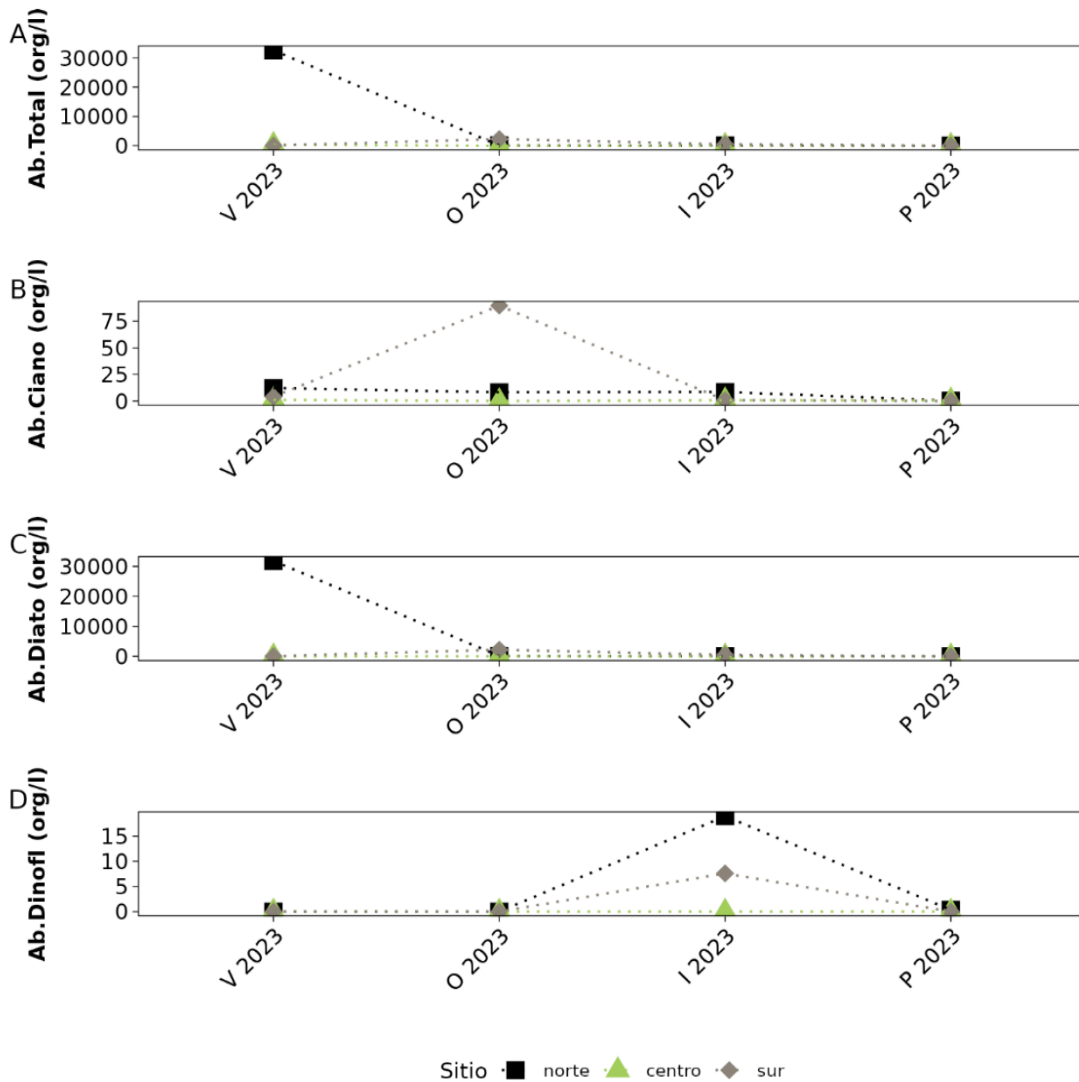


Figura 17. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas (C) y Abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna de Rocha en 2023.

En cuanto al bentos, en general el sitio norte presentó mayor riqueza y mayor abundancia a excepción de invierno, cuando fue mayor en el sitio sur (Figura 18). Las especies más abundantes fueron el ostrácodo *Cyprideis sp.* con valores máximos en el sitio norte, seguida por el gasterópodo *Heleobia aff. australis* con valores máximos en el sur (a excepción de primavera cuando su máximo se observó en el sitio centro). En el tercer puesto en abundancia se registró el bivalvo *Erodona mactroides* que presentó su máximo en verano en el norte y fue en descenso a lo largo del año.

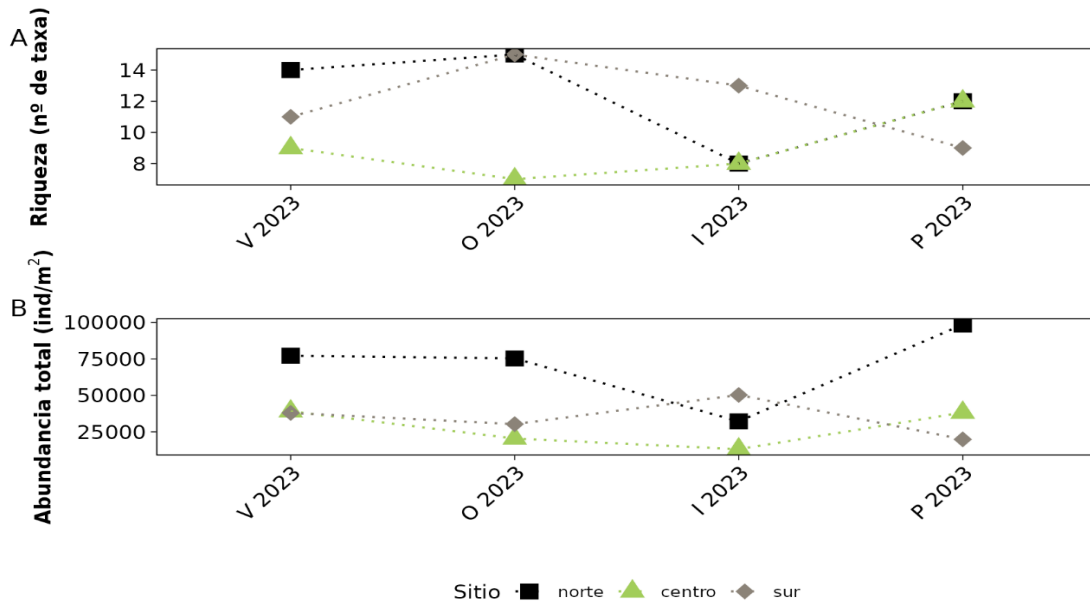


Figura 18. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna de Rocha en 2023.

Se registró ictioplancton en el norte (sitio solo muestreado en verano), centro y sur de la laguna en todas las estaciones del año (Figura 19). Las mayores abundancias se registraron en primavera en los sitios sur (194 ind.100m⁻³), y centro (121 ind.100m⁻³), seguidas en invierno por el sitio sur, el cual nuevamente presentó la mayor abundancia (53 ind.100m⁻³) (Figura 19). En todas las estaciones del año, si bien se registraron huevos y larvas, las larvas dominaron ampliamente.

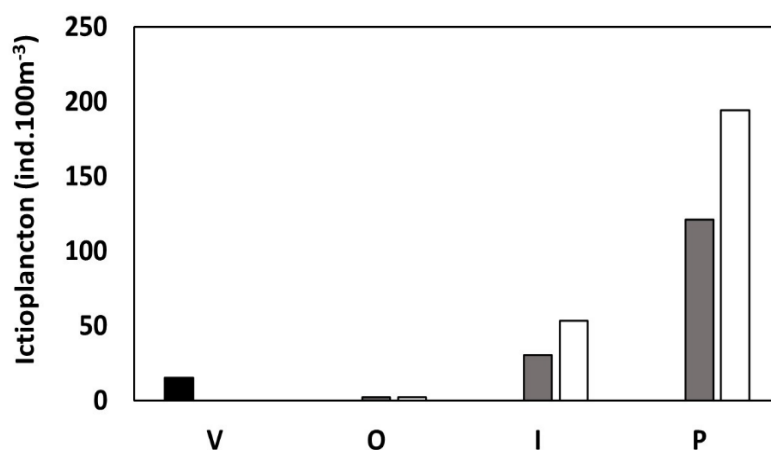


Figura 19. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100⁻³) de la Laguna de Rocha en 2023. Norte (negro), Centro (gris) y Sur (blanco). No se diferenciaron huevos y larvas.

La presencia de misidáceos en Laguna de Rocha se registró en otoño e invierno, y al igual que el ictioplancton, la abundancia registrada por el sitio sur fue mayor que en el centro (Figura 20). La mayor abundancia registrada en el sur fue de 305 ind.100m⁻³ en otoño. El sitio norte solo se monitoreó en verano y no se detectaron misidáceos.

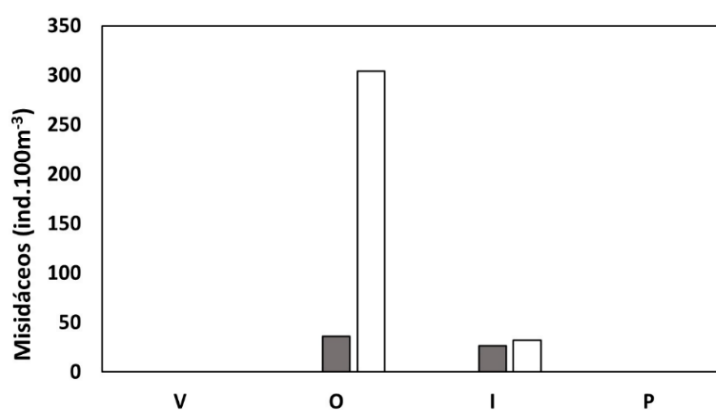


Figura 20. Variación espacial y estacional de Misidáceos (ind.100⁻³) de la Laguna de Rocha en 2023. Centro (gris) y Sur (blanco).

Invertebrados de importancia comercial: camarón (*Peneaus paulensis*)

En la laguna de Rocha no hubo zafra de camarón en otoño de 2023, lo cual se explica por la ausencia de conexión de la barra en la primavera 2022 (DINACEA *et al.* 2022) y el verano 2023.

3.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes (Tabla 17) presentaron valores bajos en los sitios de monitoreo a lo largo del año, los cuales estuvieron dentro de los límites admisibles de la normativa (Decreto 253/79). Se registraron valores mayores en el sitio sur en verano, otoño y primavera. No se registraron floraciones de cianobacterias durante todo el 2023.

Tabla 17. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha en 2023.

Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100)	Floraciones cianobacterias
Verano	R1, norte	<2	No
	R3, centro	<2	No
	R2, sur	6	No
Otoño	R1, norte	5	No
	R3, centro	5	No
	R2, sur	30	No
Invierno	R1, norte	14	No
	R3, centro	<2	No
	R2, sur	<2	No
Primavera	R1, norte	6	No
	R3, centro	2	No
	R2, sur	24	No

3.6 Tributarios: Calidad del agua

En los tributarios de la Laguna de Rocha la temperatura mínima (14.1°C) se registró en invierno en el arroyo la Palma y la máxima (26.7°C) en primavera, en el arroyo Tres Afluentes (Tabla 18). Este parámetro mostró durante el período en estudio una clara estacionalidad. El oxígeno disuelto presentó en general valores aceptables respecto al estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L, Decreto 253/79). El arroyo Las Conchas (sitio R8) fue el tributario que registró el valor mínimo (2.68 mgO₂/L) (Tabla 18), mientras que el arroyo La Palma (sitio R4) registró la concentración máxima, (7.5 mgO₂/L), ambos durante el verano.

