



## **Reporte anual de resultados de las lagunas costeras (José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos) y sus principales tributarios. (2021-2022)**

**Noviembre 2023**



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



## **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)  
Gestión Ambiental  
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

## **Como citar este informe:**

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. (2021-2022). Montevideo. 62 pg.

**Foto tapa: Ana Martínez**

## **Autores**

### DINACEA

MSc . Elena Rodó

### DINARA

MSc . Graciela Fabiano

MSc . Martín Laporta

MSc . Inés Pereyra

Lic. Santiago Silveira

Q.F. Lucila Silva

### 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, Mariana Pirez, Hector Caymaris, Hernán Giménez y Elías Guerra. También al buzo Zenón Vicente, DINARA y Orlando Santana.

## Contenido

Lagunas costeras del Uruguay .....	1
<b>1. Laguna José Ignacio .....</b>	<b>2</b>
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 .....	9
1.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ) .....	11
1.7 Tributarios: uso recreativo .....	13
1.8 Síntesis .....	13
<b>2. Laguna Garzón .....</b>	<b>16</b>
2.1 Condición de la barra arenosa .....	17
2.2 Laguna: Calidad del agua .....	18
2.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	20
2.4 Laguna: parámetros biológicos .....	21
2.5 Laguna: uso recreativo .....	23
2.6 Tributarios: Calidad del agua .....	23
2.7 Tributarios: uso recreativo .....	25
2.8 Síntesis .....	26
<b>3. Laguna de Rocha .....</b>	<b>28</b>
3.1 Condición de la barra arenosa .....	29
3.2 Laguna: Calidad del agua .....	29
3.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	31
3.4 Laguna: parámetros biológicos .....	33
3.5 Laguna: uso recreativo .....	36
3.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ) .....	37
3.7 Tributarios: uso recreativo .....	41
3.8 Síntesis .....	42
<b>4. Laguna de Castillos .....</b>	<b>44</b>
4.1 Condición de la barra arenosa .....	45
4.2 Laguna: Calidad del agua .....	45
4.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	48

4.4	Laguna: parámetros biológicos .....	49
4.5	Laguna: uso recreativo .....	52
4.6	Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ) .....	53
4.7	Tributarios: uso recreativo .....	56
4.8	Síntesis.....	57
<b>5.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>Anexo .....</b>	<b>61</b>

## Índice de Figuras

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. ....	2
Figura 2. Condición de la barra de la laguna José Ignacio. ....	3
Figura 3. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila 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 .....	7
Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia del bentos de la Laguna José Ignacio..	8
Figura 6. Variación espacial y estacional del íctioplancton de la Laguna José Ignacio .....	9
Figura 7. Variación espacial y estacional de la concentración de Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila a de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio .....	12
Figura 8. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón. ....	16
Figura 9. Condición de la barra de la laguna Garzón .....	17
Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a de la Laguna Garzón.....	19
Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna Garzón.....	21
Figura 12. Variación espacial y estacional de riqueza de bentos y abundancia de bentos de la Laguna Garzón. ....	22
Figura 13. Variación espacial y estacional del íctioplancton de la Laguna Garzón.. ....	22
Figura 14. Variación espacial y estacional de la concentración de Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna Garzón .....	24
Figura 15. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha. ....	28
Figura 16. Condición de la barra de la laguna de Rocha. ....	29
Figura 17. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a de la Laguna de Rocha.....	31
Figura 18. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias, Abundancia de diatomeas y Abundancia de dinoflagelados de la Laguna de Rocha.....	34
Figura 19. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia de bentos de la Laguna de Rocha. ....	35
Figura 20. Variación espacial y estacional del íctioplancton de la Laguna de Rocha .....	35
Figura 21. Variación espacial y estacional 2021- 2022 de la concentración de Nitrógeno Total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	39
Figura 22. Variación espacial y estacional de la concentración de Fósforo Total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha 2021-2022.....	40
Figura 23. Variación espacial y estacional de la concentración Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	40

Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos. ....	44
Figura 25. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a (Clo- a) de la Laguna de Castillos.. ....	47
Figura 26. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna de Castillos .....	50
Figura 27. Variación espacial y estacional de Riqueza de bentos y Abundancia de bentos de la Laguna de Castillos.....	51
Figura 28. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna de Castillos. ....	51
Figura 29. Variación espacial y estacional de Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila a de los principales tributarios de la cuenca de Laguna de Castillos .....	55

## Índice de Tablas

Tabla 1. Principales características de la cuenca de la Laguna José Ignacio. ....	3
Tabla 2. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna José Ignacio. ....	4
Tabla 3. 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 4. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax y peso total y factor de condición promedio para camarón de laguna de José Ignacio. ....	9
Tabla 5. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio. .....	10
Tabla 6. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de camarón capturado por la pesca artesanal en la Laguna José Ignacio.....	10
Tabla 7. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de cangrejo Sirí, corvina blanca y pejerrey capturadas por la pesca artesanal en la laguna de José Ignacio .....	11
Tabla 8. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, Conductividad, , pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: .....	11
Tabla 9. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio .....	13
Tabla 10. Principales características de la cuenca de la Laguna Garzón .....	17
Tabla 11. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna Garzón. ....	18
Tabla 12. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales y compuestos fitosanitarios determinados en el sedimento de la Laguna Garzón .....	20
Tabla 13. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna Garzón. ....	23
Tabla 14. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, Conductividad, , pH, oxígeno disuelto	

y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna Garzón.....	24
Tabla 15. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en los principales tributarios de la Laguna de Garzón .....	25
Tabla 16. Principales características de la Laguna de Rocha.....	28
Tabla 17. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Rocha.....	30
Tabla 18. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales y agroquímicos .....	32
Tabla 19. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha. ....	36
Tabla 20. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de cangrejo Sirí, corvina blanca y pejerrey capturadas por la pesca artesanal en la laguna de Rocha .....	37
Tabla 21. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, Conductividad, , pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	38
Tabla 22. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha. ....	41
Tabla 23. Principales características de las cuencas de la Laguna de Castillos. ....	45
Tabla 24. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Castillos. ....	46
Tabla 25. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos.....	48
Tabla 26. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax y peso total y factor de condición promedio para camarón de laguna de Castillos. ....	52
Tabla 27. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de camarón capturado por la pesca artesanal en la laguna de Castillos .....	52
Tabla 28. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de cangrejo Sirí y corvina blanca capturadas por la pesca artesanal en la laguna de Castillos.....	52
Tabla 29. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos. ....	53
Tabla 30. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, Conductividad, , pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Castillos .....	54
Tabla 31. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos. ....	56
Tabla 32. Hidrocarburos aromáticos policíclicos determinados en el sedimento de las Lagunas José Ignacio y Garzón.....	61
Tabla 33. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) determinados en el sedimento de las Lagunas de Rocha y de Castillos .....	62



## 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 período 2021-2022 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. En este programa se llevan adelante monitoreos estacionales con el fin de realizar 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 agrícolas y urbanas a estos cursos de agua.

En este trabajo se utilizaron para cada laguna los principales indicadores ambientales del período 2021-2022, organizados según las diferentes matrices y variables ambientales.

Indicadores ambientales de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos del período 2021-2022, 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	Coliformes termotolerantes
			Misidáceos e ictioplancton	Floraciones cianobacterias
			Factor condición de peces, camarones y cangrejos de importancia comercial	Contaminantes en tejidos de peces (Pb/Cd/Hg)
Sedimento	NT, PT, MO y metales	Agroquímicos	Comunidad bentónica	

## 1. Laguna José Ignacio

La cuenca de la Laguna José Ignacio ( $34^{\circ}49'34''\text{S}$  -  $54^{\circ}42'09''\text{W}$ ) se ubica en el departamento de Maldonado, presenta una superficie de 919 ha de humedales y recibe como tributarios al arroyo José Ignacio y las cañadas Magdalena Sosa, de la Colina y de la Totorá. 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.

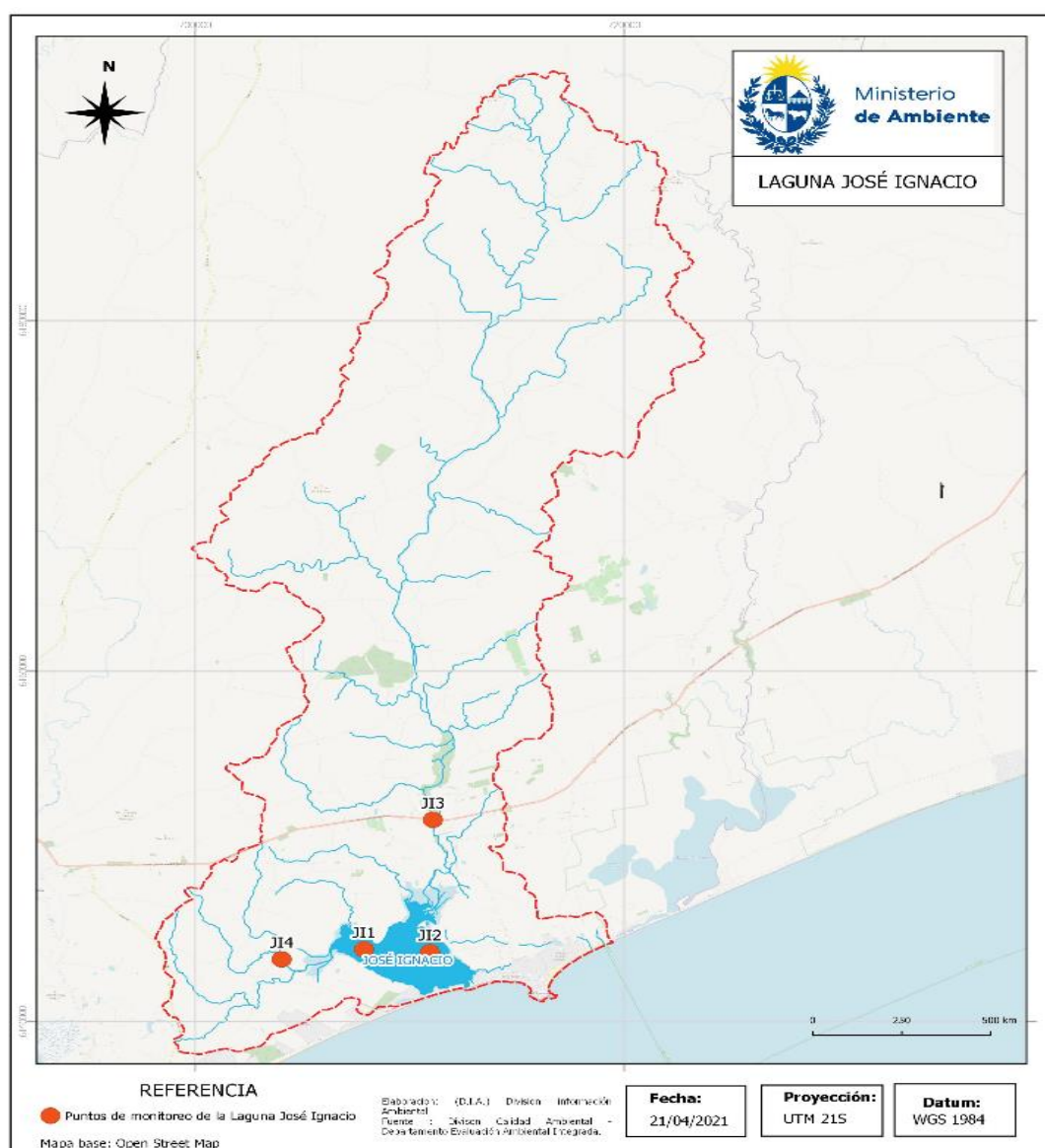


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo del Programa de Monitoreo Interinstitucional de las Lagunas Costeras del Uruguay en la Laguna José Ignacio y sus tributarios principales.

Tabla 1. 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

La laguna José Ignacio estuvo conectada con el mar el 83 % del año en el 2021 y el 47 % en el 2022. Durante el 2021 la barra de la laguna fue intervenida artificialmente por la Intendencia de Maldonado (IM). Dicha intervención se realizó a fines de febrero (25/02/2021) y se mantuvo abierta entre febrero y noviembre (Fig. 2). Durante el 2022 se registraron cierres y aperturas naturales durante enero, luego entre febrero y abril la barra se mantuvo cerrada. Fue intervenida artificialmente por la IM a comienzos de mayo y la condición de abierta se mantuvo hasta setiembre.

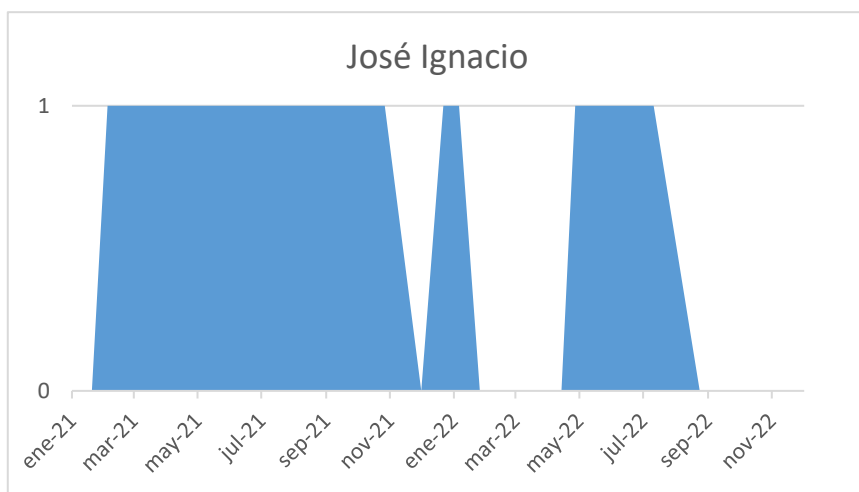


Figura 2. Condición de la barra de la laguna José Ignacio (donde 1=barra abierta).

## 1.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* presentaron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 2). La temperatura mostró un clásico patrón estacional con un máximo en verano y un mínimo en invierno, aunque el sitio norte presentó temperatura más elevada en invierno de 2021 que en otoño del mismo año, posiblemente debido a que ese muestreo se realizó en el invierno tardío. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L), mostrando 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.

Fecha		Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
2021	Verano	Jl1, norte	8.8	8.3	21.6	64.0
		Jl2, sur	7.5	8.2	21.6	30.8
	Otoño	Jl1, norte	8.6	7.7	15.7	22.1
		Jl2, sur	8.9	8.0	15.1	45.4
	Invierno	Jl1, norte	10.0	8.3	16.5	0.0
		Jl2, sur	9.9	8.3	14.9	0.0
	Primavera	Jl1, norte	7.5	-	21.2	29.8
		Jl2, sur	7.4	-	20.5	26.2
2022	Verano	Jl1, norte	8.3	8.1	23.8	198.0
		Jl2, sur	6.1	8.2	23.2	119.0
	Otoño	Jl1, norte	9.1	8.0	15.3	2.8
		Jl2, sur	8.4	7.8	15.1	3.0
	Invierno	Jl1, norte	10.5	8.9	11.5	6.5
		Jl2, sur	11.1	8.9	11.4	0.0
	Primavera	Jl1, norte	7.0	8.3	20.8	6.5
		Jl2, sur	7.2	8.2	20.2	0.0

El pH presentó valores levemente básicos y muy similares entre sitios y a lo largo del tiempo (Tabla 2), y todos los valores estuvieron dentro del rango admitido por el Decreto 253/79, excepto en invierno de 2022 donde los registros fueron algo superiores. La turbidez fue variable, registrándose los máximos en verano, superando en estos casos el límite establecido por la normativa (50 UNT, Decreto 253/79) (Tabla 2).

La conductividad presentó valores medios y similares entre sitios y estaciones del año, excepto en verano de 2022 donde se registró un marcado gradiente entre el sitio norte y el sur, coincidiendo con un período de barra abierta y el ingreso considerable de agua marina por el sur (Figura 3). Los nutrientes (NT y PT) y la clorofila a (Clo-a) presentaron un patrón similar, registrando los valores máximos en verano y los

mínimos en invierno (Figura 3). En verano de 2022 se observó un gradiente norte-sur muy marcado con altos valores de nutrientes y clorofila en el sitio norte, siguiendo el patrón inverso a la conductividad. La concentración de fósforo total (PT) (Figura 3B) varió entre 21.8 y 172.2  $\mu\text{g P/L}$ , con un promedio de  $54.4 \pm 36.3 \mu\text{g P/L}$ . Los valores máximos se registraron en verano, tanto en el norte como en el sur de la laguna. En varias ocasiones el valor de PT estuvo cercano o incluso por debajo del valor establecido por la normativa nacional (Decreto 253/79). El NT superó el valor guía (Mesa técnica del agua 2017) en verano y primavera, y si bien la Clo-a lo superó únicamente en verano, en ambos sitios los valores registrados fueron elevados (Figura 3C y D). Según la concentración de Clo-a en agua (OCDE 1980) durante el 2021-2022, la Laguna José Ignacio se clasificó en estado mesotrófico; y de acuerdo el índice de estado trófico TRIX (Vollenweider et al. 1998), se clasificó eutrófica.