El máximo de conductividad (8197 μ S/cm) se observó en el arroyo La Palma (sitio R7) en el verano. Este valor fue varios órdenes de magnitud superior al resto de los valores registrados (Tabla 18). En general, todos los tributarios registraron concentraciones máximas de conductividad en verano, lo cual puede estar asociado a agua salobre que se desplaza desde la laguna por efecto del viento. El valor mínimo de esta variable (90 μ S/cm) se registró en invierno en el arroyo Rocha (sitio R9). La turbidez presentó valores entre 7.6 y 74.6 UNT (Arroyo Las Tres Afluentes; sitio R11), cumpliendo en los tributarios con la normativa ambiental (≤ 50.0 UNT, Decreto 253/79), a excepción de los valores máximos observados en el arroyo La Palma en invierno (Tabla 18).

Tabla 18. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del 2023: Temperatura (T, °C), Conductividad, ($\mu\text{S/cm}$), pH, oxígeno disuelto (mgO_2/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A° La Palma, A° Las Conchas, A° Rocha y A° tres afluentes.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	T (°C)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH	OD (mgO_2/L)	Turbidez (UNT)
A° La Palma	2023	Verano	R4	23.6	496	7.5	5.31	25.5
			R7	25.3	8197	6.7	6.33	8.53
		Otoño	R4	17	373	6.9	3.18	11.8
			R7	18.3	4604	6.9	7.21	13
		Invierno	R4	14.1	123	6.6	6.8	55.8
			R7	14.2	92	6.7	7.5	61.7
		Primavera	R4	20.7	311.9	6.98	3.68	12
			R7	17.8	4377	6.8	4.4	10
A° Las Conchas	2023		Verano	24.8	712	7.2	2.68	15
			Otoño	17	1265	7.3	2.71	13.2
			Invierno	14.3	125	6.7	6.6	43.7
			Primavera	17.3	401	6.9	2.8	10
A° Rocha	2023	Verano	R9	22	138	7.2	7.03	13.9
			R10	24.7	249	7.1	2.74	16.3
		Otoño	R9	15.1	245	7.7	9.62	4.02
			R10	17.1	198	7.3	5.95	6.67
		Invierno	R9	14.4	90	7.2	7.8	66.1
			R10	14.5	95	6.9	7.3	71.6
		Primavera	R9	15.7	169	7.8	8.9	31
			R10	16.6	214	7.4	5.5	19
A° Tres Afluentes	2023	R11	Verano	26.7	788	7.9	5.66	12.5
			Otoño	17.5	357	7.9	6.14	6.36
			Invierno	15	90	6.8	3.68	74.6
			Primavera	17.9	598	8.1	7	7.6

El NT presentó valores entre $160 \mu\text{g N/L}$ (sitio R9) y $2830 \mu\text{g N/L}$ (sitio R8), los cuales se registraron en otoño y verano, respectivamente (Figura 21). En general, los valores registrados en los arroyos superan el valor objetivo de $500 \mu\text{g N/L}$ propuesto por la Mesa técnica del Agua (2017). El PT mostró un rango de concentración de entre $40 \mu\text{g P/L}$ (sitio R9) y $3460 \mu\text{g P/L}$ (sitio R8), el máximo se observó en verano en el arroyo Las Conchas (Figura 22). Todos los tributarios incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$, Decreto 253/79). Al igual que en años anteriores, los valores más altos de este nutriente se observaron en los arroyos La Palma y Las Conchas.

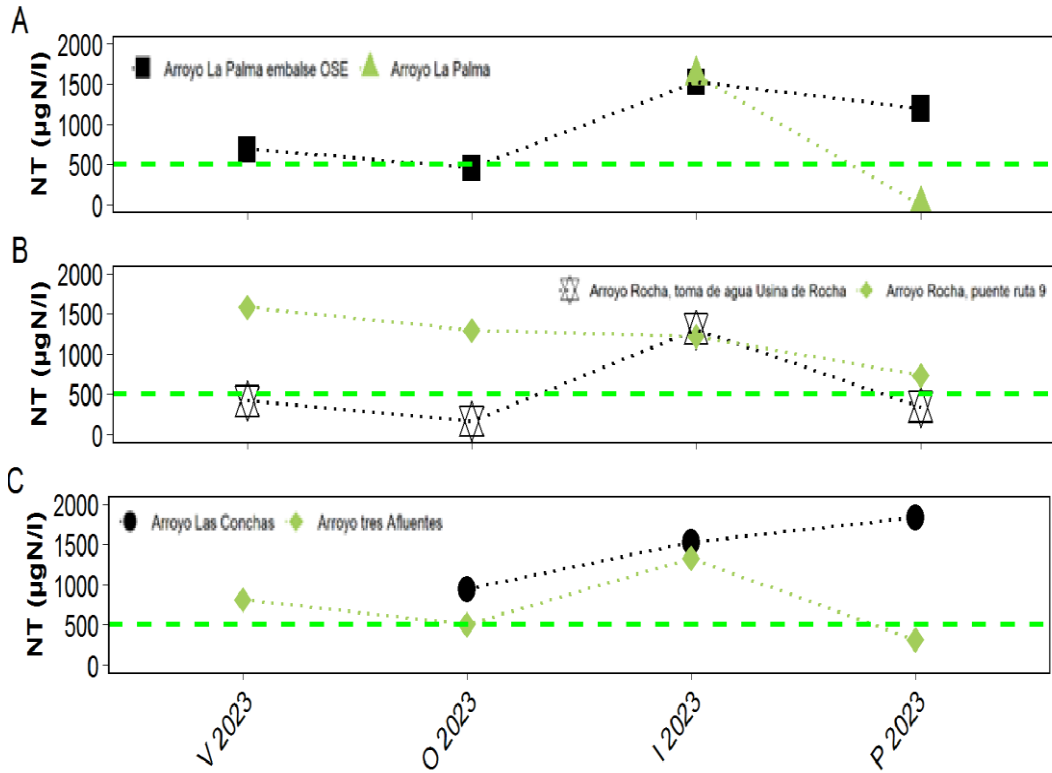


Figura 21. Variación espacial y estacional 2023 de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) Aº Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y Aº Las Conchas (estación R8 (círculo)). La línea verde indica el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017).

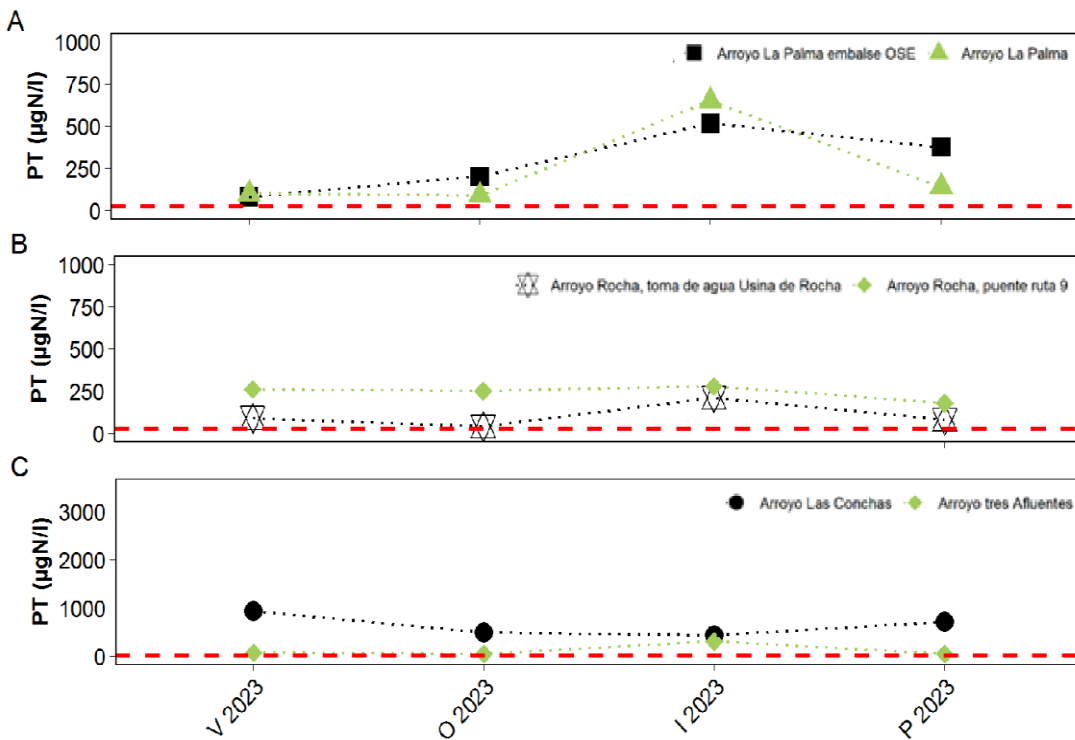


Figura 22. Variación espacial y estacional 2023 de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) Aº Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y Aº Las Conchas (estación R8 (círculo)). La línea roja indica el valor límite establecido por el Decreto 253/79.

La Clo-*a* fluctuó entre <0.5 µg/L (límite analítico) y 35.4 µg/L, registrándose el valor mínimo en el arroyo Rocha (sitio R9) en verano y el máximo en el embalse del arroyo La Palma (sitio R4) en otoño (Figura 23). Cabe resaltar, que al igual que en informes anteriores las concentraciones de nutrientes del arroyo Rocha (tanto nitrogenados como fosforados), fueron en general más elevadas en el punto de muestreo que se encuentra aguas debajo de la ciudad de Rocha (R10), en relación al que se encuentra aguas arriba de la misma (R9), evidenciando el efecto de la ciudad sobre la calidad del agua.

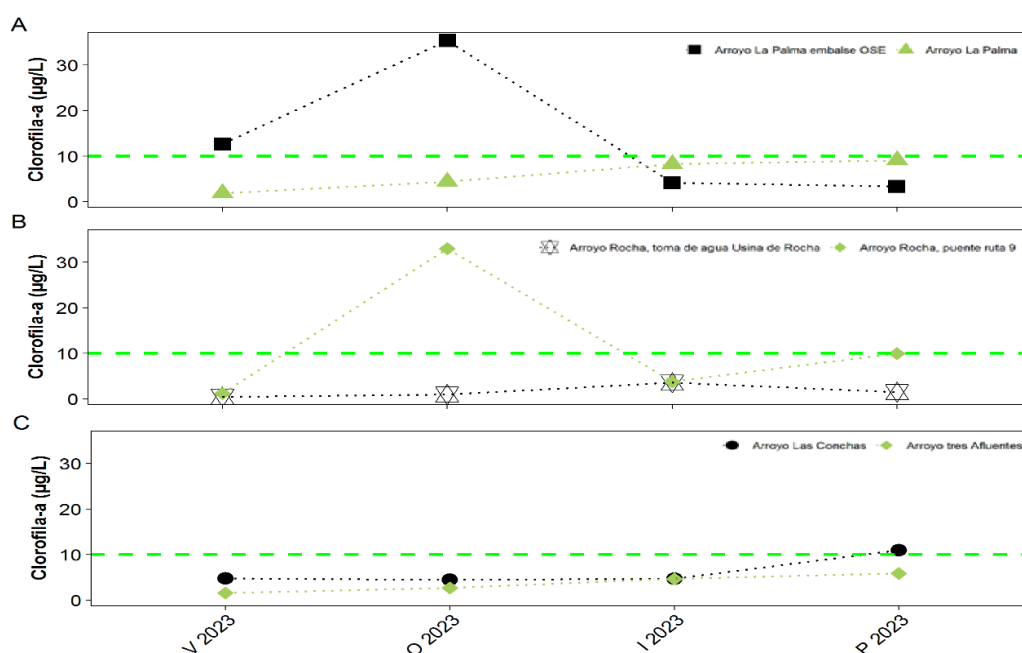


Figura 23 Variación espacial y estacional 2023 de la concentración Clorofila *a* en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (sitios: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (sitio: R9 (asterisco) y R10 (rombo); C) Aº Tres Afluentes (sitio R11 (rombo)) y Aº Las Conchas (sitio R8 (círculo)). La línea verde indica el valor guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017).

3.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes registraron concentraciones superiores al límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL), en todos los tributarios durante el 2023, observándose sobre todo en el invierno. El máximo registrado fue en el arroyo Rocha en verano (Tabla 18). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2023 en ninguno de los afluentes monitoreados (Tabla 19).

Tabla 19. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha en el 2023.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes Termotolerantes	Floraciones
A° La Palma	2023	Verano	R4	50	No
			R7	160	
		Otoño	R4	280	
			R7	300	
		Invierno	R4	11000	
			R7	11250	
		Primavera	R4	80	
			R7	90	
A° Las Conchas	2023	Verano		250	No
			Otoño	R8	
		Invierno		8750	
		Primavera		80	
A° Rocha	2023	Verano	R9	200	No
			R10	41000	
		Otoño	R9	130	
			R10	190	
		Invierno	R9	4250	
			R10	5250	
		Primavera	R9	2750	
			R10	3500	
A° Tres Afluentes	2023	Verano		2100	No
			Otoño	R11	
		Invierno		6000	
		Primavera		20	

3.8 Síntesis

La Laguna de Rocha estuvo durante el 2023 conectada con el mar por un período reducido de tiempo (20 % del año), el cual estuvo por debajo de los valores medios registrados para esta laguna en el período 1991-1999 (43%, Santana y Fabiano, 1999). Esto podría, al igual que para el resto de las lagunas, al menos en parte ser explicado por la reducida precipitación registrada en este período, asociada al efecto del fenómeno Niña (NOAA, 2024) que habitualmente se traduce en períodos secos para esta región.

Esta reducción en el tiempo de conexión se vio reflejada en la conductividad promedio observada en el año, que estuvo por debajo de la media registrada en el período 2015-2020 (21.6 ± 11 ; DINACEA *et al.*, 2021). Aunado a esto los indicadores de calidad del agua durante el 2023 presentaron valores superiores a los registrados en el período 2015-2020 (DINACEA *et al.*, 2021). Los nutrientes, tanto el NT como el PT estuvieron por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). Según la concentración de Clo-*a* en agua durante el 2023, la Laguna de Rocha se clasificó en estado mesotrófico bajo los criterios de la OCDE (1982) y según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider *et al.* (1998), considerando las concentraciones de nutrientes totales (NT, PT), la laguna se clasificó como altamente productiva, en estado eutrófico.

Los indicadores del sedimento (PTsed, NTsed y MOsed) presentaron valores dentro del rango normal para el sistema (DINACEA *et al.*, 2021), con registro de los valores máximos en el sitio centro. Al igual que en estudios anteriores se registraron valores cuantificables de metales (As, Cu, Cr, Pb y Hg), sin embargo, todos estuvieron por debajo del estándar de la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG)).

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados, solo se registró un valor cuantificable de glifosato muy cercano a los límites analíticos, en verano en el sitio norte del sistema. Debido a la ausencia de normativa nacional o internacional que defina límites admisibles, no es posible evaluar el impacto de este parámetro en la matriz sedimento.

La comunidad de fitoplancton estuvo dominada por diatomeas, registrándose una elevada abundancia en verano debido a una diatomea marina. Además, se registraron otros dos picos de abundancia, uno en otoño debido a la cianobacteria no tóxica *Merismopedia sp* y otro en invierno debido a un aumento en la abundancia del dinoflagelado estuarino *Prorocentrum cordatum*, clásico de estas lagunas. En primavera se registraron las cianobacterias *Dolichospermum sp* y *Nodularia spumigena*, ambas potencialmente tóxicas, coincidiendo con bajos niveles de conductividad. La comunidad bentónica presentó una fauna típicamente estuarina, las especies más abundantes fueron *Cyprideis sp*, *Heleobias aff australis* y *Erodona mactroides*. En general el sitio norte presentó mayor riqueza y abundancia, excepto en invierno.

El ictioplancton estuvo presente con huevos y larvas todo el año, registrando su mayor abundancia en primavera en el sitio sur. En todas las estaciones del año predominaron las larvas respecto a los huevos. El grupo misidáceos estuvo presente en otoño e invierno, con mayor abundancia en el sitio sur. En relación a los invertebrados de interés comercial en esta laguna, debido a la condición de barra cerrada en la primavera 2022, no hubo ingreso de post-larvas de camarón (*Penaeus paulensis*) y por consiguiente no se registró zafra.

Los tributarios, en general, presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental en relación a las variables físicas y químicas. Se registraron incumplimientos en las concentraciones de PT (Decreto 253/79) y valores de NT, Clo-*a* y OD respecto a los estándares ambientales establecidos en el Decreto 253/79 y a los valores guía de la Mesa Técnica del Agua (2017). Los mayores valores se registraron siempre en los arroyos La Palma y Las Conchas, los cuales como se ha señalado en informes anteriores, son los tributarios más comprometidos de la cuenca de la Laguna de Rocha en relación a estas variables.

Los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron en general buenas condiciones. Las concentraciones de los coliformes termotolerantes determinadas en la laguna en general cumplieron con la normativa ambiental (decreto 253/79), mientras que en los tributarios en varios momentos del 2023 se registraron valores superiores a la normativa, sobre todo en invierno. Por otro lado, no se registraron floraciones de cianobacterias durante el 2023 en el sistema.

4 Laguna de Castillos

La Laguna de Castillos (34°19' S - 53°55' W) se ubica en el departamento de Rocha y mantiene una conexión intermitente con el océano Atlántico a través del arroyo Valizas. Los principales tributarios de la laguna son los arroyos Castillos, Chafalote, Sarandí del Consejo, Valizas¹ y la Cañada de los Olivera. En la tabla 20 se describen las principales características de la cuenca y en la figura 24 se muestran los sitios de monitoreo.

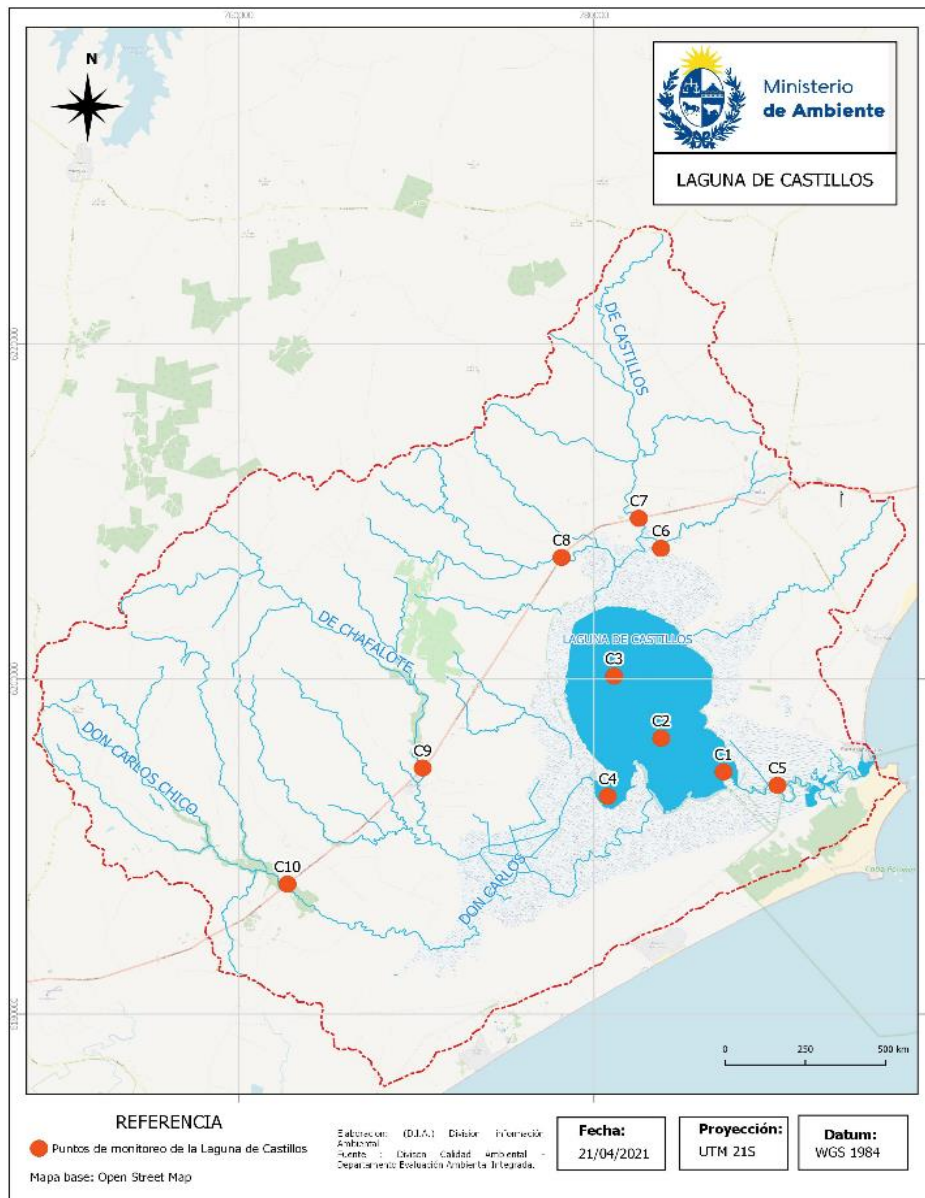


Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos.

¹ El arroyo Valizas es un canal de marea y por lo cual a veces opera como tributario y a veces no (el agua es bidireccional).

Tabla 20. Principales características de las cuencas de la Laguna de Castillos (modificado de Rodríguez-Gallego et al. 2017).

Ubicación (Coordenadas)	34°19' S, 53°55' W
Área de la laguna (ha)	7900
Área de la cuenca (ha)	136665
Profundidad media (m)	1
Principales tributarios	Aº Castillos, Aº de Chafalote, Aº de las Piedritas, Aº Sarandí del Consejo, Cda. de los Olivera, Aº Valizas
Distancia a la costa (km)	0.1
Conexión con el océano	Alta periodicidad (sin datos de la duración)
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales periódicas
Asentamientos humanos	Ciudad de Castillos, Pueblo 19 de Abril, Poblados de Valizas, Cabo Polonio y Aguas Dulces
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesca artesanal, turismo, actividad industrial escasa
Áreas de conservación	Sitio Ramsar, Reserva de Biosfera Bañados del Este por UNESCO, ingresó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas en 2020, Sitio de importancia para las aves (IBA UY020)
Puntos de monitoreo	

4.1 Condición de la barra arenosa

La laguna de Castillos únicamente estuvo conectada con el mar a inicio y fines del año (Figura 25). La barra se cerró en torno al 25 de enero y se entreabrió naturalmente durante el temporal del 18 y 19 de febrero. Posteriormente se observaron intrusiones marinas, pero sin apertura de la barra, la cual se mantuvo cerrada hasta noviembre, cuando se realizó una intervención artificial (6 de noviembre de 2023). El patrón de conexión de esta laguna con el mar durante el 2023 fue inusualmente bajo (30 % del año), no existiendo en el período 2008-2023 un evento de aislamiento tan prolongado de la laguna con el mar (ver Anexo 6.2).