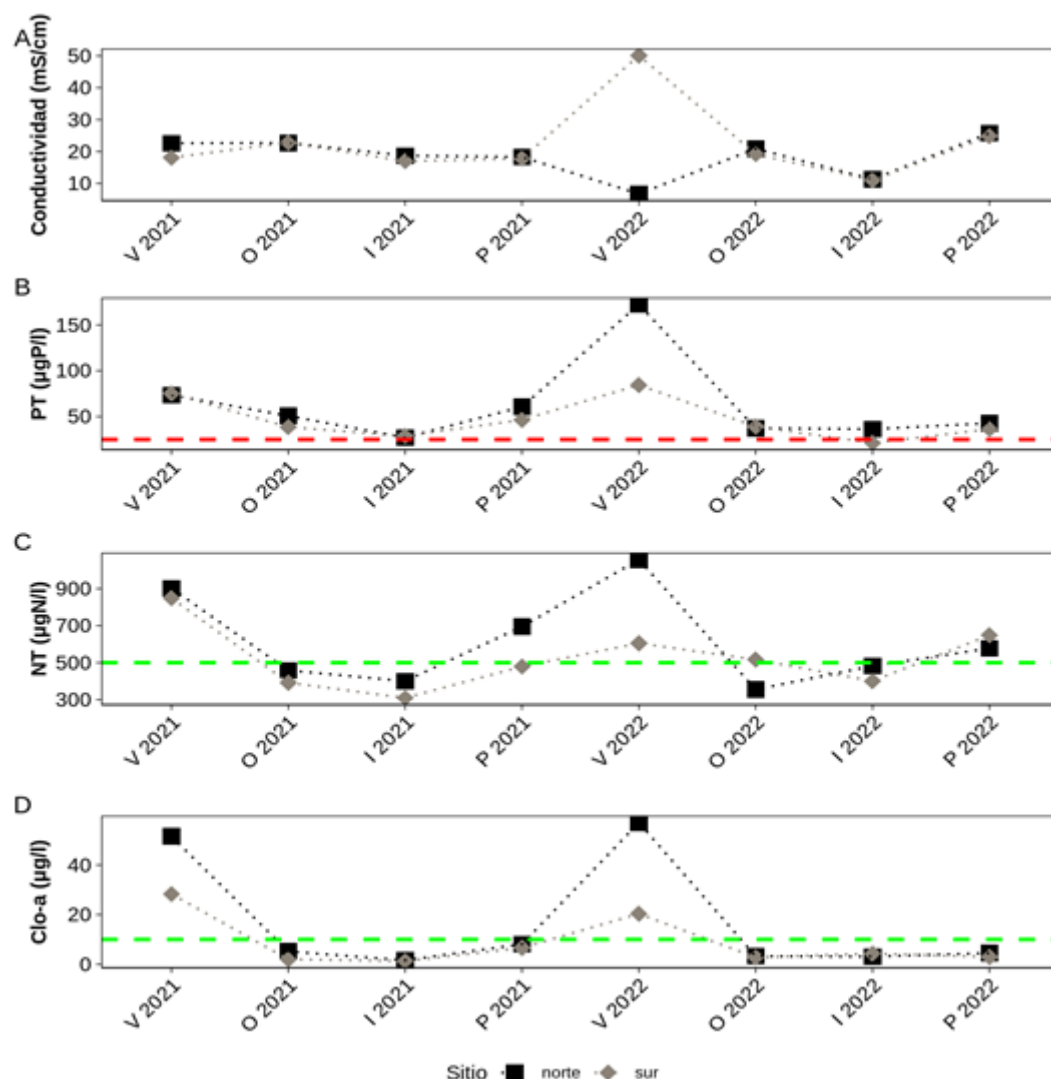


Figura 3. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila a (Clo-a) (D), de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (rombo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y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

### 1.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento en general presentaron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 3) según los datos históricos (DINACEA *et al.* 2021), observándose algunos valores de NT elevados en 2021. El PT mostró en ambos años una tendencia creciente desde el verano hasta la primavera donde se registró el máximo para ambos sitios (Tabla 3). Por otro lado, el NT presentó un máximo bien marcado en invierno de 2021, principalmente en el sitio sur seguido de un descenso en el año 2022. La materia orgánica (MO) no presentó grandes variaciones con un rango de concentración de entre 15.8 y 100.7 mg/gPS. En general, las diferencias entre sitios no fueron marcadas.

Tabla 3. Variables de sedimento: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT µg/gPS), metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr, mg/kg) y compuestos fitosanitarios (glifosato, Clorpirifos, Cipermetrina, mg/kg) determinados en el sedimento de la Laguna José Ignacio en el período 2021. 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)	Hg (µg/kg)	Pb (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Glifosato (mg/Kg)	Clorpirifos (mg/Kg)	Cipermetrina (mg/Kg)	Malatión (µg/kg)
2021	Verano												
	Jl1, norte	124	293.2	63	28	11	<15	6.5	10	0.74			
	Jl2, sur	173.4	194.1	54	23	9.3	<15	5.8	9.1	1.17			
	Otoño												
	Jl1, norte	168.6	193.3	66.9									
	Jl2, sur	176	158.7	77.3									
	Invierno												
	Jl1, norte	181.7	353.7	100.7									
2022	Jl2, sur	167.9	529.4	76.4									
	Primavera												
	Jl1, norte	225.2	371.8	71.2	25		2.5	8.5	11				
	Jl2, sur	218.4	106.8	87.1	21		<10	8.7	10				
	Verano												
	Jl1, norte	70.3	104.9	15.8	8.8		<2.0	2,1				<1.2	<1.7
	Jl2, sur	164.3	68.5	80.1	17		<2.0	4,5	5.8			<1.2	<1.7
	Otoño												
2022	Jl1, norte	159	92.5	62.5									
	Jl2, sur	166.1	71.4	75.1									
	Invierno												
	Jl1, norte	159.2	70.8	59.5									
	Jl2, sur	134.8	75.2	58.7									
	Primavera												
	Jl1, norte	343.1	57.3	91.9	28		2.7	10	13	1.09			
	Jl2, sur	272.6	61.2	76.4	23		2.5	9.8	12		0.100		
Límite de detección:		5	50		0.3	2		0.4	1	0.12-0.45	0.05		
Límite de cuantificación:		10	100		0.9	7		2	3	0.35-1.05		1.0	1.0

De los metales analizados se observaron valores cuantificables de As, Cu, Cr, Hg y Pb. El Cu presentó un rango de concentración de entre 2.1 mg/kg – 10 mg/kg, y el Hg un rango de 8.8 µg/kg - 28 µg/kg, ambos metales registraron su máximo en primavera 2022 en el sitio norte. El Cr registró su máximo en primavera de 2022 en la estación norte con un rango de entre 5.8 mg/kg - 13 mg/kg. Por último, el Pb registró valores cuantificables en ambos sitios de monitoreo solo en 2021. Al igual que en años anteriores, los metales analizados no registraron concentraciones superiores a los estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses (Tabla 3).

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (Anexo 1), se observaron valores cuantificables de glifosato, cipermetrina, clorpirifos y malatión. El glifosato fue registrado en verano 2021 en los sitios norte y sur, y en primavera 2022 en el sitio norte. Clorpirifos se solo observó en primavera 2022 en el sitio sur. Respecto al malatión y la cipermetrina, éstos registraron valores muy cercanos a los límites analíticos en verano del 2022 en ambos sitios de monitoreo. Sin embargo, ninguno de estos cuatro compuestos pudo ser evaluado debido a que para la matriz sedimento no se cuenta estándares definidos en normativa nacional ni internacional.

#### 1.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 42 taxa, de los cuales 30 correspondieron a diatomeas, 5 cianobacterias, 2 zygnemataceas y 5 dinoflagelados. Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el periodo en ambos sitios de monitoreo, correspondiéndose el patrón de la abundancia total con el patrón de abundancia de diatomeas. En general, el sitio norte presentó mayores abundancias que el sitio sur.

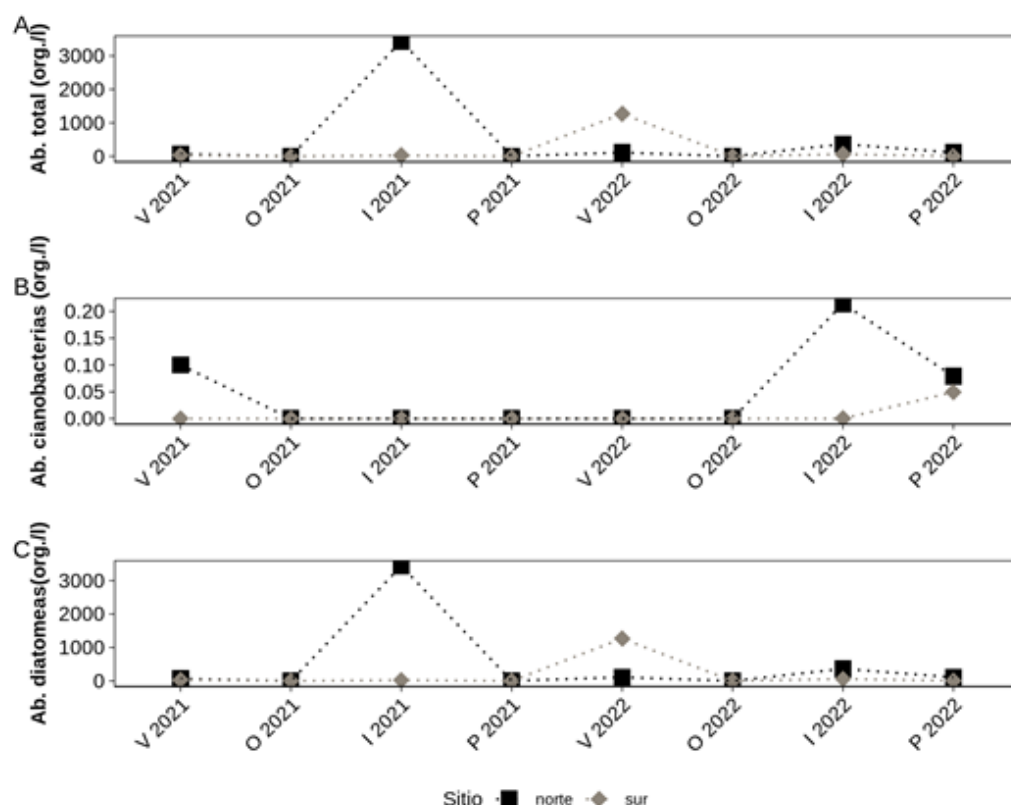


Figura 4. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (rombo).

Los valores máximos registrados tuvieron lugar en invierno de 2021 en el sitio norte (Figura 3A), seguido por otro máximo en verano 2022 en el sitio sur. Ambos máximos de abundancia fueron debidos a diatomeas (Figura 3C), aunque en verano 2022 el sitio sur también presentó varias especies de dinoflagelados marinos, registrándose *Dinophysis caudata*, especie potencialmente tóxica. Cabe destacar, que en verano 2022 se determinó veda por mareas rojas en toda la costa uruguaya, siendo el género *Dinophysis* el principal causante. Las cianobacterias, durante todo el período registraron baja abundancia, sus mayores abundancias tuvieron lugar en verano 2021 y su máximo en invierno de 2022. Cabe destacar que en primavera 2022 las dos especies de cianobacterias registradas eran potencialmente tóxicas: *Nodularia* en el sitio norte y *Dolichospermum* en el sitio sur.

El bentos, en general presentó baja riqueza y abundancia, aunque dentro de los rangos normales para esta laguna. En general el sitio norte presentó los mayores valores de abundancia y riqueza (Figura 4), registrándose los máximos de ambas variables en invierno, seguidos de primavera. Los organismos dominantes fueron los poliquetos, lo cual es lo esperable para esta laguna (DINACEA *et al.* 2021).

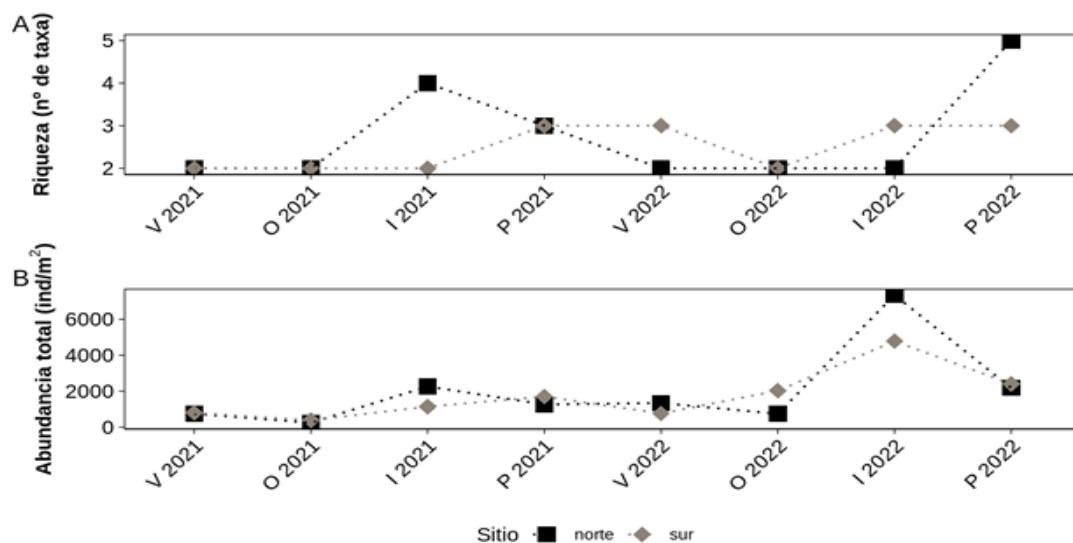


Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia del bentos (B) de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (rombo).

El íctioplancton estuvo presente en ambos años en el sitio norte, predominando su presencia en verano y primavera con abundancias de 163 y 202 ind.100m<sup>-3</sup> respectivamente (Figura 5). En el sitio sur a excepción de verano 2021, se registró únicamente íctioplancton en primavera y verano, destacando el pico de abundancia en primavera 2022 con 251 ind.100m<sup>-3</sup>. Tanto en el norte como en el sur se registró huevos y larvas de peces.



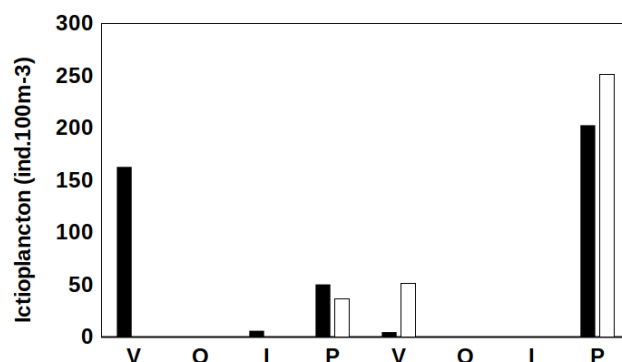


Figura 6. Variación espacial y estacional del ictioplancton (ind.100m<sup>-3</sup>) de la Laguna José Ignacio. Norte (negro) y sur (blanco). No se diferencian huevos de larvas.

En cuanto a los misidáceos, las mayores abundancias se observaron en verano tanto en el sitio norte (124 y 55 ind.100m<sup>-3</sup>, para 2022 y 2021 respectivamente) como en el sitio sur (491 y 46 ind.100 m<sup>-3</sup>, para 2021 y 2022 con respectivamente). En el resto de las estaciones del año se registraron misidáceos mayormente en el norte y en muy bajas abundancias (igual o menor a 7 ind.100m<sup>-3</sup>).

Respecto a los invertebrados de importancia comercial, el camarón (*Penaeus paulensis*) registró un rango de tallas y pesos de los ejemplares comprendido entre 24.5 y 36.6 mm (media: 31.3 mm) y 2.9 y 9.6 g (media: 6.0 g) respectivamente (Tabla 4). Mientras que en el año 2022 el rango de tallas y pesos estuvo comprendido entre 31.0 y 55.5 mm (media: 39.8 mm) y 5.8 y 32.6 g (media: 13.4 g) respectivamente. El factor de condición estimado para el año 2021 fue de 100.4 % y para el año 2022 de 110.3 % (Tabla 4).

Tabla 4. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax (LCT, mm) y peso total (Pt, g); y factor de condición promedio ( $\overline{W_{rm}}$ ) para camarón (*Penaeus paulensis*) de laguna de José Ignacio en los años 2021 y 2022. Tamaño de muestra (n), otoño (O), verano (V) y desvío estándar (DE).

Año	Estación	n	Rango (mm)	LCT	Media ± DE	Rango Pt (g)	Media ± DE	$\overline{W_{rm}}$ ± DE
2021	V-O	220	24,5-36,6		31,3 ± 2,6	2,9-9,6	6,0 ± 1,3	100,4 ± 7,2
2022	O	37	31,0-55,5		39,8 ± 5,9	5,8-32,6	13,4 ± 6,0	110,3 ± 22,0

## 1.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes (tabla 5) presentaron los valores máximos en verano 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 (Tabla 5). No se registraron floraciones de cianobacterias durante todo el período.

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

	Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100mL)	Floraciones cianobacterias
2021	Verano	Jl1, norte	120	No
		Jl2, sur	140	No
	Otoño	Jl1, norte	2	No
		Jl2, sur	<2	No
	Invierno	Jl1, norte	2	No
		Jl2, sur	2	No
	Primavera	Jl1, norte	<2	No
		Jl2, sur	2	No
2022	Verano	Jl1, norte	46	No
		Jl2, sur	20	No
	Otoño	Jl1, norte	6	No
		Jl2, sur	4	No
	Invierno	Jl1, norte	<2	No
		Jl2, sur	18	No
	Primavera	Jl1, norte	<2	No
		Jl2, sur	<2	No

Las muestras ensayadas en 2021 en músculo de camarón, presentaron valores para cadmio muy por debajo de los límites máximos permitidos nacionales (Reglamento GMC12/11 MERCOSUR) e internacionales (Reglamento UE 1881/2006) para productos pesqueros de consumo humano: 0,05mg/kg para Cd, 0.30 mg/kg para Pb y 0.50 mg/kg para Hg. Mercurio y plomo no fueron detectables (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de camarón (*Penaeus paulensis*) capturado por la pesca artesanal en la Laguna José Ignacio en otoño 2021 y 2022. Límites de detección 2021: Hg = 0.015 mg/kg, Cd = 0.0066 mg/kg y Pb = 0.028 mg/kg; 2022: Hg = 0,015mg/kg; Cd = 0,0049mg/kg, Pb = 0,046mg/kg. ND = no detectable.

Año	Hg (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Pb (mg/kg)		
	n	Rango	Media ± DE	n	Rango	Media ± DE	n	Rango	Media ± DE
2021	1 (pool 30)	-	ND	1 (pool 30)	-	<0,016 (<LC)	1 (pool 30)	-	ND
2022	50		ND	50		<0,016	50		ND

Por otro lado, las muestras ensayadas en músculo de cangrejo sirí, corvina blanca y pejerrey en otoño de 2022 registraron valores de mercurio muy por debajo de los límites máximos permitidos. El cadmio presentó en cangrejo Sirí valores muy bajos y no fue detectable en peces. El plomo en todos los casos no registro valores detectables (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de cangrejo Sirí (*Callinectes sapidus*), corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) y pejerrey (*Odontesthes argentinensis*) capturadas por la pesca artesanal en la laguna de José Ignacio en otoño 2022. 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
Sirí	8	-	0,077±0,017	8	-	<0,016	8	-	ND
Corvina blanca	7	-	0,11±0,02	7	-	ND	7	-	ND
Pejerrey	9	-	0,060±0,013	9	-	ND	9	-	ND

## 1.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ)

La temperatura mínima (9.4°C) se registró en el arroyo José Ignacio en otoño en el 2022 y la máxima (24.5°C) en primavera del 2022 en la cañada Sosa (Tabla 8), observándose para el período una marcada estacionalidad en ambos afluentes. Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5) durante todo el período. Los valores de oxígeno disuelto registraron en general valores de cumplimiento con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L) (Tabla 8), a excepción de la cañada Sosa que registró valores de incumplimientos en primavera del 2021 y en verano del 2021 y 2022. La conductividad fue siempre mayor en la cañada Sosa, presentando un máximo de 20300 en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la primavera del 2022, el cual podría estar asociado al bajo caudal que presentó este tributario en el período (Tabla 8).