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Figura 25. Estado de la barra del Aº Valizas en el año 2023 (gris =barra cerrada, blanco= barra abierta).

4.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 21). La temperatura mostró un patrón estacional y en general el sitio norte presentó las temperaturas más bajas, aumentando hacia el arroyo Valizas (sitio C5). El valor mínimo fue de 10.4 °C en el Bolsón del Chafalote en invierno y el máximo fue de 28.2 °C en el arroyo Valizas en verano. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron con el estándar de la normativa nacional (≥ 5.0 mg/L, Decreto 253/79), oscilando entre 6.18 y 9.82 mg/L. El pH mostró valores levemente básicos, siendo máximo en verano y mínimo en invierno y primavera; superando en algunos casos los niveles establecidos por la normativa nacional (pH 6.5 - 8.5, Decreto 253/79). La turbidez fue variable, en general los sitios norte, centro y sur presentaron los mayores valores, que en algunos casos estuvieron por encima del máximo establecido por la normativa (≤ 50 UNT), y el sitio con los menores valores fue el Bolsón del Chafalote (sitio C4).

Tabla 21. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD, mg/L) y turbidez (NTU) de la Laguna de Castillos.

Fecha	Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	
2023	Verano	C3, norte	6.82	8.28	26.7	50.6
		C2, centro	6.77	8.42	27.2	51.2
		C1, sur	7.38	8.72	27.7	11.5
		C4, Chafalote	6.86	8.76	27.1	1.4
		C5, Valizas	6.18	8.43	28.2	21
	Otoño	C3, norte	8.48	8.10	16.2	36.8
		C2, centro	8.33	8.34	16.9	45.1
		C1, sur	8.55	8.52	16.7	38.7
		C4, Chafalote	8.16	8.50	16.8	8.3
		C5, Valizas	8.55	8.45	18.0	19.9
	Invierno	C3, norte	8.92	7.22	10.6	65.2
		C2, centro	9.82	8.13	10.9	37.2
		C1, sur	9.83	8.20	11.2	47.1
		C4, Chafalote	9.34	7.93	10.4	0.0
		C5, Valizas	8.70	8.40	13.4	0.0
	Primavera	C3, norte	9.07	7.37	19.3	37.6
		C2, centro	8.17	8.04	20.3	29.8
		C1, sur	7.89	8.19	21.4	19.7
		C4, Chafalote	7.50	7.73	20.2	20.7
		C5, Valizas	8.39	8.37	22.3	26.0

La conductividad presentó valores dentro del rango normal para este sistema, con máximos en verano y en descenso hacia la primavera en todos los sitios (Figura 26A). El máximo se registró en el arroyo Valizas (54.0 mS/cm) que en general fue el sitio que mostró mayor conductividad durante todo el año, mientras que el mínimo se registró en el Bolsón del Chafalote (4.33mS/cm). Los nutrientes totales y la Clo-*a*

presentaron un patrón similar entre ellos, con un aumento en otoño en todos los sitios. Posteriormente los sitios norte, centro y sur registraron un descenso de estas variables en primavera, a la vez que el Bolsón del Chafalote y el arroyo Valizas presentaron un aumento en dicho muestreo (Figura 26B, C y D).

Tanto el PT como el NT estuvieron casi siempre por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (MTA 2017). La Clo-a superó el valor guía (10 µg/L, MTA 2017) en el arroyo Valizas en tres de los muestreos, en el norte en invierno y en el Bolsón del Chafalote en primavera.

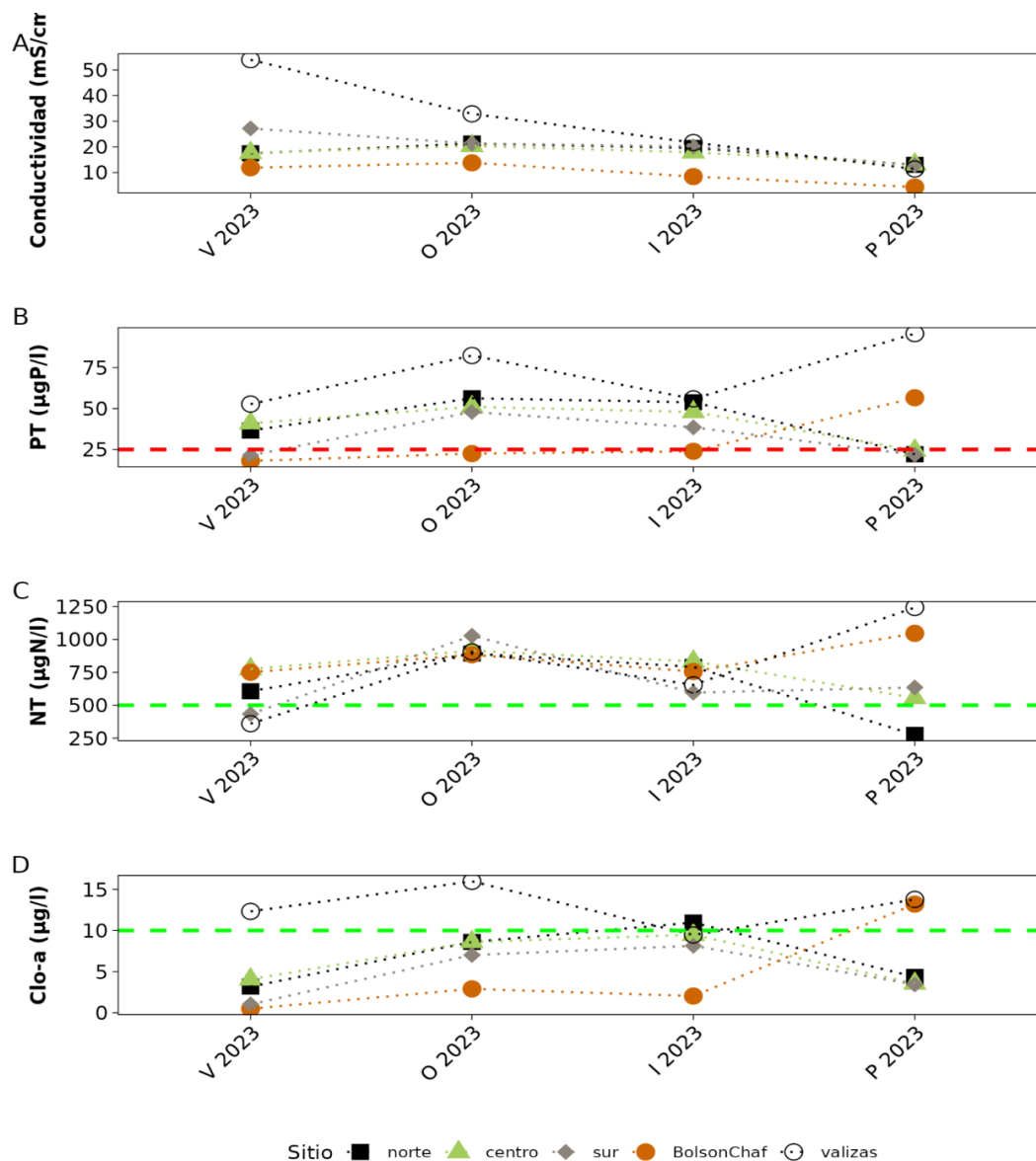


Figura 26. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila α (Clo-a) (D) de la Laguna de Castillos. Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 953/77 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

4.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables del sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 22). Las concentraciones máximas de PT en sedimento se registraron en los sitios norte y centro de la laguna, así como en el Aº Valizas, en general asociados a sitios con mayor concentración de materia orgánica. Las concentraciones mínimas de PT del sedimento se observaron en el sitio sur. Por su parte los máximos de NT del sedimento se registraron en invierno y primavera en el Chafalote, mientras que los mínimos en verano, otoño y primavera en el norte, así como otoño, invierno y primavera en el sitio sur.

Tabla 22. Variables de sedimento en Laguna de Castillos 2023: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS) y metales (Pb, As, Cu, Cr, mg/kg; Hg, µg/kg). Se muestran únicamente los parámetros que presentaron al menos un valor cuantificable en el período de estudio. (CCME*) estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses.

Fecha	Sitio de monitoreo	PT (µg/gPS)	NT (µg/gPS)	MO (mg/gPS)	As (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (µg/kg)	Pb (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)
Verano	C3, norte	150.8	<LD	37.7	3,2	11	10	<LC	7,8
	C2, centro	86.9	50.6	25.6	3,8	18	7,6	12	13
	C1, sur	86.2	123.6	22.8	<2,0	3,7	5,1	<LD	2,1
	C4, Chafalote	78.1	128.9	18.2	3,1	14	7,3	7,8	9,7
	C5, Valizas	96.5	<LD	30.8					
Otoño	C3, norte	136.2	68.4	31.7					
	C2, centro	76.3	<LD	8.2					
	C1, sur	89	79.5	18.5					
	C5, Valizas	117.2	100.652 79	28.3					
2021	Invierno	C3, norte	140.1	158.989 12	28.7				
		C2, centro	74.8	<LD	7.6				
		C1, sur	130.6	180.382 19	35.6				
		C5, Valizas	169.6	<LD	23	2,3	15	8,0	12
	Primavera	C3, norte	163.6	160.3	24.8	2,2	18	8,6	12
	C2, centro	73.1	<LD	9.5	<1,5	4,0	5,7	<LD	<LC
	C1, sur	166.3	198.7	27.7	1,9	14	5,9	11	10
	C4, Chafalote	150.8	<LD	37.7	3,2	11	10	<LC	7,8
	C5, Valizas	86.9	50.6	25.6	3,8	18	7,6	12	13
Límite de detección:		5	50			1	0.3	2	0.4
Límite de cuantificación:		10	100			3	1.0	7	2

De los metales analizados se registraron valores cuantificables de As, Cr, Hg, Pb y Cu (Tabla 21), las concentraciones observadas en todos los casos por debajo de los estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses (Canadian Environmental Quality Guidelines 1999). Respecto a los compuestos fitosanitarios y otros compuestos analizados, no se registraron valores cuantificables.