Tabla 8. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del período 2021 - 2022: Temperatura (T, °C), Conductividad, ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH, oxígeno disuelto ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: A° José Ignacio y Cda° Sosa. En invierno 2021 no se registraron datos de pH.

Tributario	Año	Estación	T (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Turbidez (UNT)
A° José Ignacio (JI3)	2021	Verano	21.8	160	7.6	6.3	125
		Otoño	11.8	131	8.0	9.3	3.0
		Invierno	13.8	117	-	8.2	0.0
		Primavera	21.0	109	7.2	6.3	85.3
	2022	Verano	22.6	79	7.1	7.6	11.8
		Otoño	13.0	171	8.3	12.0	14.6
		Invierno	9.4	117	7.4	10.1	7.4
		Primavera	19.4	164	8.1	10.6	0.0
Cda° Sosa (JI4)	2021	Verano	22.5	0	7.7	2.4	70.7
		Otoño	11.7	1690	7.2	6.2	2.1
		Invierno	13.8	310	-	9.5	83.6
		Primavera	19.9	552	7.5	3.4	10.9
	2022	Verano	22.6	869	7.0	1.6	8.3
		Otoño	16.0	17600	7.3	12.6	1.4
		Invierno	9.9	712	7.5	10.2	10.1
		Primavera	24.5	20300	7.6	8.1	0.0

La turbidez presentó valores entre 0.0 y 125.0 UNT, registrándose el mínimo en primavera y el máximo en el verano, ambos en 2021 en el arroyo José Ignacio (Tabla 7). En ambos tributarios se registraron valores superiores al estándar de la normativa ambiental nacional (<50.0 UNT).

Los valores máximos de nitrógeno total se registraron en la cañada Sosa (1007  $\mu\text{g N/L}$ ) en invierno 2022 y en verano 2021 en el arroyo José Ignacio (451  $\mu\text{g N/L}$ ) (Figura 7). Cabe destacar, que la cañada Sosa presentó en general las mayores concentraciones, registrando a excepción de otoño 2021, concentraciones superiores al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017) (Figura 7). El Fósforo Total (PT) presentó su valor mínimo (26  $\mu\text{g P/L}$ ) en el arroyo José Ignacio en invierno 2021 y su máximo en verano 2021 (292.2  $\mu\text{g P/L}$ ) en la Cda. Sosa. Si bien, se registraron cercanos al estándar del decreto vigente ( $\leq 25 \mu\text{g P/L}$ ), todos los registros incumplieron con la normativa (Figura 7).

La clorofila a fluctuó entre 0  $\mu\text{g/L}$  y 20.9  $\mu\text{g/L}$ , registrándose el mínimo en el arroyo José Ignacio en invierno 2021 y el máximo en la cañada Sosa en primavera 2022 (Figura 7). Para este parámetro únicamente se registraron valores superiores al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (10  $\mu\text{g/L}$ ), en verano 2021 y primavera 2022 en la cada Sosa.

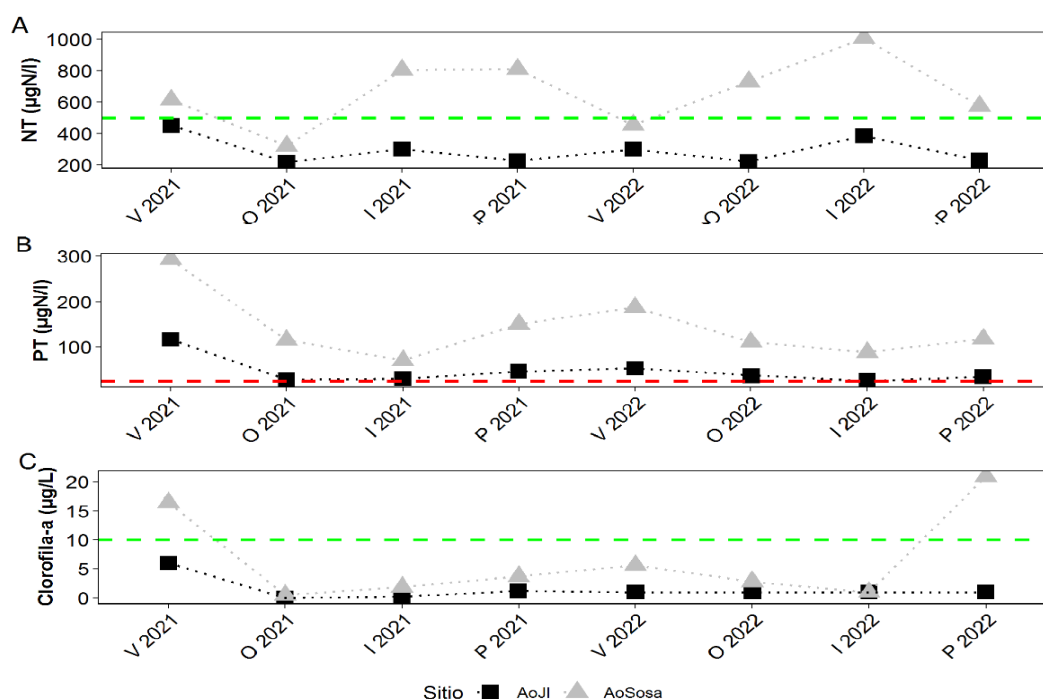


Figura 7. Variación espacial y estacional de la concentración de A) Nitrógeno Total, B) Fósforo Total y C) Clorofila a (Cloa) de los principales tributarios de la Laguna de José Ignacio: A) José Ignacio - estación J3 (cuadrado), Cda Sosa - estación J14 (triángulo). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT= 0.5 mg N/L). La línea roja entrecortada corresponde al valor estándar del Decreto 253/79 (PT= 25  $\mu\text{g P/L}$ ). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (Clo a= 10  $\mu\text{g N/L}$ ).

## 1.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL), a excepción de las concentraciones registradas en verano 2021 en el arroyo José Ignacio y en invierno 2021 y verano 2022 en la cañada Sosa (Tabla 9). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 para ninguno de los dos arroyos afluentes monitoreados.

Tabla 9. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio en el período 2021-2022.

Tributario	Año	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° José Ignacio (JI3)	2021	Verano	6000	No
		Otoño	90	No
		Invierno	240	No
		Primavera	550	No
	2022	Verano	230	No
		Otoño	180	No
		Invierno	120	No
		Primavera	36	No
Cda° Sosa (JI4)	2021	Verano	750	No
		Otoño	70	No
		Invierno	5500	No
		Primavera	600	No
	2022	Verano	2200	No
		Otoño	200	No
		Invierno	110	No
		Primavera	32	No

## 1.8 Síntesis

La laguna José Ignacio estuvo durante el 2021 conectada con el mar por un período prolongado de tiempo (83 % del año) luego de ser intervenida artificialmente en febrero de 2021. El tiempo de conexión estuvo por encima de los valores medios registrados para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999). En el año 2022 el período de conexión con el mar fue menor (47% del año) y dentro de los valores esperables para este ecosistema (Santana y Fabiano, 1999). El evento de sequía registrado incidió en el cierre de la barra a mediados de setiembre y la permanencia en esa condición hasta fines de año.

Los indicadores de calidad del agua a lo largo del período 2021-2022 fueron relativamente similares entre las estaciones del año y sitios de muestreo, registrándose en general el valor máximo en verano y los valores mínimos en invierno. Según la concentración de Clo-a en agua (OCDE, 1982) la Laguna José Ignacio se clasificó en estado mesotrófico; y de acuerdo al índice de estado trófico (TRIX, Vollenweider *et al.* 1998) considerando los nutrientes totales, la laguna se clasificó como eutrófica.

En relación a la matriz sedimento, los indicadores analizados (NTsed, PTsed y MO) mostraron valores dentro del rango normal para el sistema, a excepción del NT que presentó valores algo elevados (DINACEA *et al.*, 2021). Al igual que en años 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)).

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (anexo 1), se registraron valores cuantificables de glifosato, cipermetrina, clorpirifos y malatión, todos los demás compuestos estuvieron por debajo de los límites analíticos. Como ya se mencionó en estudios anteriores estos compuestos resultan de aguas residuales urbanas, 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 como era esperable para esta laguna, estuvo dominada por diatomeas durante todo el período. Los elevados niveles de conductividad registrados, indicaron un importante intercambio con el mar, lo que explica la ausencia de clorofitas, la baja abundancia de cianobacterias y la presencia de dinoflagelados marinos. Cabe destacar la presencia de *Dinophysis caudata*, dinoflagelado tóxico, que en verano 2022 se determinó veda por mareas rojas en toda la costa uruguaya.

El bentos presentó valores de riqueza y abundancia dentro de los rangos esperables para este sistema. Estuvo compuesto por una comunidad típicamente estuarina y no mostró cambios sustanciales respecto de estudios previos, mostrando una dominancia de gusanos poliquetos, 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).

La presencia de misidáceos fue poco frecuente, y se destacó la abundancia registrada en ambos veranos en los dos sitios de monitoreo; en el resto de las estaciones del año se registraron únicamente en el norte y en muy bajas abundancias. Esto indicaría, que la potencial función como organismo clave en la transferencia de energía en la trama trófica 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 íctioplancton, a excepción del otoño, estuvo presente con huevos y larvas todo el período 2021-2022, siendo más frecuente y abundante en primavera y verano.

En relación a los invertebrados de interés comercial, en el período 2021 y 2022 los eventos de ingreso de post-larvas fueron de escasa magnitud y en algunos meses no los hubo por estar la barra cerrada. Durante 2021 la zafra de camarón en otoño fue en abril y mayo, con una captura total fue 0.8 ton (DINARA – UGEPA, 2021), en el 2022 no se registró zafra, únicamente tuvo lugar la captura de unos pocos ejemplares en otoño. Los valores del factor de condición estimados tanto para el año 2021 (100,4 %), como para el año 2022 (110,3 %) indican que el peso promedio de los individuos considerados estuvo por encima del peso

promedio estimado para la especie en las cuatro lagunas costeras, al igual que lo registrado en años anteriores (DINACEA *et al.*, 2021).

Los tributarios en general en relación a las variables físicas y químicas presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud ambiental. Se registraron incumplimientos únicamente en las concentraciones de los nutrientes totales (NT, PT) y Clo-a. Los mayores valores se registraron siempre en la cañada Sosa, los cuales podrían deberse al bajo caudal observado durante el período analizado.

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 cumplieron siempre con la normativa ambiental (decreto 253/79), a excepción de los máximos registrados en ambos afluentes. Cabe destacar que, a lo largo del período analizado, tanto en la laguna como en sus tributarios no se observaron floraciones de cianobacterias.

Por último, en relación a los productos pesqueros de consumo humano, específicamente las muestras analizadas de camarón (*P. paulensis*), no registraron valores detectables de metales pesados o estuvieron por debajo de los límites permitidos de acuerdo a normativas regionales e internacionales vigentes para Cd, Pb y Hg (reglamento UE 1881/2006 y reglamento GMC12/11 MERCOSUR).

## 2. Laguna Garzón

La cuenca de 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 10 se describen las principales características y en la Fig. 8 se muestran los sitios de monitoreo. En ésta laguna se realizan varias actividades, como ser: pesca artesanal, turismo, ganadería extensiva, agricultura, fruticultura, forestación y ocupación urbana.

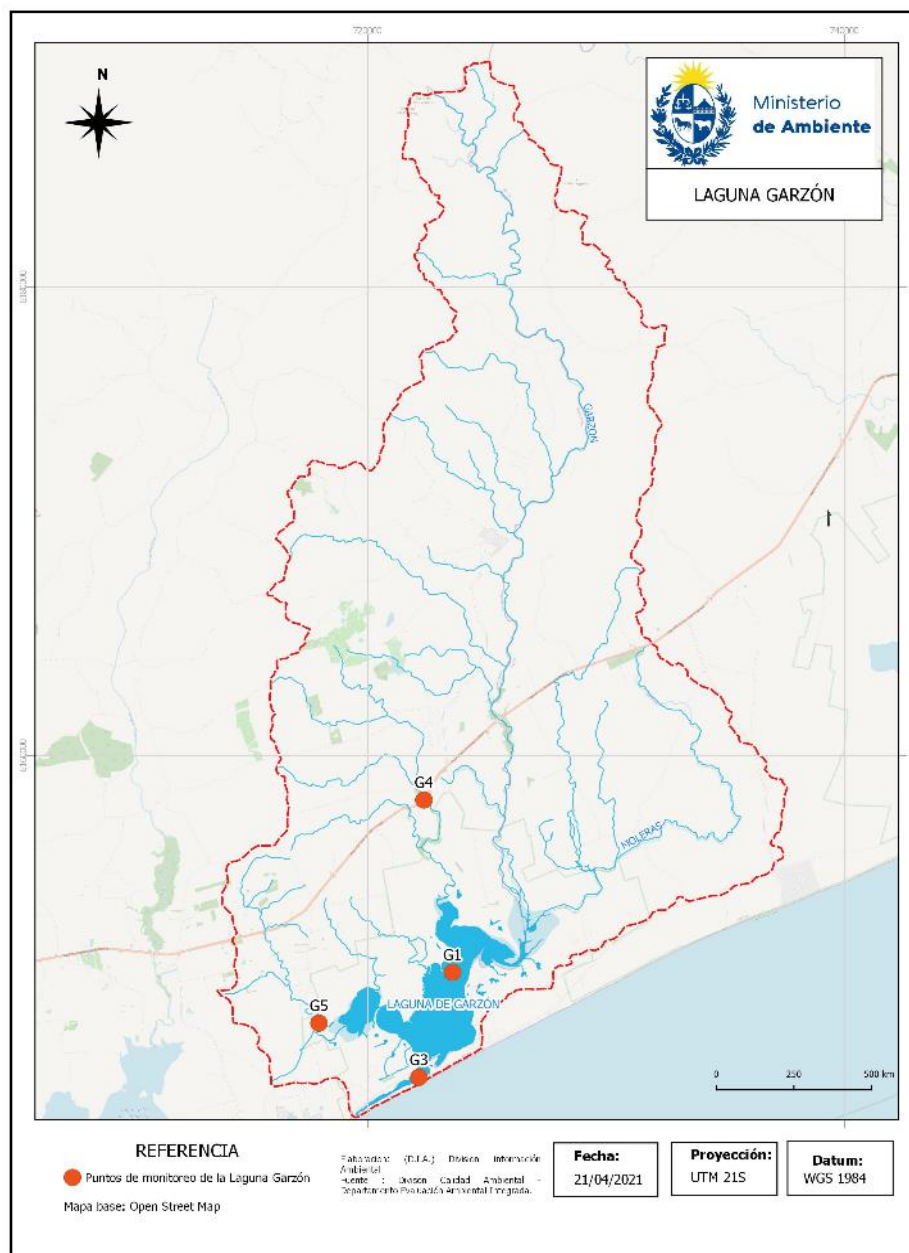


Figura 8. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón.



Tabla 10. 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)	0.09
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 laguna Garzón durante el 2021 estuvo conectada con el mar en los meses de junio y julio y en setiembre (20 % del año). Esta conexión tuvo lugar luego de dos aperturas artificiales (Figura 9). La primera a comienzos de junio (5 junio 2021) y la segunda a comienzos de setiembre (9 setiembre 2021), en la cual se intentó abrir artificialmente resultando no efectiva al cerrarse en la noche. Se volvió a abrir al otro día y permaneció abierta hasta el 2 de octubre. En el año 2022 se registraron en mayo algunas intrusiones marinas, pero se abrió en forma artificial a mediados de julio, permaneciendo en comunicación con el océano hasta el principios de agosto (6 % del año).

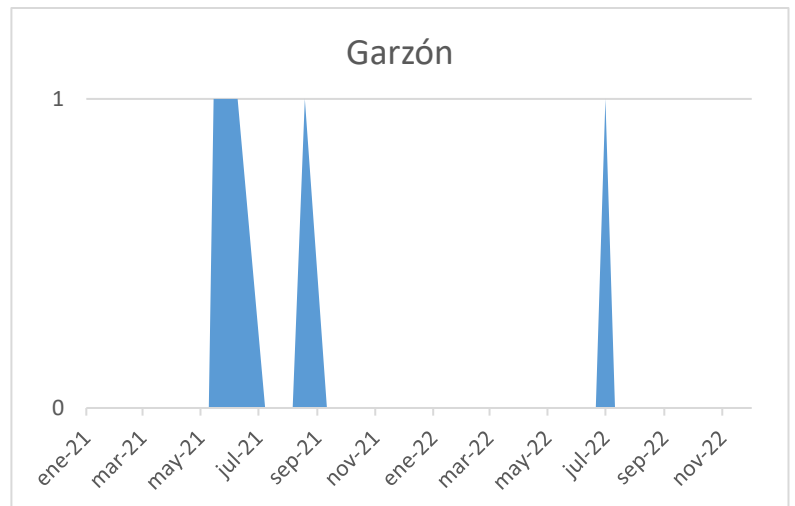


Figura 9. Condición de la barra de la laguna Garzón (donde 1=barra abierta).

## 2.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 11). 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 siguió el patrón estacional esperable (Tabla 11), observándose los mayores valores en los meses fríos, presentando niveles cercanos a la saturación en todos los muestreos. Asimismo, todos los valores de oxígeno disuelto registrados cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg O<sub>2</sub>/L).

Tabla 11. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD, mg/L) y turbidez (UNT) de la Laguna Garzón.

Disueto (OD,mg/L) y turbidez (UNT) de la Laguna Garzon.						
Fecha		Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
2021	Verano	G1, norte	7.1	7.9	20.8	13.5
		G3, sur	6.9	8.2	21.7	8.6
	Otoño	G1, norte	9	7.8	15.1	54
		G3, sur	8.9	7.9	14.8	10
	Invierno	G1, norte	9.9	8.2	12.9	0
		G3, sur	10	8.3	13	0
	Primavera	G1, norte	9.3	7.7	19.4	113
		G3, sur	7.3	8.2	19.3	70.6
2022	Verano	G1, norte	7.7	7.4	24.2	24.5
		G3, sur	6.4	7.6	23.4	5.3
	Otoño	G1, norte	9	7.4	15.1	17.1
		G3, sur	8.9	7.7	14.7	7.5
	Invierno	G1, norte	11.2	8	11.4	0.1
		G3, sur	8.9	8	11.1	0.5
	Primavera	G1, norte	7.9	8.1	19.5	0
		G3, sur	9.4	8.1	19.6	6.9

El pH mostró valores entre 7.4 y 8.3, con poca variación durante todo el año, ambos sitios presentaron valores muy similares (Tabla 11). La turbidez fue muy variable, registrando valores por debajo del límite establecido por la normativa ( $\leq 50$  UNT, Decreto 253/79), excepto en primavera de 2021, donde se observaron valores superiores en ambos sitios (Tabla 11), posiblemente debido a las condiciones de viento durante el muestreo.