4.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 35 taxa, de los cuales 19 corresponden a diatomeas, 7 a cianobacterias, 3 a dinoflagelados, 3 a zygnetataceae y 3 a algas verdes. Se registró un pico de abundancia en otoño en los sitios centro, norte y sur de la laguna, principalmente en el centro debido a una floración de diatomeas de la especie marina *Pseudosolenia calcar-avis* (Figura 27A y 27C). Adicionalmente se observaron 2 picos en la abundancia de dinoflagelados en arroyo Valizas en otoño y en primavera, generados por la especie *Prorocentrum cordatum* un dinoflagelado marino-estuarino que suele producir floraciones en las lagunas costeras (Figura 27D). Las diatomeas fueron el grupo dominante en todos los sitios durante todo el período, siendo las especies más abundantes *Coscinodiscopsis jonesianus* y *Podosira stelligera*, exceptuando la floración de *P. calcar-avis*. En el arroyo Valizas además se registró alta abundancia de la diatomea marina *Dactyliosolen fragilissimus*. Se registró un leve aumento de cianobacterias en invierno principalmente en el centro y en el Aº Valizas pero en muy baja abundancia (Figura 27C).

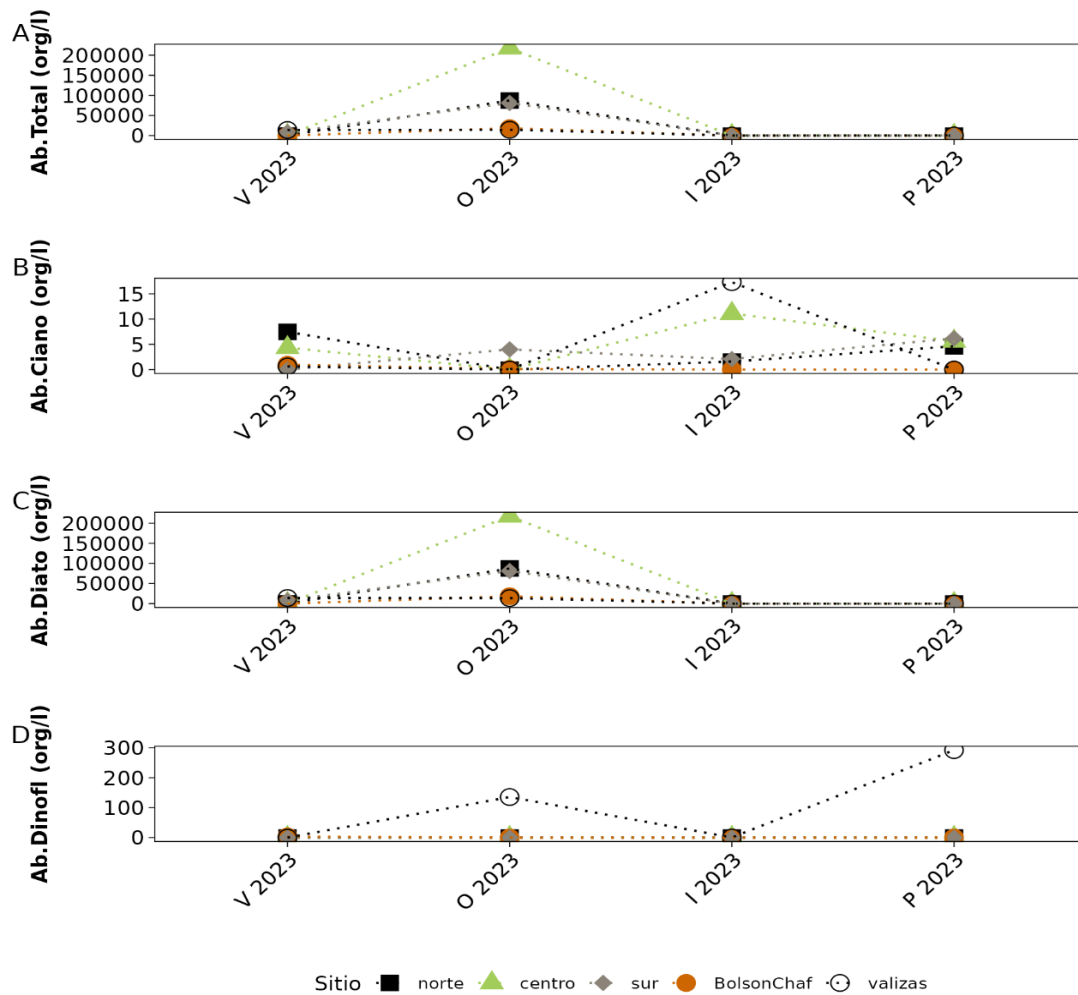


Figura 27. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas (C) y Abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna de Castillos.

En cuanto al bentos, la mayor riqueza se registró en el Bolsón del Chafalote y en el sitio sur (Figura 28A) en todos los muestreos del año. La abundancia presentó un patrón variable y los máximos se registraron en los sitios arroyo Valizas y sur. Las especies más abundantes fueron el gasterópodo *Heleobia aff. australis* con valores máximos en los sitios sur y centro de la laguna, el ostrácodo *Cyprideis sp.* con valores máximos en el sitio sur, los poliquetos *Heteromastus cf. similis* y *Polydora cornuta* en el arroyo Valizas en invierno y primavera. Por su parte, el bivalvo *Erodona mactroides* presentó la abundancia máxima en el sitio norte en invierno y primavera.

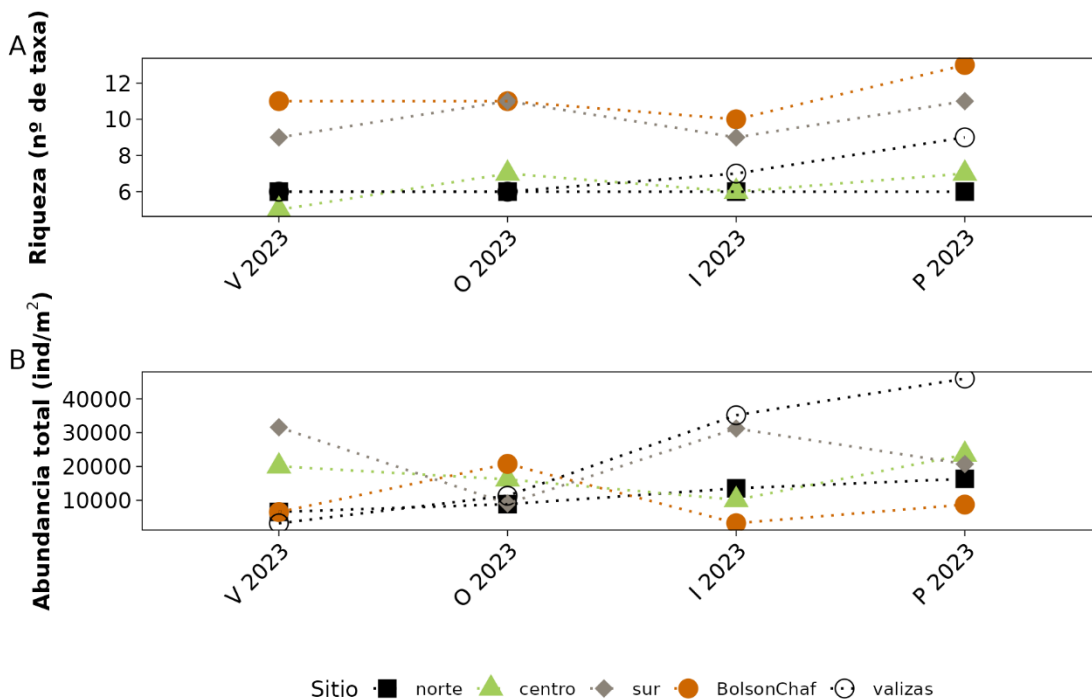


Figura 28. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna de Castillos en 2023.

El ictioplancton se registró en todos los muestreos del año, aunque no en todos los sitios. Las mayores abundancias se dieron en verano, en el norte ($510 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$) y centro ($387 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$), seguido del otoño donde se registró una abundancia de $241 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$ en el centro. En todos los casos la abundancia de huevos dominó frente a las larvas (Figura 29).

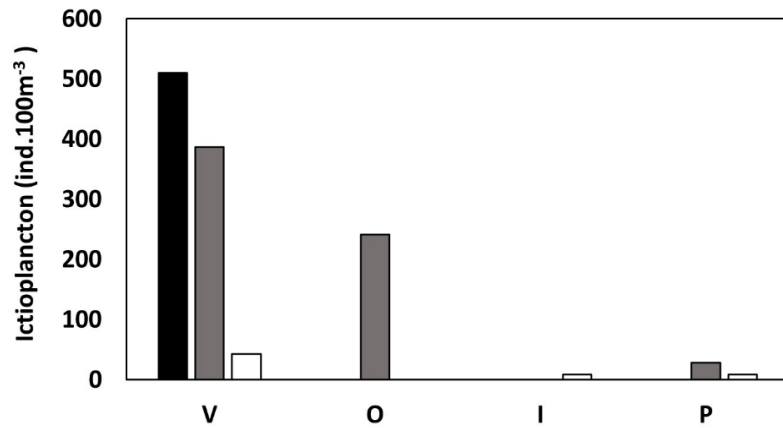


Figura 29. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100m⁻³) de la Laguna de Castillos en 2023. norte (negro), centro (gris) y sur (blanco). No se diferencia huevos y larvas.

En cuanto al grupo de misidáceos, también fue registrado en todas las estaciones del año pero no en todos los sitios. Las abundancias fueron mayormente menores a 60 ind.100m⁻³. La mayor abundancia registrada en todo el año ocurrió en el invierno en el sur (715 ind.100m⁻³), y en segundo lugar en primavera en el centro (327 ind.100m⁻³) (Figura 30).

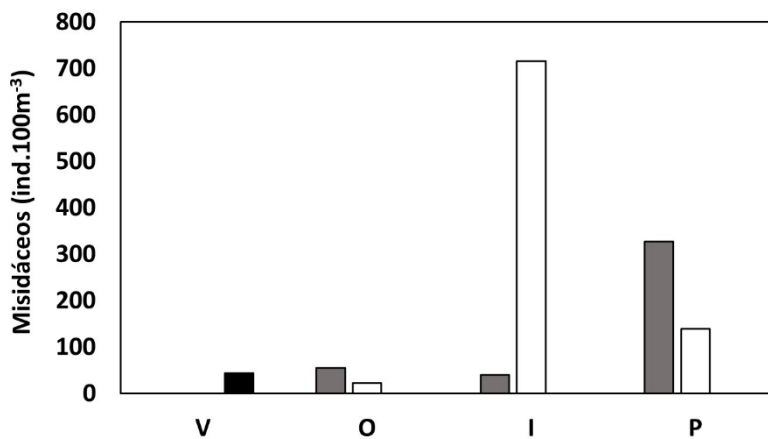


Figura 30. Variación espacial y estacional del Misidáceos (ind.100-3) de la Laguna de Castillos. norte (negro), centro (gris) y sur (blanco).

Invertebrados de importancia comercial: camarón (*Peneaus paulensis*)

El rango de tallas y pesos de los ejemplares capturados en la laguna de Castillos en el año 2023 estuvo comprendido entre 16,3 y 52,4 mm (media: 34,4 mm) y 1,4 y 26,2 g (media: 7,6 g) respectivamente. El factor de condición estimado para el año 2023 fue de 92,4 (Tabla 23).

Tabla 23. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax (LCT, mm) y peso total (Pt, g); y factor de condición promedio (\overline{W}_{rm}) para camarón (*Peneaus paulensis*) de laguna de Castillos en el año 2023. Tamaño de muestra (n), otoño (O), verano (V) y desvío estándar (DE).