La conductividad presentó valores bajos durante todo el período, con variación entre 4.3 y 43.6 mS/cm y un promedio de  $12.7 \pm 12.4$  mS/cm. En verano de 2021 se registró el máximo en ambos sitios de monitoreo (Figura 10). Cabe destacar que la barra permaneció cerrada durante todos los muestreos y casi todo el período.

El NT fluctuó entre 454.9 y 1596.1 (promedio de  $765.5 \pm 287.7$ ) y la Clo-a varió entre 1.0 y 12.5 µg/L (promedio de  $5.6 \pm 3.5$  µg/L). Ambos mostraron un patrón estacional y espacial similar, con máximos registrados en otoño de 2021 y en verano y otoño de 2022 (Figura 9). El PT en general presentó valores

bajos y constantes a lo largo del período entre 28.8 y 136.0 (promedio de  $49.7 \pm 24.7$ ), con un aumento importante de la concentración en otoño de 2022 en el sitio norte, coincidente con el mayor valor registrado de NT en el período. Tanto el PT como el NT estuvieron dentro del rango de concentración histórica registrada (DINAMA *et al* 2021) y por encima o cercanos a los estándares establecidos por la normativa nacional (Decreto 253/79) y valores guía (Mesa técnica del agua 2017) respectivamente. La clorofila *a* superó el valor guía en otoño de 2021 y en verano de 2022 únicamente en el sitio norte, el que presentó valores levemente más altos que el sur durante todo el año.

Según la concentración de Clo-*a* en agua (OCDE, 1982) la Laguna Garzón se clasificó en estado oligotrófico; y según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider *et al.* (1998), considerando las concentraciones de nutrientes totales, la laguna se catalogó en estado eutrófico o altamente productiva.

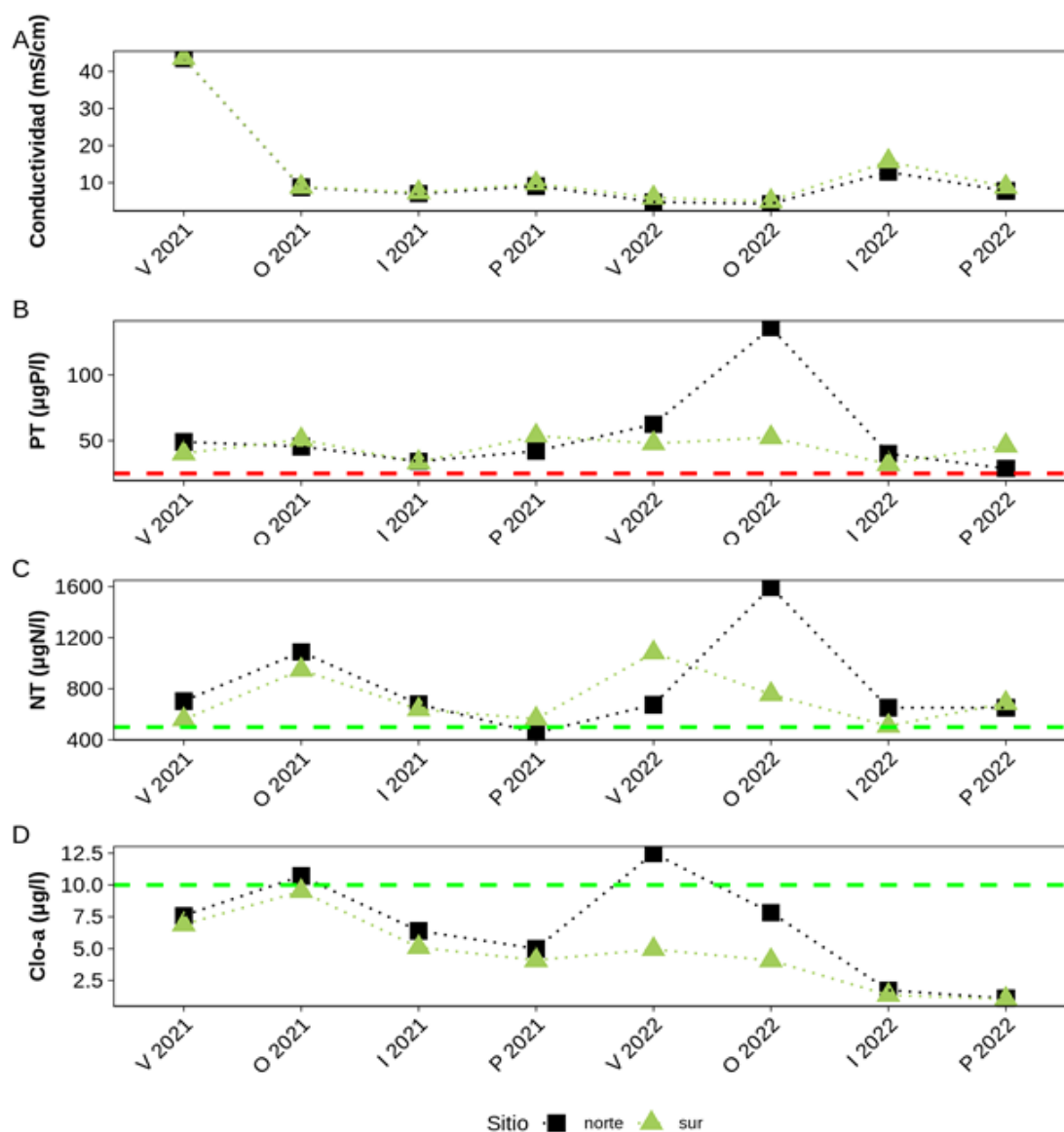


Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Clo-*a*) (D) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 953/77 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

## 2.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento tuvieron valores dentro del rango normal del sistema (Tabla 12). En general se registraron valores algo mayores en el norte respecto al sur de NT, PT y MO, excepto en otoño e invierno de 2021. El NT en sedimento mostró el mismo patrón que el NT del agua, presentado los máximos valores en otoño al igual que el PT del sedimento. La MO del sedimento presentó diferencias más marcadas entre norte y sur en invierno.

Tabla 12. Variables de sedimento: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS), metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr, mg/kg) y compuestos fitosanitarios (glifosato, clorpirifos (mg/kg), cipermetrina, simazina malatión (µg/kg)) determinados en el sedimento de la Laguna Garzón durante el 2021. 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)	Pb (mg/kg)	Hg (µg/kg)	As (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Glifosato (mg/Kg)	Cipermetrina (µg/kg)	Malatión (µg/kg)	Simazina (µg/kg)	Clorpirifos (mg/kg)
2021	Ver	G1, norte	131.4	164.7	76.2	6.9	32	<15	12	0.95				
		G3, sur	116.8	150.1	45.2	4.4	19	<5.0	7.6	0.5				
	Oto	G1, norte	211	467.2	11.3									
		G3, sur	222.1	519	10.4									
	Inv	G1, norte	215	101.3	84.2									
		G3, sur	90	140.7	10.6									
	Pri	G1, norte	267	157.8	101.1	10	34	<3.0	11					
		G3, sur	261.2	132.3	98.7	7	23	<15	<9.0					
2022	Ver	G1, norte	96.1	195	17		6,0	<2,0			<1,2	<1,7	<1,1	
		G3, sur	59.3	80.5	14.1	2.1	<10	<2,0			<1,2	<1,7	<1,1	
	Oto	G1, norte	224.3	464.7	76.8									
		G3, sur	113.7	132.5	35.7									
	Inv	G1, norte	192.1	146.7	100									
		G3, sur	84	53.6	26.7									
	Pri	G1, norte	177.7	90.7	46	15	7,0	4,4	16	1,53				0,080
	Ver	G3, sur	143.4	25	45.1	11	23	3,6	13					
Límite de Detección:		5	50		0.4	2	0.3		1	0.12-0.45				0,05
Límite de Cuantificación:		10	100		2	7	0.9		3	0.35-1.05	1.0	1.0	1.0	

Los fitosanitarios y contaminantes analizados, en general registraron concentraciones por debajo de los límites analíticos, a excepción del glifosato, cipermetrina, clorpirifos, malatión y simazina (Tabla 12). El glifosato registró valores cuantificables en verano en 2021 en ambos sitios de monitoreo, y en 2022 en el sitio norte. El Clorpirifos solo se observó en primavera 2022 en el sitio norte. Por último, respecto a la cipermetrina, malatión y simazina, éstos presentaron valores muy cercanos a los límites analíticos en verano del 2022 en ambos sitios de monitoreo. Cabe mencionar que 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

El fitoplancton estuvo representado por 32 taxa, 23 corresponden a diatomeas, 3 a cianobacterias 3 zygnemataceas, 1 dinoflagelados y 2 clorofitas. Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el año en ambos sitios. La máxima abundancia se registró en verano de 2022, coincidente con el máximo de Clo-a del agua, siendo el sitio sur el que mostró los mayores valores (Figura 11A), debido fundamentalmente a la abundancia de diatomeas (Figura 11C) y en segundo lugar de cianobacterias (Figura 11B) principalmente *Woronichina sp* (no tóxica). Las cianobacterias mostraron un leve aumento también en otoño 2022, en este caso *Merismopedia sp* (no tóxica) pero fue casi imperceptible en la abundancia total.

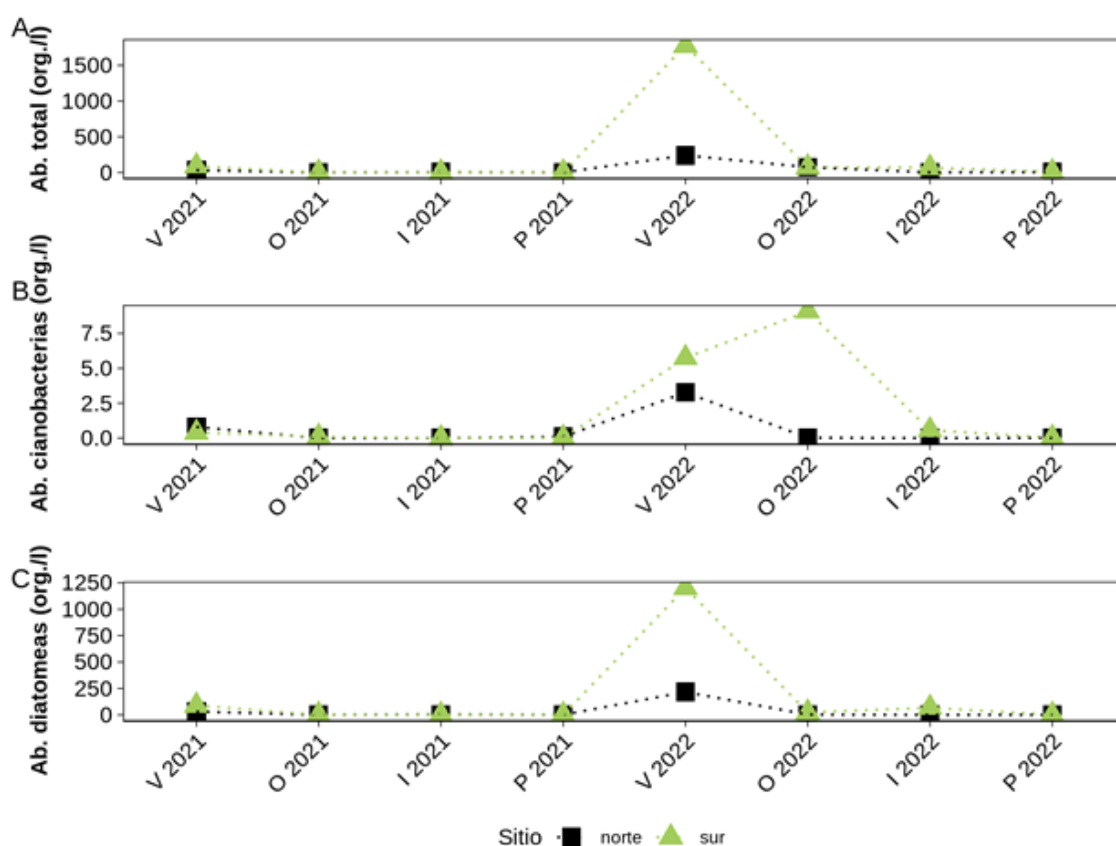


Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

En cuanto al bentos, en general el sitio sur presentó mayor riqueza y el sitio norte la mayor abundancia (Figura 12). Los máximos de abundancia se registraron en el sitio norte en otoño de 2021 y verano 2022, en cambio el sur los registró en invierno 2021 y verano 2022. Las especies más abundantes en el norte fueron el molusco *Heleobia aff australis*, el poliqueto *Nephtys fluviatilis*, seguido del molusco *Erodona mactroides*. En el sur las especies más abundantes fueron *Amphibalanus improvisus* especialmente en algunos muestreos, seguido de *Heleobia aff australis* y *Nephtys fluviatilis*.

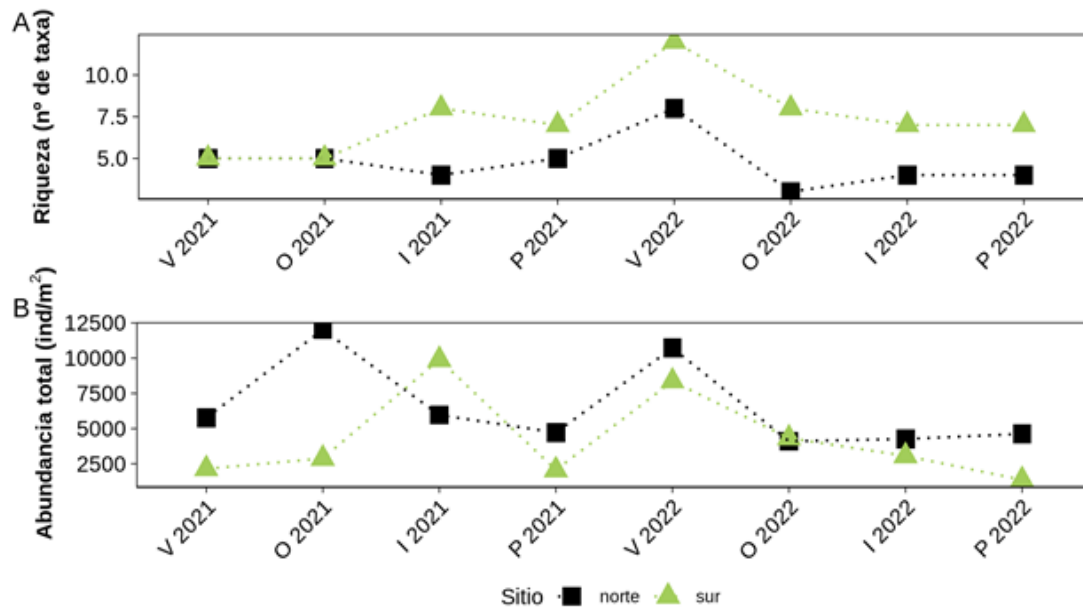


Figura 12. Variación espacial y estacional de riqueza de bentos (A) y abundancia de bentos (B) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

El íctioplancton se registró en los sitios norte y sur en verano y primavera de ambos años (Figura 13). La primavera 2021 fue la estación donde se observaron las mayores abundancias, siendo algo mayor en el norte que en el sur ( $539 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$  y  $429 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$ , respectivamente). En todas las muestras analizadas, la abundancia de íctioplancton estuvo dominada por larvas a excepción del verano 2021 donde predominaron huevos, con una abundancia de  $32 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$ . En cuanto al grupo de misidáceos, en todas las estaciones del año a excepción del invierno fueron predominantes en el sitio sur. La mayor abundancia se registró en primavera 2022 y 2021 con  $223$  y  $125 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$  respectivamente. En el sitio norte fueron predominantes en verano 2022 y 2021 con abundancias de  $97$  y  $64 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$  respectivamente.

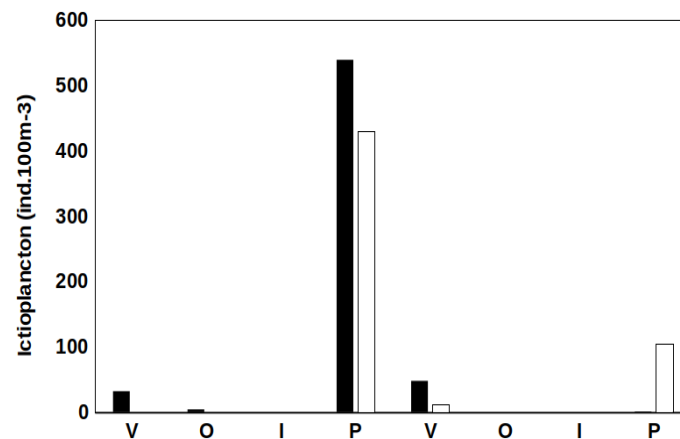


Figura 13. Variación espacial y estacional del íctioplancton ( $\text{ind.}100\text{m}^{-3}$ ) de la Laguna Garzón. Norte (negro) y sur (blanco).

En relación a los invertebrados de importancia comercial, durante los años 2021 y 2022 no se registró zafra del camarón (*P. paulensis*).

## 2.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes registraron valores muy bajos cercanos a los límites analíticos durante todo el año (Tabla 13), siempre por debajo del estándar establecido para aguas para recreación (Decreto 253/79). No se registraron floraciones de cianobacterias en este período.

Tabla 13. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna Garzón.

Cianobacterias en la Laguna Garzón.				
Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias	
2021	Verano	G1, norte	<4	No
		G3, sur	<4	No
	Otoño	G1, norte	<2	No
		G3, sur	6	No
	Invierno	G1, norte	<2	No
		G3, sur	<2	No
	Primavera	G1, norte	<2	No
		G3, sur	6	No
2022	Verano	G1, norte	<2	No
		G3, sur	30	No
	Otoño	G1, norte	4	No
		G3, sur	<2	No
	Invierno	G1, norte	2	No
		G3, sur	<2	No
	Primavera	G1, norte	<2	No
		G3, sur	<2	No

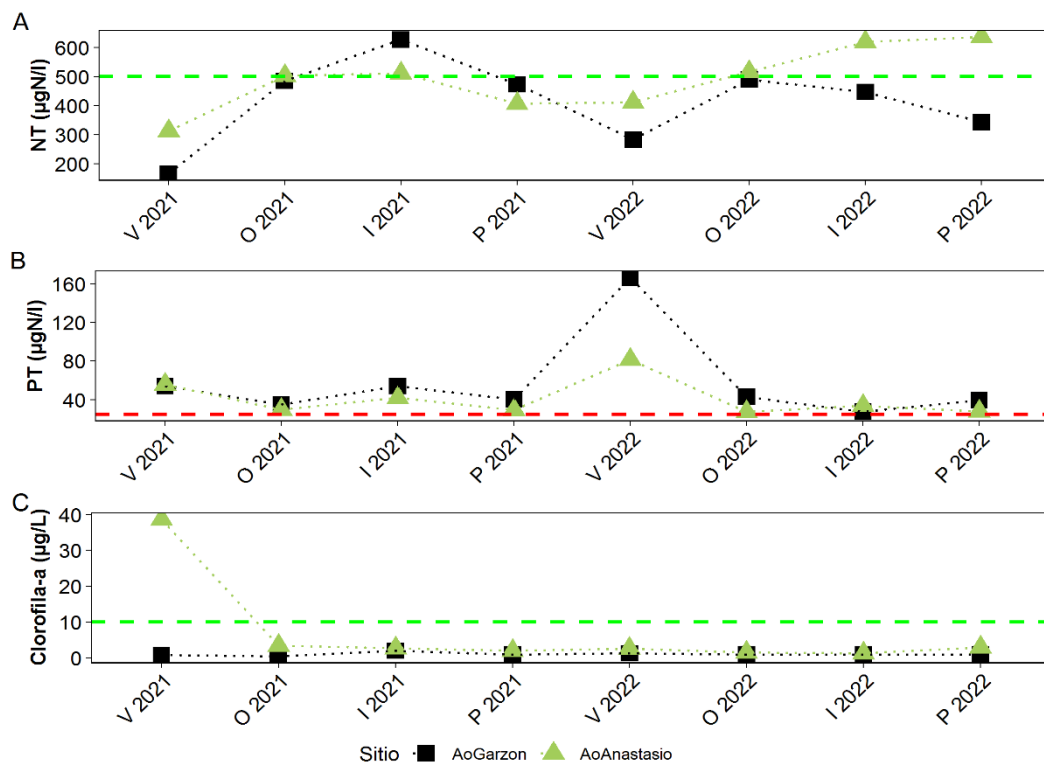
## 2.6 Tributarios: Calidad del agua

La temperatura durante el período registró el valor mínimo (8.9°C) en invierno 2022 y la máxima (29.8°C) en verano 2021 ambos valores tuvieron lugar en el Arroyo Anastasio, mostrando esta variable un comportamiento estacional en ambos afluentes (Tabla 14). Los valores de pH se mantuvieron durante el período dentro del rango estándar de la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5). los valores registrados de oxígeno disuelto cumplieron durante todo el período con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L), observándose la concentración mínima en verano (5.2 mgO<sub>2</sub>/L) y el máximo en invierno (12 mgO<sub>2</sub>/L), ambos en el año 2022 en el arroyo Anastasio (Tabla 14). La conductividad registró un máximo de 1210 en  $\mu$ S/cm en el verano del 2022 en el arroyo Anastasio (Tabla 14), este valor podría deberse a bajo caudal, sin embargo, no se cuenta con datos para corroborar este indicio.

Tabla 14. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del período 2021 - 2022: Temperatura (T, °C), Conductividad, (μS /cm), pH, oxígeno disuelto (mgO2/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna Garzón: A° Garzón (G4) y A° Anastasio (G5). En invierno 2021 no se registraron datos de pH.

Tributario	Año	Estación	T (°C)	Conductividad (μS/cm)	pH	OD (mgO2/L)	Turbidez (UNT)
A° Garzón (G4)	2021	Verano	22.2	381	7.42	6.71	1.3
		Otoño	13.53	187	7.45	9.71	13.4
		Invierno	14.06	126	-	6.36	46.1
		Primavera	19.8	142	7.34	6.54	2.0
	2022	Verano	22.6	175	7	7.8	11.6
		Otoño	13.06	222	7.83	9.23	8.4
		Invierno	9.41	166	7.33	10	9.0
		Primavera	16.6	183	7.36	10.51	0
Cda° Anastasio (G5)	2021	Verano	29.8	1210	8.06	-	60
		Otoño	10.77	460	8.12	7.0	0.0
		Invierno	14.51	302	-	8.12	20.1
		Primavera	24.1	319	7.3	8.01	0.0
	2022	Verano	24.8	342	7.07	5.2	2.4
		Otoño	12.5	594	7.17	6.74	0.6
		Invierno	8.91	436	7.28	12	0.0
		Primavera	20	701	7.99	6.75	0.0

La turbidez presentó valores entre 0.0 y 60.0 UNT (Tabla 14), registrándose el mínimo en otoño y primavera y el máximo en verano, ambos en 2021 en el arroyo Anastasio. El valor máximo fue el único valor que superó el estándar de la normativa ambiental nacional ( $\leq 50.0$  NTU).





En general, ambos tributarios presentaron el mismo patrón estacional inverso para el NT y el PT (Figura 14). El NT en ambos tributarios en general registró los valores máximos en invierno y los mínimos en verano, siendo mayoritariamente valores de cumplimiento o muy cercanos a los valores guía propuesto por la Mesa técnica del agua (2017) (Figura 14A). El PT presentó en ambos tributarios sus valores máximos en verano e invierno y los mínimos tuvieron lugar en otoño y primavera (Figura 14B). Todos los registros de PT, incumplieron con el estándar del decreto vigente ( $\leq 25 \mu\text{g P/L}$ ).

La clorofila a fluctuó en un rango de entre  $1 \mu\text{g/L}$  (límite analítico) y  $38.4 \mu\text{g/L}$  (Figura 13C), registrándose el mínimo en el arroyo Garzón en otoño 2021 y otoño, invierno y primavera 2022 y el máximo en el arroyo Anastasio en verano de 2021. Para este variable únicamente el máximo registrado incumplió con el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017) ( $10 \mu\text{g/L}$ ).

## 2.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores por debajo del límite admitido por la normativa ( $<2000$ , UFC/mL), con excepción de los máximos registrados en invierno del año 2021 en ambos tributarios (Tabla 15). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 para ninguno de los dos arroyos afluentes monitoreados.

Tabla 15. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en los principales tributarios de la Laguna de Garzón: A° Garzón (G4), A° Anastasio (G5).

Tributario	Año	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° Garzón (G4)	2021	Verano	900	S/registro
		Otoño	350	
		Invierno	4500	
		Primavera	250	
	2022	Verano	360	S/registro
		Otoño	260	
		Invierno	180	
		Primavera	208	
Cda° Anastasio (G5)	2021	Verano	160	S/registro
		Otoño	550	
		Invierno	2500	
		Primavera	520	
	2022	Verano	80	S/registro
		Otoño	110	
		Invierno	150	
		Primavera	24	

## 2.8 Síntesis

La Laguna Garzón, durante el período 2021-2022 estuvo un período de tiempo muy corto conectada con el mar (20 % del año en 2021 y 6% del año en 2022). La barra permaneció cerrada durante todos los muestreos, registrando dos aperturas artificiales en junio y setiembre de 2021 y una en julio de 2022. El tiempo de conexión en 2021 fue similar a los valores medios registrados para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999), siendo un poco menor en 2022. Los valores relativamente elevados de conductividad registrados en verano se debieron posiblemente a que la barra se cerró en primavera de 2020, por lo cual la evaporación y las bajas precipitaciones habrían mantenido la conductividad elevada. Por otro lado, pese a que la laguna estuvo conectada al mar durante dos meses en invierno en 2021 y un mes en 2022, esto no se vio reflejado en la conductividad.

Los indicadores de calidad del agua no registraron diferencias marcadas entre los sitios de muestreo y las estaciones del año excepto en otoño de 2022, en que el sitio norte presentó valores muy superiores al sur de NT y PT. Esto posiblemente esté asociado al ingreso de agua desde la cuenca. Cabe destacar que los nutrientes, tanto el NT como el PT estuvieron por encima o cercanos a los límites establecidos por la normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). Según la concentración de clorofila *a* en agua en este período, 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 se catalogó como altamente productiva, o en estado eutrófico. El resultado de estos índices indica que, si bien la concentración de clorofila *a* en la laguna es baja, a su carga de nutrientes es alta, lo cual muestra que este ecosistema se encuentra en un estado vulnerable. Donde la alta carga de nutrientes le da a este sistema la potencialidad de desarrollar masivamente plantas acuáticas o floraciones de cianobacterias, implicando consecuencias ecosistémicas y ambientales: reducción de la biodiversidad, empobrecimiento de la trama trófica, pérdida de servicios ecosistémicos, entre otros.

Los indicadores de calidad del sedimento (PTsed, NTsed, MO) mostraron valores dentro del rango normal para el sistema (DINACEA *et al.*, 2021), observándose en general un gradiente N-S para dichas variables. Los metales analizados en sedimento, registraron valores cuantificables de, As, Cr, Cu, Pb y Hg. Cabe destacar, que todos los valores estarían por debajo del estándar planteado por la normativa internacional de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG)).

Los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (Anexo 1), durante el período de estudio se registraron concentraciones cuantificables de glifosato, clorpirifos, malatión cipermetrina y simazina, siendo en general valores cercanos a los límites analíticos. Estos compuestos como ya se mencionó provienen de fuentes antrópicas, como ser: de aguas residuales urbanas, escorrentía agrícola, entre otros (Newton *et al.*, 2014). En esta cuenca los centros urbanos son pequeños y no presenta actividad industrial, asimismo la agricultura es baja y ocupa el 8.2% (DINACEA *et al.*, 2021), por tanto, queda planteada la necesidad de

determinar el origen de los mismos, para lo cual sería importante analizar estos parámetros en el monitoreo de los tributarios de esta laguna.

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 varias especies de cianobacterias, ninguna tóxica (*Merismopedia sp.*, *Aphanotece sp.* y *Woronichina sp.*). En cuanto al bentos, se registraron valores de riqueza y abundancia dentro de los rangos normales para esta laguna (Meerhoff *et al.* 2013, DINACEA *et al.* 2021). No se registraron cambios sustanciales respecto de estudios previos, presentando una comunidad típicamente estuarina (Jorcin 1999, Meerhoff 2009, Meerhoff *et al.* 2013).

El ictioplancton se registró en todas las estaciones del año excepto en invierno, observándose en primavera las mayores abundancias. Predominaron las larvas frente a los huevos en todas las muestras analizadas. En cuanto al grupo de misidáceos, éstos fueron predominantes en el sur en todas las estaciones del año a excepción del invierno, registrando la mayor abundancia en primavera. En relación a los invertebrados de importancia comercial, cabe destacar que la barra estuvo cerrada durante primavera – verano, tanto 2020 – 2021, como en 2021 – 2022, por lo cual, no se registraron ingresos de post-larvas de camarón a la laguna, y por tanto no hubo zafra.

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 cercanos a la normativa ambiental (27.4 µg P/L). 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 período estudiado y las concentraciones de los coliformes termotolerantes, tanto en la laguna como en los tributarios, en general cumplieron con la normativa ambiental (decreto 253/79).

### 3. Laguna de Rocha

La cuenca de 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 16 se describen las principales características de la cuenca y en la Figura 15 se muestran los sitios de monitoreo.

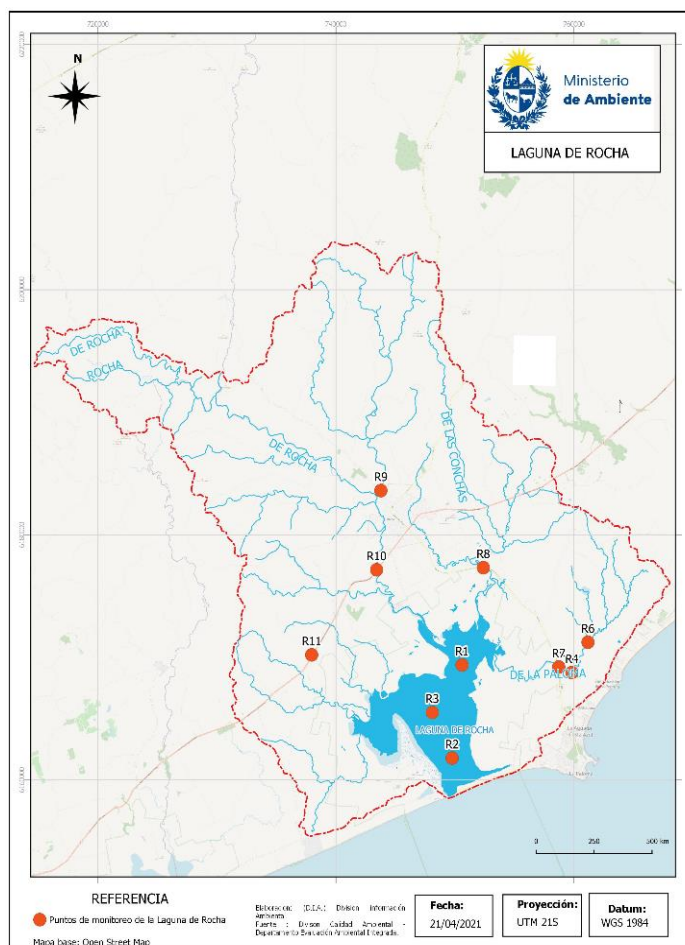


Figura 15. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha.

Tabla 16. 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 Laguna de Rocha estuvo conectada con el mar el 61 % del año en 2021 y el 41 % en 2022. Durante el 2021 se registraron 3 aperturas artificiales (Figura 16). En enero se produjo el cierre natural y fue intervenida en dos ocasiones a comienzos de febrero, pero sin el resultado esperado de apertura, al cerrarse el mismo día por cambio de viento y aumento de oleaje del mar. La tercera intervención, a fines de abril (30 abril), fue exitosa y la condición de abierta se mantuvo hasta mitad de octubre (13 octubre). En el año 2022 la laguna estuvo conectada con el mar desde mediados de mayo hasta principios de agosto, (apertura natural de la barra debido a los efectos asociados a un ciclón subtropical con vientos muy fuertes del S, SE y SW), y luego desde fines de agosto a principios de octubre.

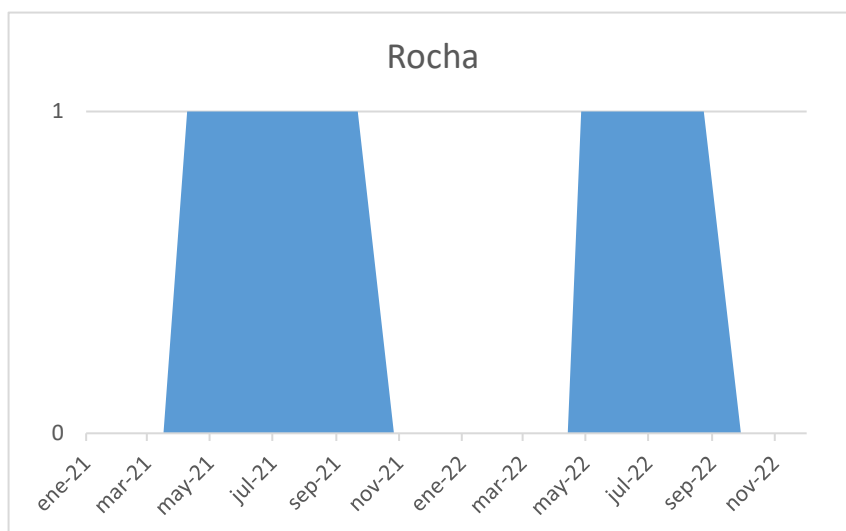


Figura 16. Condición de la barra de la laguna de Rocha (donde 1=barra abierta).

### 3.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas in situ estuvieron todas dentro del rango normal para el sistema (Tabla 17). La temperatura mostró un patrón estacional con un máximo de 26.3 °C en verano de 2022 y un mínimo de 11.8 °C en invierno del mismo año. Cabe mencionar que en invierno del 2021 la temperatura fue algo mayor debido a que el muestreo se realizó más cercano a la primavera. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L), oscilando entre 7.2 y 9.9 mg O<sub>2</sub>/L.

Tabla 17. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD, mgO<sub>2</sub>/L) y turbidez (NTU) de la Laguna de Rocha.

mgO2/L y turbidez (NTU) de la Laguna de Rocha						
Fecha	Sitio de monitoreo	OD (mgO2/L)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	
2021	Verano	R1, norte	8.8	8.3	23.8	1.6
		R3, centro	8.6	7.5	22	0
		R2, sur	8.2	7.8	22.4	0
	Otoño	R1, norte	9.9	8.4	14.1	10.3
		R3, centro	8.9	8.4	12.6	5.6
		R2, sur	8	8.3	13.4	0
	Invierno	R1, norte	9.4	8.3	14.5	0
		R3, centro	8	8.2	16.7	39.5
		R2, sur	8.1	8.3	16	0
	Primavera	R1, norte	8.3	7.8	19.2	131
		R3, centro	7.2	7.8	18	153
		R2, sur	7.9	7.9	17.2	120
2022	Verano	R1, norte	8.2	-	26.3	11.1
		R3, centro	8.3	7.5	22.9	1.6
		R2, sur	7.5	7.7	22.7	0.9
	Otoño	R1, norte	8.4	7.3	14.9	9.7
		R3, centro	7.8	7.5	15	0
		R2, sur	8.1	7.7	15.2	0
	Invierno	R1, norte	8.7	8.3	11.8	14.3
		R3, centro	9.2	8.3	11.8	0
		R2, sur	9.5	8.7	12.5	0
	Primavera	R1, norte	7.8	8.2	22.4	103
		R3, centro	7.6	8.8	19.6	31.4
		R2, sur	8.2	8.5	20.1	13.3

En general el pH mostró valores medianamente básicos, alrededor de 8, encontrándose todos los valores dentro del rango admitido por el Decreto 253/79 (Tabla 17). La turbidez fue muy variable, destacándose los mayores valores en primavera de 2021, donde se superó el valor admitido por la normativa ( $\leq 50$  UNT) en todas las estaciones, al igual que en primavera de 2022 en el sitio norte.

La conductividad varió entre 3.92 y 41.8 mS/cm (promedio de  $15.5 \pm 8.5$  mS/cm), presentó el valor máximo en otoño de 2021 para los tres sitios, coincidiendo con la apertura de la barra (Figura 17A), que estuvo abierta en los muestreos de otoño e invierno de ese año. Los nutrientes totales y la clorofila a registraron su máximo en primavera durante un período de barra cerrada (Figura 17D) y bajos valores de conductividad. El siguiente valor máximo para estas variables se registró en primavera de 2022.