Año	Estación	n	Rango LCT (mm)	Media \pm DE	Rango Pt (g)	Media \pm DE	$\overline{W}_{rm} \pm$ DE
2023	V-O	2148	16,3-52,4	34,4 \pm 5,7	1,4-26,2	7,6 \pm 3,7	92,4 \pm 10,5

En 2023 se detectó nuevamente aunque con baja prevalencia la presencia de alteraciones en el patrón pigmentario y la condición de las masas musculares, atribuibles a microsporidiosis (DINARA, 2024). Asimismo, se registró en esta laguna un evento masivo de mortandad de camarones (febrero 2023) luego del cierre de la barra, de características no registradas anteriormente. La acumulación de ejemplares vivos activos y agónicos y la mortandad y varamiento en algunos sitios de concentración (ej. Barra de Valizas), son atribuibles a variaciones espaciales y temporales de los ejemplares por la disminución del espejo de agua y alteración de los parámetros físicoquímicos en los subsistemas (cuerpo lagunar y arroyo Valizas) (Dinara, 2023 Informe interno) durante el verano en un escenario de sequía.

4.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes fecales presentaron los valores más bajos en verano en todos los sitios (Tabla 24) y los máximos se registraron en el Aº Valizas. Los valores fueron en general bajos estando dentro de los rangos aceptables para aguas de recreación según la normativa (Decreto 253/79). No se registraron floraciones de cianobacterias en todo el año.

Tabla 24. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos.

Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias
Verano	LC3, norte	<2	No
	LC2, centro	<2	No
	LC1, sur	2	No
	LC4, Bolsón	<2	No
	LC5, Valizas	4	No
Otoño	LC3, norte	<2	No
	LC2, centro	2	No
	LC1, sur	2	No
	LC4, Bolsón	5	No
	LC5, Valizas	40	No
2023 Invierno	LC3, norte	10	No
	LC2, centro	4	No
	LC1, sur	<4	No
	LC4, Bolsón	<4	No
	LC5, Valizas	36	No
Primavera	LC3, norte	2	No
	LC2, centro	<2	No
	LC1, sur	<2	No
	LC4, Bolsón	<2	No
	LC5, Valizas	26	No

Metales pesados

En relación a las muestras ensayadas en músculo de camarón en 2023 para los metales mercurio, cadmio y plomo no se registraron valores detectables.

Las muestras de musculo de cangrejo Sirí analizadas (Tabla 25) registraron valores detectables de Cd (0.041 ± 0.006 mg/kg) y de cuantificables de Hg (≤ 0.052 mg/kg), mientras que no se detectó Pb. Los resultados obtenidos están por debajo de los límites máximos permitidos nacionales (Reglamento GMC12/11 MERCOSUR) e internacionales (Reglamento UE 2023/915) para productos pesqueros para consumo humano: 0,05mg/kg para Cd, 0.30 mg/kg para Pb y 0.50 mg/kg para Hg.

Tabla 25. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de camarón (*Penaeus paulensis*) y cangrejo Sirí (*Callinectes sapidus*) capturados por la pesca artesanal en la laguna de Castillos en 2023. Límites de detección: Hg = 0,015mg/kg; Cd =0,0049mg/kg, Pb =0,046mg/kg. ND = no detectable

Especie	Hg (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Pb (mg/kg)		
	n	Rango	Media ± DE	n	Rango	Media ± DE	n	Rango	Media ± DE
Camarón	50	-	ND	50	-	ND	50	-	ND
Sirí	9	-	≤ 0.052	9	-	$0,041 \pm 0,006$	9	-	ND

4.6 Tributarios: Calidad del agua

La temperatura de los tributarios mostró una marcada estacionalidad durante el 2023, registrando el mínimo en invierno (11.7°C) en el arroyo Chafalote y el máximo (23.4°C) en el arroyo Sarandí del Consejo en verano (Tabla 26). 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 marginal de 6.4, en invierno en el arroyo Castillos (Tabla 26). La concentración de oxígeno disuelto en los tributarios en general cumplió con el estándar de la normativa nacional (≥ 5 mg/L), registrándose incumplimientos en primavera en el arroyo Chafalote (2.4 mgO₂/L), en invierno en el arroyo Castillos y otoño e invierno en la cañada de los Olivera (tabla 26).

Tabla 26. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, en el 2023: Temperatura (T, °C), Conductividad, (μ S/cm), pH, oxígeno disuelto (mgO₂/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna de Castillos Cda Los Olivera, A° Castillos, A° Sarandí del Consejo, A° Chafalote y A° Dona Carlos.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	T (°C)	Conductividad (μ S/cm)	pH	OD (mgO ₂ /L)	Turbidez (UNT)
Cda. Los Olivera	2023	Verano	LC6	23	1468	7.5	1.84	130
		Otoño		12.6	606	7.4	3.6	9.8
		Invierno		14.7	441	7.1	4.7	14
		Primavera		18.4	186	7.4	7.8	47
A° Castillos	2023	Verano	LC7	23	652	7.7	4.18	51.2
		Otoño		12.7	118	6.4	3.2	14
		Invierno		18.5	143	7.2	8.3	38
		Primavera		23.4	289	7.2	1.73	28.5
A° Sarandí del Consejo	2023	Verano	LC8	12.6	210	7.2	6.7	28.6
		Otoño		13.3	153	6.9	7.4	23
		Invierno		19.3	123	6.5	3.1	28
		Primavera		22.3	252	7.6	6.18	23.7
A° Chafalote	2023	Verano	LC9	11.7	123	7.7	9.15	18
		Otoño		13.3	111	7.7	9.5	24
		Invierno		20.1	131	6.5	2.4	19
		Primavera		21.7	145	7.6	6.95	34.6
A° Don Carlos	2023	Verano	LC10	13.9	270	8	9.67	39.5
		Otoño		14.5	258	7.7	9.7	28
		Invierno		19.4	322	6.9	4.1	22
		Primavera						

La conductividad fue similar en casi todos los tributarios, salvo en la Cañada de Los Olivera donde en general se registraron los mayores valores. El máximo (1468 μ S/cm) se registró en verano en la cañada Los Olivera, y el mínimo (111 μ S/cm) se observó en verano en el arroyo Chafalote (Tabla 26). La turbidez presentó valores entre 14 UNT y 130 UNT en el arroyo Sarandí y en la cañada de los Olivera, respectivamente. A excepción del máximo, todos los tributarios presentaron valores por debajo del estándar máximo admitido por la normativa nacional (≤ 50 UNT) (Tabla 26).

El nitrógeno total (NT) presentó un rango de concentración de entre 390 $\mu\text{g N/L}$ y de 5.680 $\mu\text{g N/L}$. El mínimo se registró en el arroyo Sarandí, mientras que el máximo se registró en verano, en la cañada Los Olivera. Si bien, todos los tributarios presentaron valores superiores al valor objetivo de 500 $\mu\text{g N/L}$ propuesto por la Mesa técnica del Agua (2017), al igual que en años anteriores todos los valores registrados en la Cañada de Los Olivera superaron dicho valor, seguido por el arroyo Castillos (Figura 31A).

El PT mostró un rango de concentración de entre 70 $\mu\text{g P/L}$ y 2290 $\mu\text{g P/L}$ (Figura 31B), el máximo se registró en el verano en la cañada Los Olivera y el mínimo en otoño e invierno en los arroyos Chafalote y Sarandí del consejo. Todos los tributarios en todos los muestreos incumplieron con el estándar del decreto vigente ($\leq 25 \mu\text{g P/L}$) (Figura 31B).

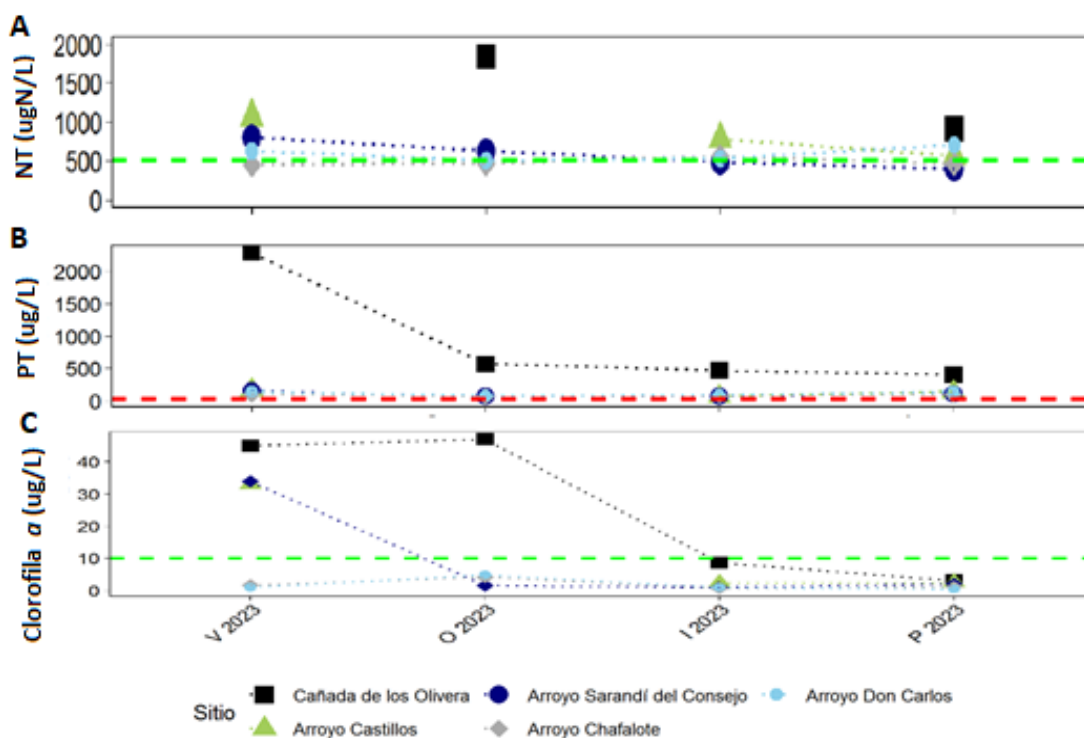


Figura 31. Variación espacial y estacional de Nitrógeno Total (A), Fósforo Total (B) y Clorofila a (C) de los principales tributarios de la cuenca de Laguna de Castillos. Estaciones: cañada Los Olivera (estación LC6 (cuadrado negro)), arroyo Castillos (estación: LC7 (triángulo verde)), Arroyo Sarandí del Consejo (estación: LC8 (círculo azul)), arroyo Chafalote (estación: LC9 (rombo gris)) y arroyo Don Carlos (estación: LC10 (círculo celeste)). La línea roja entrecortada indica el límite establecido para el fósforo total según el Decreto 253/79. La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua ($\leq 500 \mu\text{g/L}$).

4.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes fecales en general presentaron valores aceptables para aguas de recreación según la normativa (Decreto 253/79), a excepción del máximo registrado en verano en la Cañada de los Olivera (15700 UFC/100ml) (Tabla 27). No se registraron floraciones de cianobacterias en todo el año.

Tabla 27. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos en el 2023

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones de cianobacterias
A° Valizas	2023	Verano	LC5	4	No
		Otoño		40	No
		Invierno		36	No
		Primavera		26	No
Cda. Los Olivera	2023	Verano	LC6	15700	No
		Otoño		120	No
		Invierno		50	No
		Primavera		90	No
A° Castillos	2023	Verano	LC7	760	No
		Otoño			No
		Invierno		10	No
		Primavera		20	No
A° Sarandí del Consejo	2023	Verano	LC8	180	No
		Otoño		50	No
		Invierno		70	No
		Primavera		180	No
A° Chafalote	2023	Verano	LC9	240	No
		Otoño		290	No
		Invierno		150	No
		Primavera		750	No
A° Don Carlos	2023	Verano	LC10	1010	No
		Otoño		1280	No
		Invierno		690	No
		Primavera		670	No

4.8 Síntesis

La Laguna de Castillos durante el 2023 presentó una conectividad con el mar de 43% del año, algo menor al tiempo descrito para el período 1991-1999 (57%; Santana y Fabiano, 1999), lo cual podría explicarse por un período de escasas precipitaciones en la cuenca, determinado por un evento “Niña”. A pesar de ello la conductividad promedio resultó mayor a la registrada en el período 2015-2020 (19 ± 10.5 vs. 9.8 ± 13.4 mS/cm; DINACEA *et al.*, 2021). Los indicadores de calidad del agua en general mostraron un gradiente descendente norte – sur, que estuvieron dentro del rango registrado en períodos previos (DINACEA *et al.*, 2021). Cabe destacar que los nutrientes, tanto el NT como el PT estuvieron por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017) en la mayoría de los sitios y muestreos. Según la concentración de Clo-*a* en agua, la Laguna de Castillos se clasificó en

estado oligotrófico bajo los criterios de la OCDE (1982); y según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider *et al.* (1998), considerando las concentraciones de NT y PT, se clasificó altamente productiva, en estado eutrófico.

Las variables del sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (DINACEA *et al.*, 2021), siendo relativamente homogéneas entre sitios y estaciones del año. Al igual que en estudios anteriores se registraron valores cuantificables de metales (As, Cr, Cu, Pb y Hg), los cuales estuvieron todos por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG)).

Las diatomeas fueron el grupo dominante de la comunidad fitoplanctónica. Se registró un pico de abundancia en otoño debido a una floración de la diatomea marina de la especie *Pseudosolenia calcaravis*. Adicionalmente se observaron dos picos de abundancia de dinoflagelados en Aº Valizas en otoño y en primavera generados por la especie *Prorocentrum cordatum*, un dinoflagelado marino estuarino que suele producir floraciones en las lagunas costeras. Se registró también cianobacterias en invierno principalmente en el centro y en el Aº Valizas pero en muy baja abundancia. El bentos, estuvo compuesto por una comunidad típicamente estuarina, la mayor riqueza se registró en el Bolsón del Chafalote y en el sitio sur. La abundancia presentó un patrón variable y los máximos se registraron en los sitios Aº Valizas y sur. Las especies más abundantes fueron el gasterópodo *Heleobia aff. australis*, el ostrácodo *Cyprideis sp.*, los poliquetos *Heteromastus cf. similis* y *Polydora cornuta*. Por su parte, el bivalvo *Erodona mactroides* presentó la abundancia máxima en el sitio norte.

El ictioplancton se registró en todos los muestreos del año, siendo de mayor abundancia en verano y otoño, y en los sitios norte y centro. En general predominaron los huevos respecto a las larvas. En cuanto a los misidáceos, fueron registrados todo el año, registrando la mayor abundancia en invierno y primavera.

En relación a los invertebrados de importancia comercial, la presencia de camarón (*P. paulensis*) exclusivamente en esta laguna se explica por la condición de barra abierta durante la primavera de 2022 y principios de verano de 2023. Posteriormente, la barra arenosa permaneció cerrada desde mediados de enero hasta noviembre de 2023 donde fue intervenida de forma mecánica. Esta condición de barra cerrada generó un escenario propicio en febrero de 2023 para una zafra de camarón de 167 ton, en donde se registró una alta concentración de individuos en el tramo terminal del arroyo Valizas próximo a la barra arenosa, seguido de un evento de mortandad de camarones.

En relación al valor del factor de condición estimado para *P. paulensis* en el año 2023 (92,4 %) indica que el peso promedio de los individuos considerados estuvo por debajo del peso promedio estimado para la especie en las cuatro lagunas costeras, al igual que lo ocurrido en años previos (DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE 2021; 2022). La dispersión en las tallas observada es frecuente en este ecosistema, donde se observaron ejemplares de tallas pequeñas y tallas mayores, y se relaciona a las diferentes fechas de ingreso de los estadios postlarvarios. El factor de condición, así como ocurre con la tasa de crecimiento,

está influido por fenómenos de densidad (disminución de áreas de cría por la sequía), los parámetros fisicoquímicos y la disponibilidad de alimentos (DINARA, 2023).

En general las variables físicas y químicas de los tributarios presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. Se registraron incumplimientos en las concentraciones de oxígeno disuelto y nutrientes totales (NT, PT). Al igual que en años anteriores (DINACEA *et al*, 2021) los mayores valores se registraron en la Cañada de Los Olivera y el arroyo Castillos.

Los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron en general buenas condiciones. En general las concentraciones de los coliformes termotolerantes determinadas tanto en la laguna como en los tributarios, cumplieron con la normativa ambiental (Decreto 253/79). No se registraron floraciones de cianobacterias durante el 2023.

Por último, los productos pesqueros de consumo humano presentaron resultados no detectables o estuvieron por debajo de los límites permitidos de acuerdo a normativas internacionales vigentes según reglamento UE 1881/2006 (0,050 mg/kg para Cd y 0,30 mg/kg para Pb) y reglamento GMC12/11 MERCOSUR (0,05 mg/kg para Cd, 0,30 mg/kg para Pb) para productos pesqueros para consumo humano.

5 Bibliografía

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

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

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

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.

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.

DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2021). Evaluación ambiental de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y de sus principales tributarios (2017 – 2020). Informe Técnico. MA-DINACEA. Montevideo. 237p.

DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2022). Reporte anual de resultados de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y sus principales tributarios. (2021) Informe Técnico. MA-DINACEA. Montevideo. 59p.

DINACEA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2023). Reporte anual de resultados de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y sus principales tributarios. (2022) Informe Técnico. MA-DINACEA. Montevideo. 59p.

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

DINARA - Unidad de Gestión Pesquera Atlántica (2021). Criterios para la apertura de la Zona K de Pesca de DINARA: Lagunas Costeras salobres de Castillos, de Rocha, Garzón y José Ignacio. DOCUMENTO DE TRABAJO.

DINARA-UGÉPA (2023). Informe operativo de evaluación de pre-zafra de camarón (*Penaeus paulensis*) en las lagunas costeras salobres (período enero-marzo 2023): tercer resumen para la división técnica de ordenación pesquera de la DINARA.

DINARA – UGÉPA (2024). Diagnóstico presuntivo de enfermedad en camarones de lagunas costeras. Informe Interno de trabajo.

Froese R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253. Hatch y Ott 1968

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

Meerhoff E., Rodríguez-Gallego L., Giménez L., Muniz P., Conde D. 2013. Marine Ecology Progress Series 492:97-110 p.

Europea, U. (2006). Reglamento (CE) No 1881/2006 de la comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea L, 364(5), 20.

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

Giménez L., Venturini N., Kandratavicius N., Hutton M., Lanfranconi A., Rodríguez M., Brugnoli E., Muniz P. 2014. Macrofaunal patterns and animal–sediment relationships in Uruguayan estuaries and coastal lagoons (Atlantic coast of South America). *Journal of Sea Research* 87: 46-55 p.

INUMET (Instituto Nacional de Meteorología). 2023. Sequía Meteorológica en Uruguay 2020-2023. Informe Final 16p. https://inumet.gub.uy/sites/default/files/2024-01/Informe%20final_Sequ%C3%ADa%20Final_2020_2023_compressed.pdf

INUMET (Instituto Nacional de Meteorología). 2024. Precipitación registrada en la Estación Meteorológica de Rocha, período 1991-2020.

Isaach J.P., Costa C.S.B., Rodríguez-Gallego L., Conde D., Eacapa M. 2006. Distribution of saltmarsh plant communities associated with environmental factors along a latitudinal gradient on the south-west Atlantic coast. *Journal of Biogeography* 33: 889-900.

McAlpine, DF, Bishop, G., Ceska, O., Moody, ML y Ceska, A. 2007. Andean watermilfoil, *Myriophyllum quitense* (Haloragaceae), in the Saint John River estuary system, New Brunswick, Canada.. En: *Rhodora*, 109 (937), pp. 101-107. DOI: [https://doi.org/10.3119/0035-4902\(2007\)109\[101:AWMQHI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3119/0035-4902(2007)109[101:AWMQHI]2.0.CO;2)

MERCOSUR/GMC/RES. N° 12/11 (2013). REGLAMENTO TECNICO MERCOSUR SOBRE LIMITES MAXIMOS DE CONTAMINANTES INORGANICOS EN ALIMENTOS (DEROGACION DE LAS RES. GMC N° 102/94 y N° 35/96). <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-internacional/14-2013/1>

Newton AJ, Icelly S, Cristina A, Brito AC, Cardoso F, Colijn (2014) An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 140: 95–122.

NOAA (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica) 2024. Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present). https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

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.

Rodríguez-Gallego L., Achkar M., Defeo O., Vidal L., Meerhoff E., Conde D. 2017. Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuaries, Coasts and Shelf Sciences* 188: 116-126p.

Rodríguez-Gallego L., Lescano C., Pasquariello S., Rodó E., Cardoso A., Serra S., Martínez A., Costa S., Nin M. & Fernández A. 2024. Proliferación de plantas sumergidas en la Laguna Garzón: causas, consecuencias y recomendaciones de manejo. *INNOTEC*, (28 jul-dic), e655. <https://doi.org/10.26461/28.02>

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.

Vollenweider R. A., Giovanardi F., Montanari G. & A. Rinaldi. 1998. Characterization of the Trophic Conditions Of Marine Coastal Waters With Special Reference To The Nw Adriatic Sea: Proposal For A Trophic Scale, Turbidity And Generalized Water Quality Index. *Environmetrics*, 9: 329-357p.

6 Anexos

6.1 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)

Tabla 28. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) determinados en el sedimento de las Lagunas José Ignacio y Garzón en el año 2023. 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. El (NA) indica que no aplica el límite cuantificación. Los parámetros sin valor de cumplimiento establecido se indican con “-”.

Laguna	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Verano 2023		Límite de detección (µg/Kg)	Valores Objetivos de calidad GESTA - AGUA (µg/Kg)
		Norte	Sur		
Laguna José Ignacio	Naftaleno (µg/Kg)	ND	ND	2	34.6
	Acenaftileno (µg/Kg)	ND	ND	2	5.81
	Acenafteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	ND	2	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	ND	ND	2	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	46.9
	Fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	111
	Pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benz(a)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	ND	2	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benzo(a)pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	6.22
Benzo(ghi)perileno (µg/Kg)	ND	ND	2	-	
PAHs Totales (µg/Kg)	ND	ND		22800*	
Laguna Garzón	Naftaleno (µg/Kg)	ND	4.8	2	34.6
	Acenaftileno (µg/Kg)	ND	ND	2	5.81
	Acenafteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	ND	2	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	ND	ND	2	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	46.9
	Fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	111
	Pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benz(a)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	ND	2	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Benzo(a)pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	ND	2	-
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	2	6.22
Benzo(ghi)perileno (µg/Kg)	ND	ND	2	-	
PAHs Totales (µg/Kg)	ND	4,8		22800*	

Tabla 29 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) determinados en el sedimento de las Lagunas de Rocha y de Castillos en el año 2023. 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. El (NA) indica que no aplica el límite cuantificación. Los parámetros sin valor de cumplimiento establecido se indican con “-”.