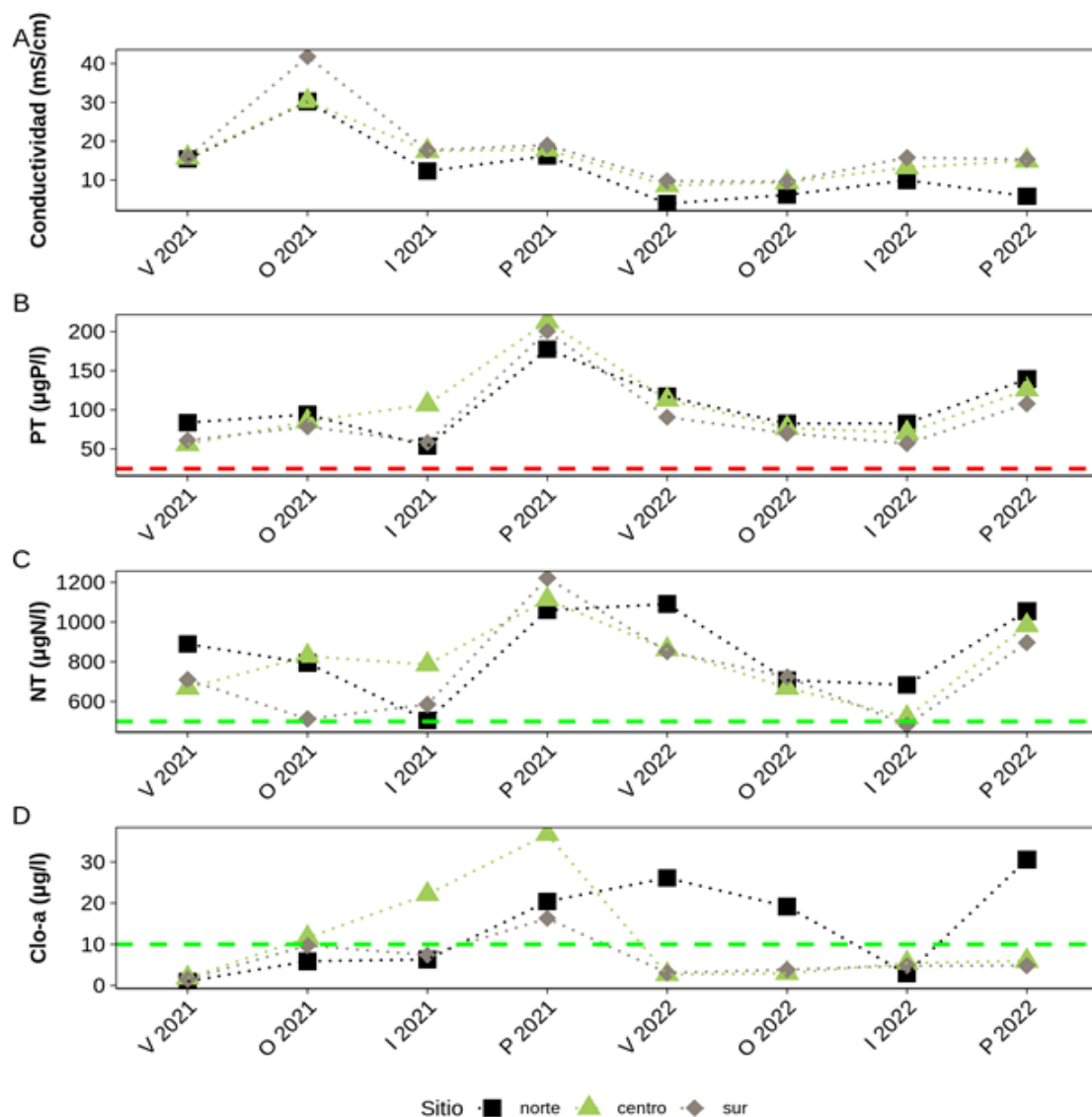


Figura 17. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila a (Clo-a) (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

El NT registró un rango de valores entre 482.2 y 1222.0 µg N/L (promedio de 799.9 ± 210.2 µg N/L), el PT entre 53.6 y 212.9 µg P/L (promedio de 100.1 ± 44.1 µg P/L), mientras que la Clo-a fluctuó entre 1.0 y 36.7 µg/L (promedio de 10.5 ± 10.1). Las tres variables mostraron un patrón similar en el tiempo (Figura 17). Tanto el NT como el PT estuvieron siempre por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). La Clo-a superó el valor guía en primavera de 2021 en los tres sitios, aunque el sitio central mostró una tendencia creciente sostenida desde el otoño hasta primavera, superando los 30 µg/L. En 2022, el sitio norte superó el valor guía sugerido en los muestreos de verano, otoño y primavera. Según la concentración de Clo-a en agua (OCDE, 1982) la Laguna de Rocha se clasificó en estado mesotrófico; y según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider

et al. (1998), considerando las concentraciones de nutrientes totales, la laguna se catalogó en estado eutrófico o altamente productiva.

### 3.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento presentaron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 18), no se observó un patrón espacial ni estacional muy marcado. El fósforo total siguió un patrón similar al de la materia orgánica, donde los máximos valores se encontraron en invierno de 2021, mientras que el nitrógeno se comportó diferente, con los máximos en primavera del mismo año. Se registró un aumento sostenido de la concentración de PT y NT del sedimento en el sitio centro de la laguna desde invierno de 2021 en adelante, aunque no se observó ninguna tendencia con el contenido de materia orgánica.

Tabla 18. Variables de sedimento: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS), metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr, mg/kg) y agroquímicos (glifosato, (mg/kg), cipermetrina y malatión (µg/kg)), determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha durante el 2021. 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)	Glifosato (mg/Kg)	Cipermetrina (µg/kg)	Malatión (µg/kg)	Simazina (µg/kg)	
2021	Verano	R1, norte	98.9	137	17	3.1	<5.0	3.9	590	0.63			
		R3, centro	64.3	98.3	9.1		<5.0		3.5				
		R2, sur	73.9	<LD	14.9	2.2	<5.0	4	9.5	0.74			
	Otoño	R1, norte	64	73.9	23.8								
		R3, centro	80.5	148.3	41.7								
		R2, sur	124.7	184.2	32.7								
	Invierno	R1, norte	117.3	65.2	27.2								
		R3, centro	39	54.9	17.3								
		R2, sur	315.3	169.7	103.4								
	Primavera	R1, norte	95.6	64.2	20.7	3	<8.0	3.1	10				
		R3, centro	64.2	93.4	14.7	1.1	<5.0		3.7				
		R2, sur	162.7	208.8	84.5	12	<9.0	18	38				
2022	Verano	R1, norte	81.9	63.6	22.3	2,1	<5,0		7,4				
		R3, centro	100.1	121	79.8	13	<5,0	14	35	<1,2	<1,7	<1.1	
		R2, sur	80.4	25	17.8		<2,0		5,3				
	Otoño	R1, norte	78.5	50.1	15.5								
		R3, centro	197.6	134.6	74.3								
		R2, sur	92.4	25	25.5								
	Invierno	R1, norte	108.4	76.4	21.3								
		R3, centro	208.2	130.9	102.1								
		R2, sur	101.8	66.2	35.6								
	Primavera	R1, norte	181.3	154.4	27.4	3,9	1,7	5,8	11	1,63			
		R3, centro	224.4	177.5	63.6	10	4,0	15	24	2,06			
		R2, sur	118.3	25	19.8		<1,0		4,8	1,55			
Límite de Detección:		5	50		0.4	NA	1	0.3	0.45-1.25				
Límite de Cuantificación:		10	10		2	NA	3	0.9	0.35	1.0	1.0	1.0	



Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados, se registraron valores cuantificables de glifosato, cipermetrina y malatión. El glifosato registró valores cuantificables en las estaciones de monitoreo centro y sur únicamente en verano 2021 y en primavera 2022 en todos los sitios (Tabla 18). La cipermetrina y el malatión únicamente se observaron valores en el sitio del centro en verano 2022. Cabe resaltar que en general, las concentraciones registradas fueron muy cercanas a los límites analíticos. Sin embargo, no pudieron ser evaluadas debido a que no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para este parámetro en sedimento.

### 3.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 39 taxa, de los cuales 27 correspondieron a diatomeas, 6 a cianobacterias, 3 a dinoflagelados, 1 a zygnemataceas, 1 clorofita y 1 euglenofícea. Se registraron dos picos de abundancia total (Figura 18A), uno en primavera de 2021 en el sitio sur, que coincidió con los mayores valores de clorofila a y nutrientes, y otro en verano del mismo año en el norte, ambos debidos a la abundancia de diatomeas (Figura 18C).

Las diatomeas fueron dominantes en todos los sitios durante todo el período, principalmente *Melosira moniliformis*, especie típica de esta laguna. En invierno de 2021 hubo una gran abundancia de dinoflagelados debido a la especie *Prorocentrum cordatum*, principalmente en el punto sur. Esta especie es un dinoflagelado estuarino no tóxico que suele registrarse en alta abundancia en esta laguna, ya en otoño 2021 se había registrado, principalmente en el punto central. En otoño 2021 también se registró *Noctiluca scintillans* (dinoflagelado marino) y *Coscinodiscus wailesii* (diatomea marina) en el punto sur, indicando ingreso de agua marina, al igual que en verano el registro de *Chaetoceros spp* (diatomea marina). Las cianobacterias fueron abundantes en primavera de 2021 (Figura 18B) compartiendo la dominancia con diatomeas, registrándose alta abundancia de *Aphanotece sp.* (no tóxica) en todos los sitios. En verano de 2022 se registró la presencia de *Dolichospermum* (tóxica) en el sitio norte.

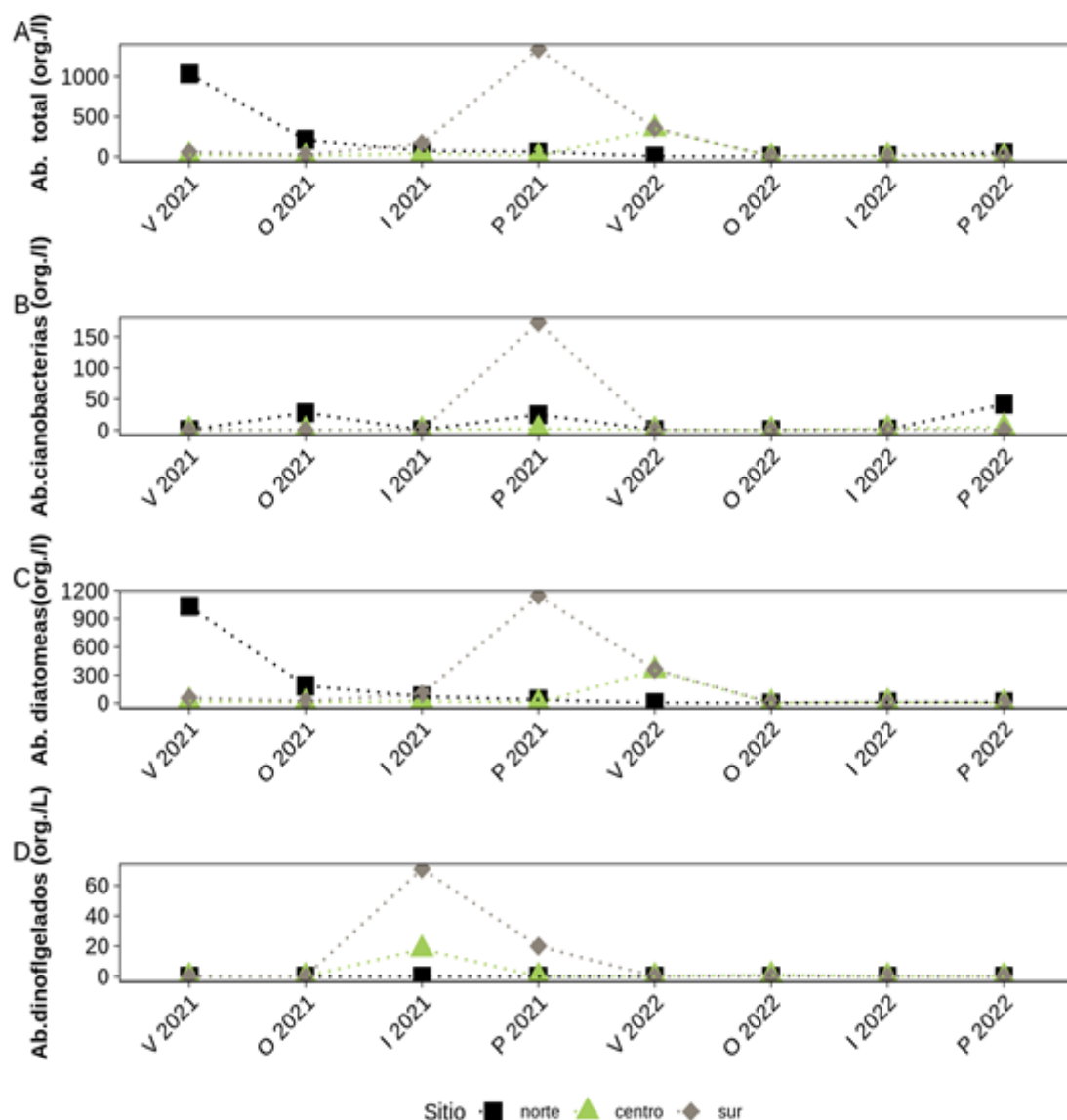


Figura 18. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas (C) y Abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo).

En relación al bentos, en general, el sitio sur presentó mayor riqueza y abundancia, seguido del norte (Figura 19), registrando el máximo valor en otoño de 2021 para riqueza, coincidiendo con los valores máximos de conductividad. Los picos de abundancia se registraron en primavera de 2022 y en otoño de 2021. Las especies más abundantes fueron el molusco *Heleobia aff australis* en el sur y en el norte el crustáceo *Cyprideis sp.*, *Heleobia aff australis* y el molusco *Erodona mactroides*.

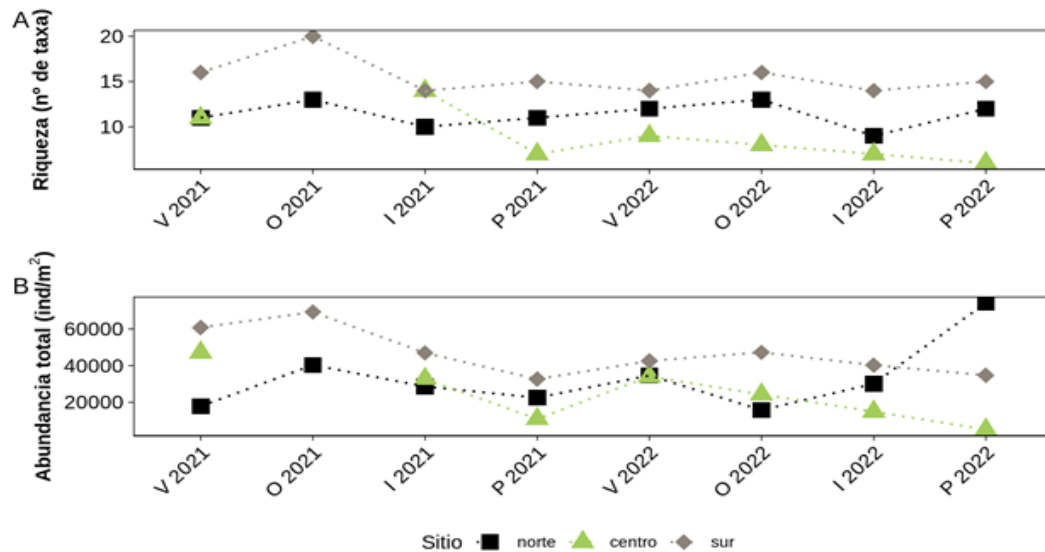


Figura 19. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo). No se tomaron muestras de bentos en el sitio centro en otoño de 2021.

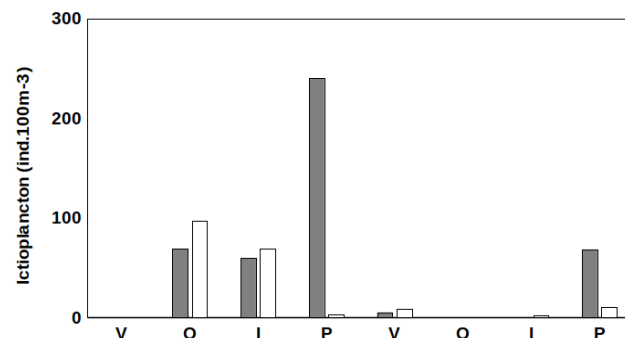


Figura 20. Variación espacial y estacional del íctioplancton (ind.100-3) de la Laguna de Rocha. Centro (gris) y sur (blanco).

Se registró íctioplancton en el centro y sur de la laguna, en todas las estaciones a excepción del verano 2021 (Figura. 20). La mayor abundancia (huevos + larvas) registrada fue en primavera 2021 en el centro ( $240 \text{ ind.100m}^{-3}$ ), seguido de otoño 2021 ( $97 \text{ ind.100m}^{-3}$ ), e invierno 2021 en el sur ( $59 \text{ ind.100m}^{-3}$ ). En general en todas las estaciones del año predominaron los huevos respecto a las larvas, sobretodo en 2021. En el año 2022 las abundancias de íctioplancton fueron bastante menores que el año anterior, y en algunos casos predominaron larvas respecto a huevos, por ej. verano, invierno y primavera 2022.

Al igual que el íctioplancton, el grupo misidáceos fue registrado en otoño (2021), invierno y primavera (de ambos años) en el centro y sur de la laguna. La mayor abundancia se observó en el sur en invierno de 2021 ( $498 \text{ ind.100m}^{-3}$ ). En el centro, la mayor abundancia se registró en otoño 2021 y primavera 2022 con 278

ind.100m<sup>-3</sup> y 235 ind.100m<sup>-3</sup> respectivamente. No se observó presencia de misidáceos en los veranos de 2021 y 2022.

En relación a los invertebrados de importancia comercial, en la Laguna de Rocha no se registró zafra del camarón (*P. paulensis*) durante los años 2021 y 2022.

### 3.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes fecales presentaron los valores máximos en el norte en invierno y primavera de ambos años (Tabla 19). En general los valores observados estuvieron muy por debajo de los máximos admitidos por la normativa, cercanos o por debajo de los límites analíticos (Tabla 19). No se registraron floraciones de cianobacterias en este período.

Tabla 19. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha.

Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100)	Floraciones cianobacterias	
2021	Verano	R1, norte	<4	No
		R3, centro	<4	No
		R2, sur	<4	No
	Otoño	R1, norte	<2	No
		R3, centro	<2	No
		R2, sur	4	No
	Invierno	R1, norte	18	No
		R3, centro	5	No
		R2, sur	2	No
	Primavera	R1, norte	14	No
		R3, centro	<2	No
		R2, sur	2	No
2022	Verano	R1, norte	<2	No
		R3, centro	<2	No
		R2, sur	<2	No
	Otoño	R1, norte	15	No
		R3, centro	8	No
		R2, sur	<2	No
	Invierno	R1, norte	22	No
		R3, centro	4	No
		R2, sur	<2	No
	Primavera	R1, norte	48	No
		R3, centro	4	No
		R2, sur	16	No

Debido a que en el período 2021-2022 no hubo zafra de camarón (*P. paulensis*) en esta laguna, no se realizaron análisis en musculo para esta especie. Por otro lado, las muestras ensayadas en 2022 en

músculo de cangrejo sirí, corvina blanca y pejerrey presentaron valores de mercurio por debajo de los límites máximos permitidos nacionales (Reglamento GMC12/11 MERCOSUR) e internacionales (Reglamento UE 1881/2006) para productos pesqueros de consumo humano: 0,05mg/kg para Cd, 0.30 mg/kg para Pb y 0.50 mg/kg para Hg. Cadmio y plomo no fueron detectables (Tabla 20).

Tabla 20. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de cangrejo Sirí (*Callinectes sapidus*), corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) y pejerrey (*Odontesthes argentinensis*) capturadas por la pesca artesanal en la laguna de Rocha en otoño 2022. 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
Sirí	8	-	0,13±0,03	8	-	ND	8	-	ND
Corvina blanca	2	-	0,12±0,03	2	-	ND	2	-	ND
Pejerrey	10	-	0,24±0,05	10	-	ND	10	-	ND

### 3.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ)

En los tributarios de la Laguna de Rocha la temperatura mínima (9.8°C) se registró en invierno 2022 en el arroyo Rocha y la máxima (26.2°C) en primavera 2022, en el arroyo La Palma (Tabla 21). 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 ( $\geq 5.0$  mg/L), siendo el arroyo La Palma (R4) el tributario que registró los valores mínimos ( $< 1.0$  mgO<sub>2</sub>/L), en el verano 2021 (Tabla 21). La concentración máxima del período se registró en invierno 2021 en el arroyo Rocha (R9) (10.5 mgO<sub>2</sub>/L).

El máximo de conductividad (14.14 mS/cm) se observó en el arroyo La Palma (R7) en el verano. Este valor fue varios órdenes de magnitud superior al resto de los valores registrados (Tabla 21). En general, todos los tributarios registraron concentraciones máximas de conductividad en verano, lo cual está asociado a agua salobre que se desplaza desde la laguna por efecto del viento. El mínimo de esta variable (145  $\mu$ S/cm) se registró en otoño 2022 en el arroyo Rocha. La turbidez presentó valores entre 4.3 UNT (Arroyo Las Conchas; R8) y 44 UNT (Arroyo La Palma; R7), cumpliendo todos los tributarios con la normativa ambiental ( $< 50.0$  NTU) (Tabla 21).

Tabla 21. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del 2021-2022: Temperatura (T, °C), Conductividad, (μS /cm), pH, oxígeno disuelto (mgO<sub>2</sub>/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 (μS/cm)	pH	OD (mgO <sub>2</sub> /L)	Turbidez (UNT)
A° La Palma	2021	Verano	R4	23.6	191	6.9	<1.0	11.1
			R7	21.9	14140	7.1	6.53	6.36
		Otoño	R4	13.3	191	7.2	5.82	24
			R7	13.2	2840	7.3	6.91	19.1
		Invierno	R4	14.7	267	7.1	6.5	31
			R7	13.1	221	7.3	8.7	25
		Primavera	R4	23.5	594	7.85	7.03	12.4
			R7	20.1	4959	7.58	8.12	13.5
	2022	Verano	R4	23.2	250	7.1	4.55	15.2
			R7	22.9	1400	7	3.7	7.12
		Otoño	R4	10	231.5	7.23	9.56	34.5
			R7	13.9	194	6.5	4.52	35.5
		Invierno	R4	10.5	293	7	7.6	44
			R7	12.5	327	7.5	7.4	32
		Primavera	R4	24.8	260	7	4.05	28.4
			R7	21.5	226	7.1	6.1	30.2
A° Las Conchas	2021	Verano	R8	22.1	6673	7.6	4.5	6.7
		Otoño		11.9	1034	7.2	4	9.6
		Invierno		11.8	353	7.4	7.8	16
		Primavera		20.9	515	7.9	9	9.9
	2022	Verano	R8	22.9	531	7.2	3.89	4.25
		Otoño		13	162	6.6	2.55	23.1
		Invierno		10.9	401	7.2	6	15
		Primavera		21.3	248	7.5	7.32	21.1
A° Rocha	2021	Verano	R9	20.4	214	7.6	7.8	8.9
			R10	22	261	7.4	7.1	7.4
		Otoño	R9	11.5	196	7.5	10.1	8.9
			R10	13	155	7.3	7.6	12.9
		Invierno	R9	11.3	163	7.3	10.5	15
			R10	11.9	171	7.1	8.5	13
		Primavera	R9	17.3	224	7.6	8.3	6.4
			R10	19.9	226	7.3	4.9	10.3
A° Rocha	2022	Verano	R9	21.6	212	7.6	7.5	7.02
			R10	23	203	7.2	3.83	7.82
		Otoño	R9	12	145	7.1	9.74	19.8
			R10	14.1	182	6.9	4.82	24.7
		Invierno	R9	9.8	182	7.4	10.5	13
			R10	11.2	196	7.2	8.3	14
		Primavera	R9	18.4	171	7.5	8.5	15.9
			R10	20.3	193	7.2	5.63	18.6
A° Tres Afluentes	2021	Verano	R11	22	811	8	7.1	9.4
		Otoño		14.1	462	7.6	7.9	13
		Invierno		13.3	188	7.6	9.6	14
		Primavera		21.9	588	8	7.7	5.8
	2022	Verano	R11	24	566	7.7	5.92	6.42
		Otoño		15.9	346	7	4.95	28.9
		Invierno		11.4	418	7.6	9.5	9.1
		Primavera		24.2	489	7.9	7.83	8.49

El nitrógeno total (NT) presentó valores entre 130  $\mu\text{g N/L}$  (R9) y 4200  $\mu\text{g N/L}$  (R7), los cuales se registraron en invierno 2021 y otoño 2022, 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  $\mu\text{g P/L}$  (R11) y 3460  $\mu\text{g P/L}$  (R8), el máximo se observó en verano arroyo en el arroyo Las Conchas (Figura 22). Todos los tributarios incumplieron con el estándar del decreto vigente ( $\leq 25 \mu\text{g P/L}$ ). Los valores más altos al igual que en informes anteriores se observaron en los arroyos La Palma y Las Conchas.

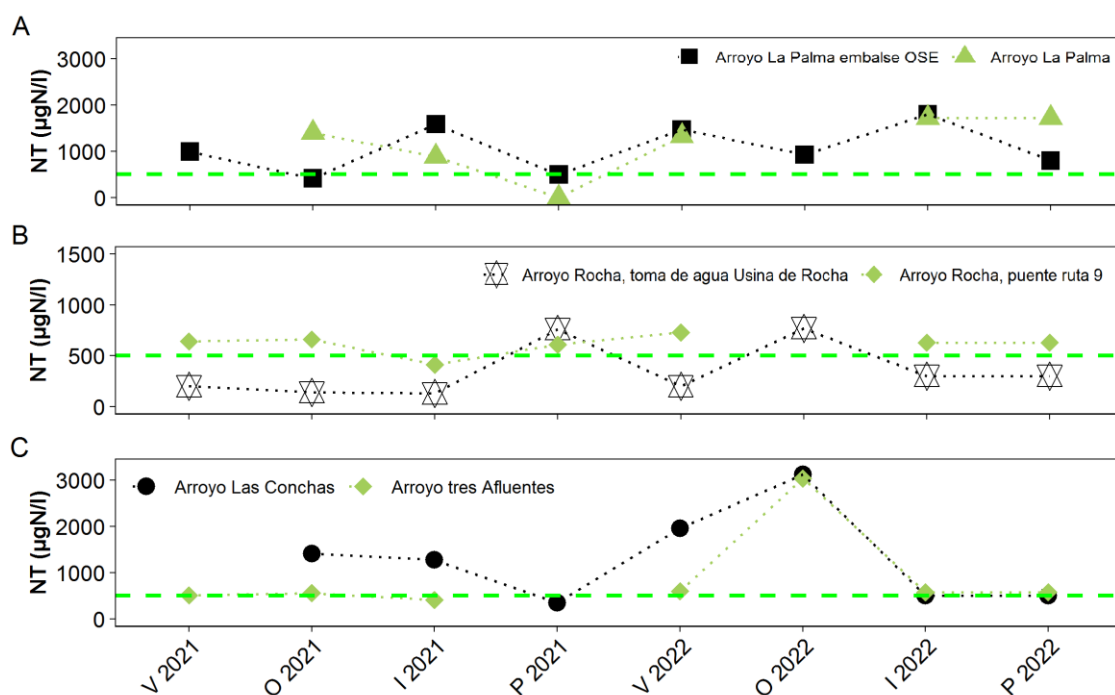


Figura 21. Variación espacial y estacional 2021- 2022 de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) A° La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) A° Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) A° Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y A° Las Conchas (estación R8 (círculo)).

La clorofila a fluctuó entre  $<0.1 \mu\text{g/L}$  (límite analítico) y  $35 \mu\text{g/L}$ , registrándose el máximo en el embalse del arroyo La Palma (R4) en verano 2022 (Figura 23). El arroyo Las Conchas presentó también elevadas concentraciones de este parámetro en verano en primavera y verano, superaron el valor de  $10 \mu\text{g/L}$  propuesto por la Mesa técnica del Agua (2017). En este sentido, los arroyos La Palma y Las Conchas al igual que en informes anteriores se identificaron como los tributarios más comprometidos en relación a los estándares ambientales de la cuenca (DINACEA et al, 2021). 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.

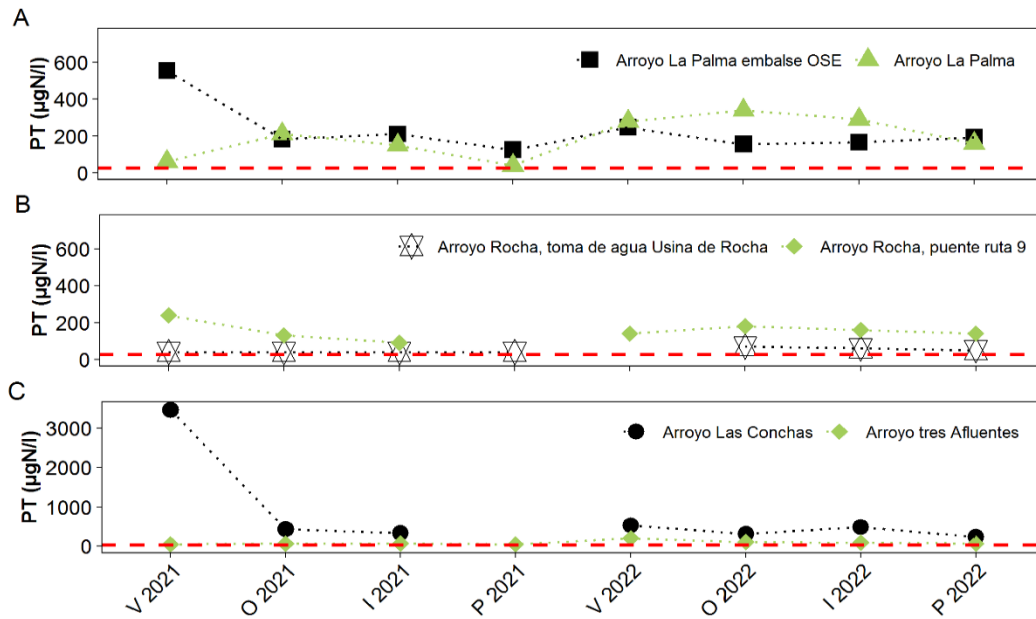


Figura 23. Variación espacial y estacional de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha 2021-2022: A) A° La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) A° Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo); C) A° Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y A° Las Conchas (estación R8 (círculo)).



Figura 22. Variación espacial y estacional de la concentración Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) A° La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) A° Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo); C) A° Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y A° Las Conchas (estación R8 (círculo)).



### 3.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL), con excepción de los máximos registrados en invierno en el arroyo La Palma y en verano en el arroyo Las Conchas (Tabla 22). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 en ninguno de los dos afluentes monitoreados (Tabla 22).

Tabla 22. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha en el 2021-2022.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes Termotolerantes	Floraciones
A° La Palma	2021	Verano	R4	160	no
			R7	170	no
		Otoño	R4	30	no
			R7	180	no
		Invierno	R4	8930	no
			R7	20	no
		Primavera	R4	30	no
			R7	15	no
	2022	Verano	R4	6000	no
			R7	600	no
		Otoño	R4	10	no
			R7	200	no
		Invierno	R4	310	no
			R7	130	no
		Primavera	R4	70	no
			R7	10	no
A° Las Conchas	2021	Verano	R8	20000	no
		Otoño		90	no
		Invierno		60	no
		Primavera		19	no
	2022	Verano		6	no
		Otoño		240	no
		Invierno		140	no
		Primavera		50	no
A° Rocha	2021	Verano	R9	700	no
			R10	117	no
		Otoño	R9	120	no
			R10	60	no
		Invierno	R9	70	no
			R10	1490	no
		Primavera	R9	8	no
			R10	14	no
		Verano	R9	19	no
			R10	93	no
A° Rocha	2022	Otoño	R9	310	no
			R10	6000	no
		Invierno	R9	170	no
			R10	3000	no
		Primavera	R9	90	no
			R10	220	no
	2021	Verano	R11	260	no
		Otoño		10	no
		Invierno		10	no
		Primavera		3	no
A° Tres Afluentes	2022	Verano		4	no
		Otoño		100	no
		Invierno		30	no
		Primavera		80	no

### 3.8 Síntesis

La conexión de la laguna de Rocha con el mar durante el período 2021-2022 se mantuvo dentro de los rangos de valores anuales observados para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999), siendo de 61% para el primer año y de 41% para el segundo. Se registraron 3 aperturas artificiales en 2021, la tercera intervención realizada en abril resultó exitosa y mantuvo la condición abierta de la laguna hasta mitad de octubre. A mediados de mayo de 2022 se produjo la apertura natural de la barra de la laguna que se mantuvo conectada hasta principios de agosto y posteriormente desde fines de agosto hasta principios de octubre.

En la Laguna de Rocha los indicadores de calidad del agua durante el período trabajado fueron relativamente similares entre sitios de muestreo, siendo mayores en primavera y verano, coincidiendo con períodos de barra cerrada. Estas variables superaron los límites establecidos por la normativa nacional en la mayoría de los muestreos. Según la concentración de clorofila *a* en agua, 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 (PT, NT y MO) presentaron valores dentro del rango normal para el sistema, no observándose en general un patrón espacial ni estacional marcado, excepto en el centro de la laguna que se observó un aumento de los nutrientes desde invierno de 2021 en adelante. Al igual que en estudios anteriores se registraron valores cuantificables de metales (As, Cu, 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 registraron valores cuantificables de glifosato, cipermetrina y malatión. El glifosato registró valores cuantificables en las estaciones de monitoreo centro y sur únicamente en verano 2021 y en primavera 2022 en todos los sitios. La cipermetrina y el malatión únicamente presentaron valores cuantificables en el sitio del centro en verano 2022. Cabe resaltar que si bien, en general, las concentraciones registradas fueron muy cercanas a los límites analíticos, lamentablemente se carece de normativa nacional o internacional, que defina límites admisibles para evaluar este parámetro en la matriz sedimento.

La comunidad de fitoplancton estuvo dominada por diatomeas como usualmente en estos ambientes. Se registraron dos picos de abundancia, en primavera de 2021 en el sitio sur, que coincidió con los mayores valores de clorofila *a* y nutrientes, así como con un pico de abundancia de cianobacterias, y otro en verano de 2021 en el norte. Las diatomeas fueron dominantes en todos los sitios con especies típicas de esta laguna como *Melosira moniliformis*. Cabe destacar que en otoño e invierno de 2021 hubo una gran abundancia del dinoflagelado *Prorocentrum cordatum*, principalmente en el punto sur en invierno. Esta especie de dinoflagelado no es tóxica y suele presentarse en alta abundancia en esta laguna.

La comunidad bentónica presentó una fauna típicamente estuarina, las especies más abundantes fueron *Erodona mactroides* *Cyprideis* sp., *Heleobia aff australis* en el norte y *Heleobias aff australis* en el sur. En general el sitio sur presentó mayor riqueza y abundancia, seguido del norte, alcanzando el máximo valor en verano y otoño de 2021, coincidiendo con los valores máximos de conductividad.

El íctioplancton estuvo presente con huevos y larvas en los sitios centro y sur, registrando su mayor abundancia en primavera de 2021 con predominio de huevos sobre larvas. En 2022 la abundancia fue menor y en algunos casos con predominio de larvas sobre huevos. El grupo misidáceos al igual que el ictioplancton estuvo presente todo el año a excepción del verano. En relación a los invertebrados de interés comercial en esta laguna, debido a la condición de barra cerrada en la primavera tardía de 2020 y verano de 2021 no hubo ingreso de post-larvas de camarón (*P. paulensis*) y por consiguiente no hubo 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 los nutrientes totales (NT, PT), Clorofila a y OD. Los mayores valores se registraron siempre en los arroyos La Palma y Las Conchas, los cuales como se ha visto en informes anteriores son los tributarios más comprometidos de la cuenca de la Laguna de Rocha, debido a que sus subcuencas son las más agrícolas de la cuenca.

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 en general cumplieron con la normativa ambiental (decreto 253/79), a excepción de los máximos registrados en los arroyos Rocha, La Palma y Las Conchas. Por otro lado, no se registraron floraciones de cianobacterias durante el período 2021-2022.

## 4 Laguna de Castillos

La Laguna de Castillos ( $34^{\circ}19' S - 53^{\circ}55' W$ ) se ubica en el departamento de Rocha y mantiene una conexión intermitente con el océano Atlántico a través del arroyo Valizas. Los principales afluentes de la laguna son los arroyos Castillos, Chafalote, Sarandí del Consejo, Valizas y la Cañada de los Olivera.

En la Tabla 23 se describen las principales características de la cuenca y en la Figura 24 se muestran los sitios de monitoreo.