Laguna	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Verano 2021				Límite de detección (µg/Kg)	Valores Objetivos de calidad GESTA - AGUA (µg/Kg)
		Norte	Centro	Sur	Chafalote (Castillos)		
Laguna de Rocha	Naftaleno (µg/Kg)	ND	14	ND		2	34.6
	Acenaftileno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	5.81
	Acenafteno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	46.9
	Fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	111
	Pireno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
	Benz(a)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
	Benzo(a)pireno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
	Dibenzo(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	6.22
	Benzo(ghi)perileno (µg/Kg)	ND	ND	ND		2	-
PAHs Totales (µg/Kg)	ND	14	ND			22800*	
Laguna de Castillos	Naftaleno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	34.6
	Acenaftileno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	5.81
	Acenafteno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	46.9
	Fluoranteno (µg/Kg)	ND	8.0	ND	3.1	2	111
	Pireno (µg/Kg)	ND	3.7	ND	ND	2	-
	Benz(a)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	4.4	ND	ND	2	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	ND	4.0	ND	ND	2	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	3.7	ND	ND	2	-
	Benzo(a)pireno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	3.5	ND	ND	2	-
Dibenzo(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	2	6.22	
Benzo(ghi)perileno (µg/Kg)	ND	2.6	ND	ND	2	-	
PAHs Totales (µg/Kg)	ND	29.9	ND	3.1	2	22800*	

6.2 Condición de las barras arenosas

Durante el año 2023, DINARA registró mensualmente la condición de las barras arenosas de las lagunas en estudio. Esta información se acompañó del registro de las intervenciones artificiales, obtenidos por observación directa de DINARA y por reportes de técnicos del SNAP, Gobiernos Departamentales, pescadores y privados (DINACEA *et al.* 2021). Los registros para el 2023 año se compararon con los obtenidos con igual metodología para el período 2008-2023.

La apertura natural de las barras arenosas depende de varios factores relacionados con la acción marina, la presión interna del agua lagunar y la interacción de una serie de variables (i.e. características del swell, altura de ola incidente, intensidad y dirección del viento, precipitación acumulada en la laguna y transportada a escala de la cuenca, que determina el nivel de agua lagunar con la barra cerrada), entre otras (de Álava *et al.* 2013).

Laguna José Ignacio

El promedio anual de barra abierta de laguna José Ignacio para el período 2008-2023 fue de 42.7 %, siendo 2008 (0%) y 2023 (15%) los años de menor porcentaje de barra abierta, permaneciendo en este último periodo cerrada entre setiembre de 2022 y agosto de 2023. En este sentido, los años 2008 y 2023 coincidieron con periodos de escasas precipitaciones en Uruguay (menores a la media registrada para la región), generando sequías prolongadas (INUMET, 2023; Barreiro y Renom, 2023), que incidieron en la nula o escasa apertura de la barra arenosa en dichos años. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial la sequía es un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico (OMM, 1992). Este desequilibrio hidrológico tiene consecuencias diversas sobre los ecosistemas lagunares tales como la permanencia de periodos prologados sin conexión de la laguna con el mar y la afectación del flujo de especies entre el ambiente marino y lagunar.

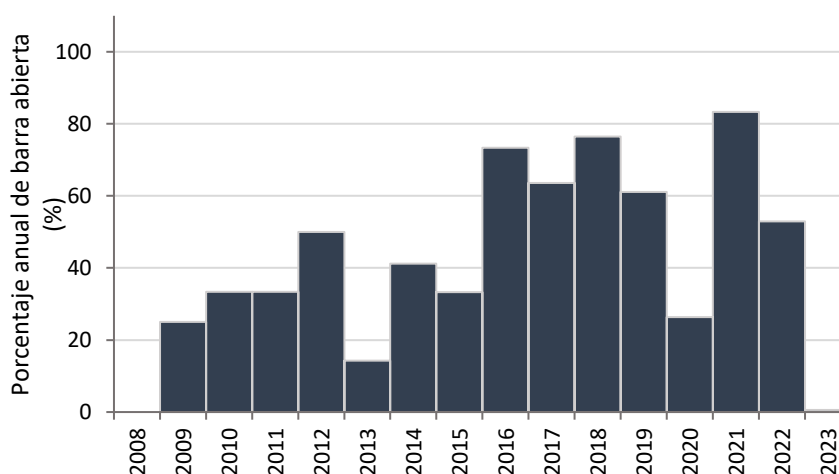


Figura 32. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna José Ignacio para el período 2008-2023, que abarca dos eventos de sequía extraordinaria (2008-2009 y 2023).

Laguna Garzón

En relación al promedio anual de barra abierta para el período 2008-2023 de la laguna de Garzón fue de 22.8 %, siendo los años 2008, 2009 y 2023 los años de menor porcentaje de barra abierta, permaneciendo cerrada en este último periodo desde agosto de 2022 y durante todo el 2023. Al igual que lo ocurrido en otras lagunas (José Ignacio y Rocha) la sequía prolongada que se inició en 2022 (primavera) y se extendió durante todo el 2023, incidió en la falta de conexión de esta laguna con el mar, lo que explica la ausencia de camarón, afectando la pesquería de esta especie.

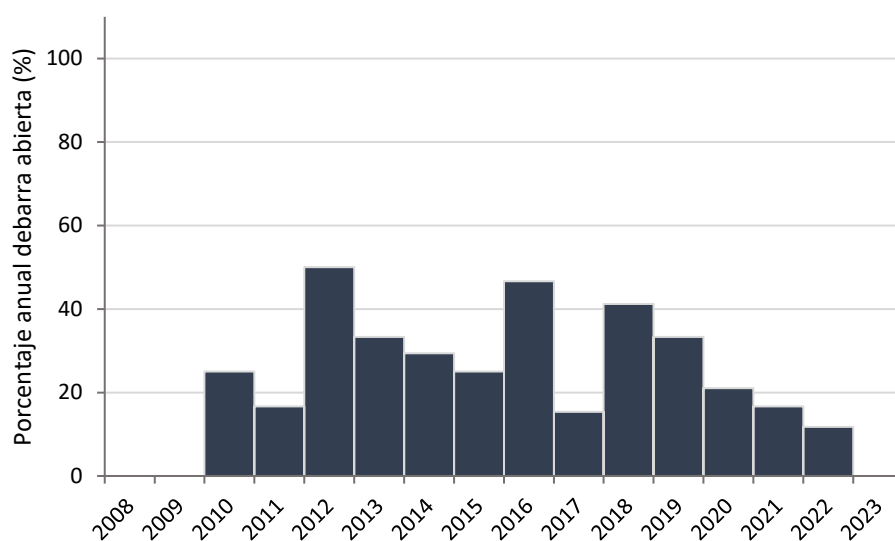


Figura 33. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna Garzón para el período 2008-2023, que abarca dos eventos de sequía extraordinaria (2008-2009 y 2023).

Laguna de Rocha

EL promedio anual de barra abierta de laguna de Rocha en el período 2008-2023 fue de 41.2 %, siendo 2008 (8.3%) y 2023 (20%), los años de menor porcentaje de barra abierta, permaneciendo cerrada en este último periodo desde octubre de 2022 hasta noviembre de 2023, cuando se abrió de forma mecánica. Al igual que en otras lagunas (José Ignacio y Garzón) la conexión nula de esta laguna con el mar por la sequía en la primavera 2022-verano 2023 explican la ausencia de camarón, afectando la pesquería de esta especie.

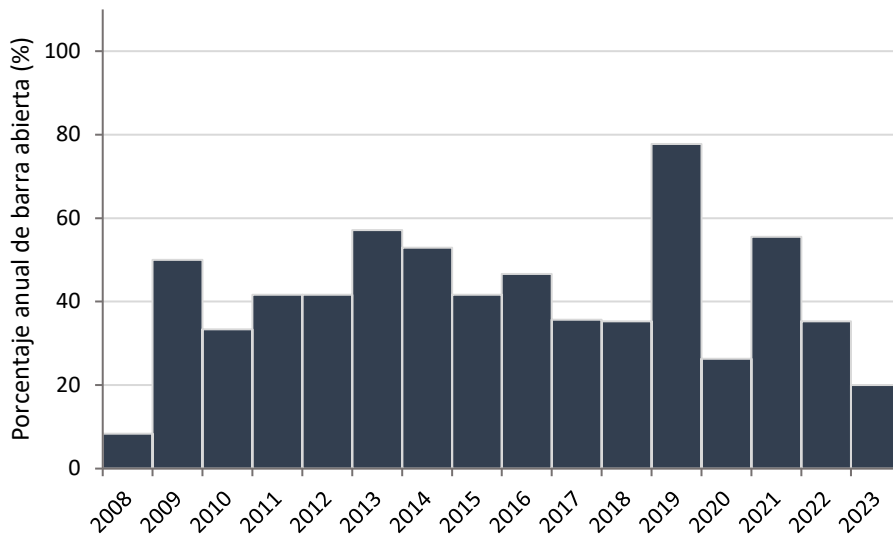


Figura 34. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna de Rocha para el período 2008-2023, que abarca dos eventos de sequía extraordinaria (2008-2009 y 2023).

Laguna de Castillos

El promedio anual de barra abierta de la laguna de Castillos para el período 2008-2023 fue de 82.2%, siendo 2023 el año de menor porcentaje de barra abierta (30%). Este régimen de conexión con el mar es atribuible al evento de sequía extraordinaria que se inició en 2022 y se extendió durante todo el 2023. Esta condición extrema de barra cerrada fue incluso muy superior al comportamiento de la barra registrado durante la sequía de 2008-2009, cuando la conexión con el mar fue de 67 %, el cuál de por sí es un valor relativamente bajo para el patrón habitual de conexión de esta laguna (80%).

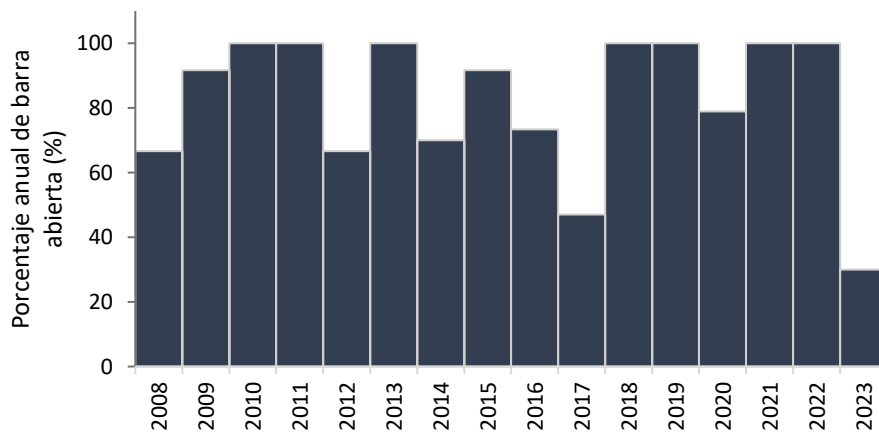


Figura 35. Porcentaje anual de barra abierta de la laguna de Castillos para el período 2008-2023, que abarca dos eventos de sequía extraordinaria (2008-2009 y 2023).