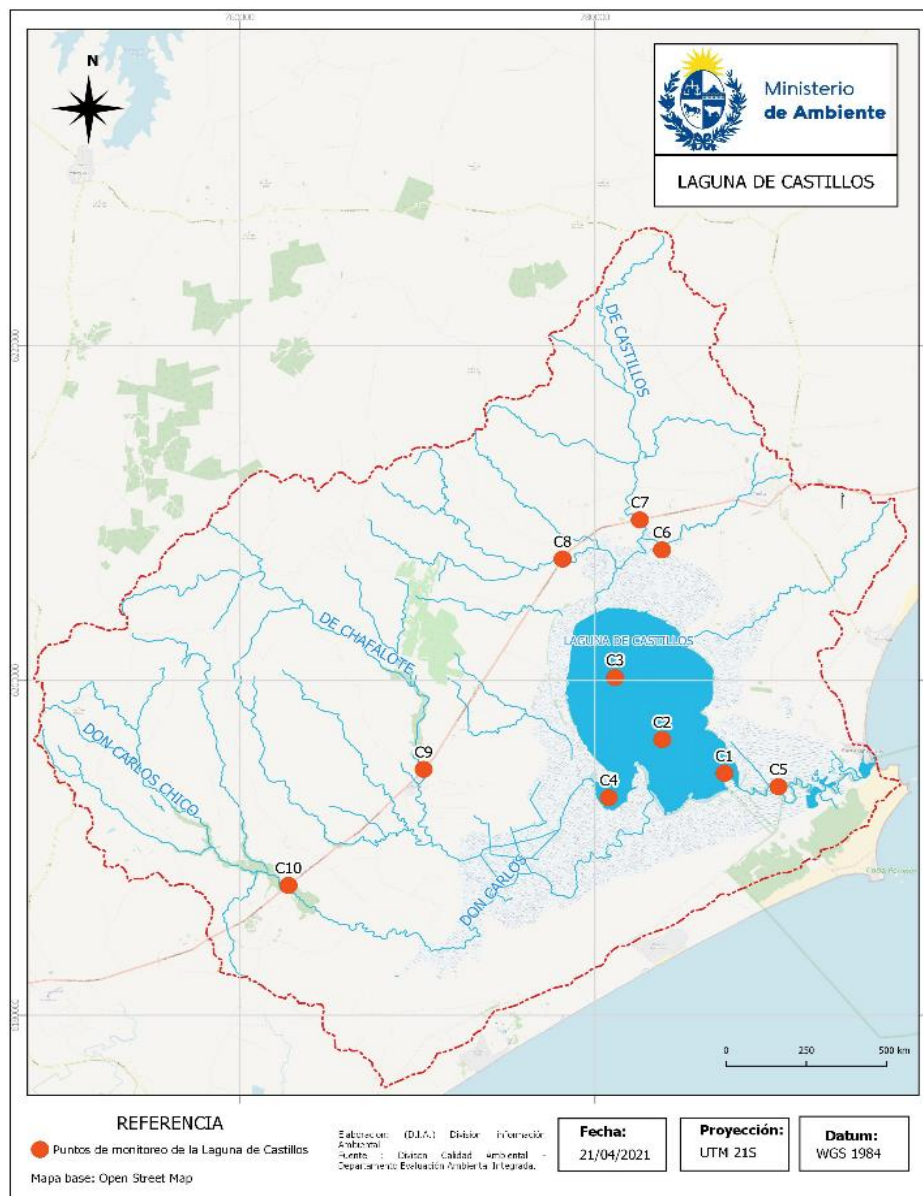


Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos.

Tabla 23. 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 durante el período 2021-2022 mostró un patrón de conexión natural permanente con el mar (100 %) (DINARA La Paloma, datos 2022 imágenes Sentinel), no se registraron intervenciones artificiales. Cabe destacar, que entre enero y febrero del 2021, y en enero 2022, la conexión con el mar estuvo restringida, aunque siempre se mantuvo el flujo de agua desde y hacia el mar a través de un canal superficial de en torno a 0.5 m de profundidad y 10 m de ancho.

#### 4.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 24). La temperatura mostró un patrón estacional, aunque el muestreo de invierno de 2021 presentó valores algo mayores que los de otoño del mismo año debido a que fue realizado a fines de agosto. En general el sitio norte presentó las temperaturas más bajas, la cual fue en aumento hacia el Aº Valizas. El oxígeno disuelto presentó siempre valores superiores a la normativa ( $\geq 5$  mg/L) y todos los sitios presentaron valores cercanos a la saturación, excepto el Bolsón del Chafalote en verano de 2022 que estuvo por debajo de los límites establecidos por la normativa nacional (Decreto 253/79). El pH mostró valores levemente básicos, siendo máximo en verano y mínimos en primavera. La turbidez fue muy variable, en general el sitio norte presentó los mayores valores y estuvo por encima de límite de la normativa ambiental ( $\leq 50$  UNT) en varias de las estaciones estudiadas, y los sitios con los menores valores fueron el Aº Valizas, sur y Bolsón del Chafalote.

La conductividad de la laguna presentó un rango entre 0.47 y 29.2 mS/cm (promedio de  $9.5 \pm 8.5$  mS/cm), con valores relativamente bajos durante invierno y primavera, y más altos en verano y otoño en todos los sitios (Figura 24A), debido al ingreso de agua marina, al régimen de precipitaciones y de

evapotranspiración en la cuenca. El máximo se registró en el Aº Valizas que en general fue el sitio que mostró mayor conductividad durante todo el año, mientras que los mínimos se observaron en el Bolsón del Chafalote.

Tabla 24. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, ºC), 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)		
2021	Verano	C3, norte	6.7	7.8	21.1	16	
		C2, centro	7.1	8.1	21.5	12	
		C1, Sur	7.4	8.1	22.1	6.3	
		C4, Chafalote	7.2	8.4	21.6	0	
		C5, Valizas	7	8.2	22.5	2.4	
	Otoño	C3, norte	9.5	7.8	13.4	91.2	
		C2, centro	9.2	7.9	13.7	18.1	
		C1,sur	9.3	7.7	13.4	34.7	
		C5, Valizas	7.3	7.9	15.5	7.4	
	Invierno	C3, norte	9.8	7.8	14	88.9	
		C2, centro	9.6	8	14.2	48.6	
		C1, sur	9.8	8	14.4	10.2	
		C5, Valizas	9.5	8	14.5	9.4	
	Primavera	C3, norte	9	7.7	18.4	112	
		C2, centro	8	7.7	18.5	80.1	
		C1, sur	8.3	7.7	19.2	83.9	
		C4,Chafalote	7.8	7.5	18.6	38.9	
		C5, Valizas	8.5	7.8	18.8	71.6	
	2022	Verano	C3, norte	7.4	6.8	23.2	15.6
			C2, centro	8.4	7.5	24	14.5
C1, Sur			7.9	8	24	0	
C4, Chafalote			2.9	7.7	24.6	11	
C5, Valizas			7.1	7.8	24.1	17.1	
Otoño		C3, norte	8.6	7.7	14.6	10	
		C2, centro	10.2	7.9	14.8	2	
		C1,sur	8.9	8.2	15.2	3.3	
		C4, Chafalote	8.2	8	14.8	16.6	
		C5, Valizas	9.6	8.3	15.3	3.7	
Invierno		C3, norte	9.4	8.2	11.6	30.6	
		C2, centro	9.6	8.2	12.1	5.1	
		C1, sur	8	8.1	11.9	0	
		C4, Chafalote	10.9	7.2	12	0	
		C5, Valizas	10.2	8.3	12.2	0.4	
Primavera		C3, norte	9.7	8.1	20	64.4	
		C2, centro	8	8.1	20.1	46.4	
		C1, sur	9.2	8.5	20.7	1.8	
		C4,Chafalote	7.6	7.2	19.9	8.7	
		C5, Valizas	8	8.4	20.6	25.4	

La concentración de PT en el cuerpo de la laguna, considerando norte, centro y sur, varió entre 23.3 y 139.1 µg P/L (promedio de 53.2 ± 30.9 µg P/L), mientras que la concentración de NT fluctuó de 381.5 a

1255.8  $\mu\text{g N/L}$  (promedio de  $825.0 \pm 231.2 \mu\text{g N/L}$ ). Por su parte, la concentración de Clo-a tuvo una variación de 0.5 a 13.6  $\mu\text{g/L}$  (promedio de  $4.4 \pm 2.8 \mu\text{g/L}$ ). Las tres variables presentaron un patrón similar con un aumento en otoño de 2021 y otro en primavera del mismo año. En 2022 en general se observó una menor concentración para dichas variables. En el caso del PT todos los sitios presentaron el mismo patrón, aunque el sitio norte fue el que mostró mayores valores, así como el Bolsón del Chafalote en verano de 2022 (Figura 24B). El NT y la Clo-a presentaron un patrón más similar entre si (Figura 24C y D). Tanto el NT como el PT estuvieron siempre por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017), excepto el NT en el Aº Valizas en los momentos de mayor conductividad. La Clo-a sólo superó el valor guía en otoño de 2021 en el sitio norte. Según la concentración de Clo-a en agua (OCDE, 1982) la Laguna de Castillos se clasificó en estado oligotrófico; mientras que según el índice de estado trófico (TRIX) propuesto por Vollenweider et al. (1998), considerando las concentraciones de nutrientes totales, la laguna se catalogó en estado eutrófico o altamente productiva.

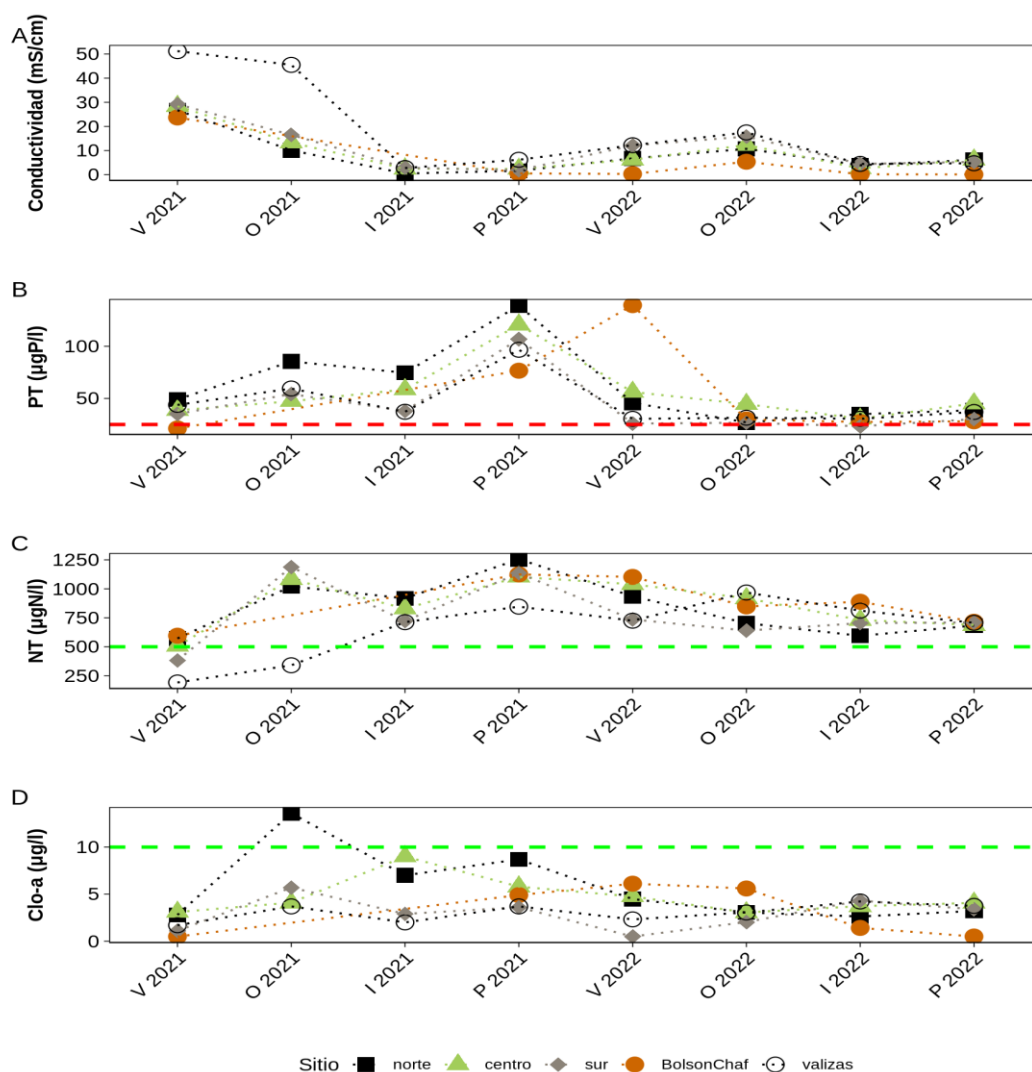


Figura 25. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila a (Clo-a) (D) de la Laguna de Castillos. Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017). respectivamente.

### 4.3 Laguna Calidad del sedimento

Las variables del sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 25), siendo relativamente homogéneas entre sitios y estaciones del año. La materia orgánica en general presentó los mayores valores en el arroyo Valizas y los menores en el sur de la laguna, donde fue acompañado de las menores concentraciones de nutrientes del sedimento. El fósforo total también registró sus máximos en el arroyo Valizas en primavera (de ambos años) despegado del resto de los sitios, en tanto que el centro y norte tuvieron su mayor valor en invierno (Tabla 25). En el caso del nitrógeno, los valores máximos se registraron en el bolsón del Chafalote y en el arroyo Valizas.

Tabla 25. Variables de sedimento: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS) y nitrógeno total (NT, µg/gPS) y metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr, mg/kg) determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos durante el período 2021 - 2022 . 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 (µg/kg)	Cu (µg/kg)	Clorpirifos (µg/kg)	Cipermetrina (µg/kg)
2021	Verano										
	C3, norte	162.3	114.6	36.5	<5.0	6	11	<10	<6.0		
	C2, centro	101.6	205	32.9	<15	14	6.4	17	6.6		
	C1, sur	65.2	103.2	13.6	<5.0	3.9	5.4	<LC	<LC		
	C4, Chafalote	101.2	218.9	23.3	<15	13	6	13	6		
	C5, Valizas	109.1	180.1	25							
	Otoño										
	C3, norte	110.4	88.6	33.3							
	C2, centro	93.2	160.8	58.2							
	C1, sur	109.4	130.1	47.6							
	C5, Valizas	114.1	260.8	40.2							
	Invierno										
	C3, norte	160	327.5	27.7							
	C2, centro	131.6	202.4	34.2							
	C1, sur	55.8	87.7	9.5							
	C5, Valizas	164.2	168.6	33.1							
	Primavera										
	C3, norte	118.1	202.3	31.1	<1.0	<17	10	9.3	8.9		
	C2, centro	149.2	105.3	31.1	<1.0	14	8.7	11	10		
	C1, sur	66.1	89.8	22.6	<1.6	3.6	4.1				
	C4, Chafalote	90.2	222.7	30.6	<2.0	<17	5.8	8.6	8.2		
	C5, Valizas	205.6	64.6	66.4							
2022	Verano										
	C3, norte	129.2	80.7	33.8	<5,0	10	9,3	9,2	7,3		
	C2, centro	101.2	112.6	38.8	<5,0	11	7,9	9,5	9,3		
	C1, sur	118.2	62.6	21.2	<2,0	<LC	4,2				
	C4, Chafalote	112	323.7	39	<5,0	7,4	5,8		6,5		
	C5, Valizas	193.1	78	41.5							
	Otoño										
	C3, norte	142.9	57.1	32.1							
	C2, centro	145.6	105.7	28.5							
	C1, sur	75.3	25	8.3							
	C4, Chafalote	149.4	72.1	37.4							
	C5, Valizas	146.2	59	32.1							
	Invierno										
	C3, norte	96.5	123.6	24.6							
	C2, centro	127.4	136.3	25.7							
	C1, sur	67.4	25	5.3							
	C4, Chafalote	138.7	241.3	39.3							
	C5, Valizas	228.4	280.9	71.9							
	Primavera										
	C3, norte	156.9	119.4	34.2	2,3	11	15	7,0	6,6	0,080	<0,090
	C2, centro	172.4	214.5	37.9	2,9	21	9,0	9,9	13	0,090	
	C1, sur	106.7	177.5	16.1	<0,6	6,7	5,1		3,4		
	C4, Chafalote	202.8	229.1	17.7	2,4	18	5,8	8,7	12	0,100	
	C5, Valizas	265.4	345.3	51.5							
Límite de detección:		5	50		0.15	1	0.3	2	0.4	0.05	0.04
Límite de cuantificación:		10	100		0.5	3	0.9	7	2		



De los metales analizados se registraron valores cuantificables de As, Cr, Hg, Pb y Cu (Tabla 25), de los cuales en general los mayores valores se registraron en primavera, en los sitios centro y chafalote. Cabe destacar que ninguna de las concentraciones observadas superó los valores de los estándares ambientales internacionales indicados en las guías canadienses.

Respecto a los compuestos analizados, se registraron valores cuantificables de clorpirifos (sitios norte, centro y chafalote) y cipermetrina (sitio norte) en primavera 2022. Los cuales, a su vez, registraron valores muy cercanos a los límites analíticos, sin embargo, como ya se mencionó no pueden evaluarse debido a la ausencia de estandartes para la matriz sedimento.

#### 4.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 53 taxa, de los cuales 30 correspondieron a diatomeas, 7 a cianobacterias, 2 a dinoflagelados, 5 a zygnemataceas, 5 a clorofitas, 1 a crysofitas y 3 a euglenofitas. Las diatomeas fueron el grupo dominante en todos los sitios durante todo el período, siendo las especies más abundantes fueron grandes diatomeas céntricas como *Coscinodiscopsis jonesianus* y *Coscinodiscus wailesii*. En otoño de 2021, se registró un pico de abundancia en todos los sitios debido mayormente a diatomeas (Figura 25C), pero también las cianobacterias (Figura 25B) y los dinoflagelados presentaron los máximos en ese momento. Se observó un máximo aislado en primavera 2021 en el Bolsón del Chafalote debido a una floración de *Aulacoseira sp.* (diatomea) (Figura 25A). A su vez, se registraron cianobacterias potencialmente tóxicas *Microcystis aeruginosa* en otoño de 2021 y *Dolichospermum planctonicum* en primavera de 2021 pero ambas en muy baja abundancia. También se observó en muy baja abundancia el dinoflagelado marino tóxico *Dinophysis acuminata* en otoño de 2021 en el arroyo Valizas junto con la dominancia de *Coscinodiscus wailesii* (diatomea marina) indicando ingreso de agua marina. En verano de 2022 se registró un tercer pico de abundancia, en el centro y en arroyo Valizas correspondiente a diatomeas. En otoño de 2022 se registró un pico de abundancia debido a *Spirogyra* (zygnematacea) en el sitio norte y dos especies de cianobacterias potencialmente tóxicas en el Bolsón del Chafalote, *Dolichospermum viguieri* y *Aphanizomenon sp.*, esta última bastante abundante. En otoño 2022 en el sur se registró alta abundancia del dinoflagelado estuarino *Prorocentrum cordatum*.

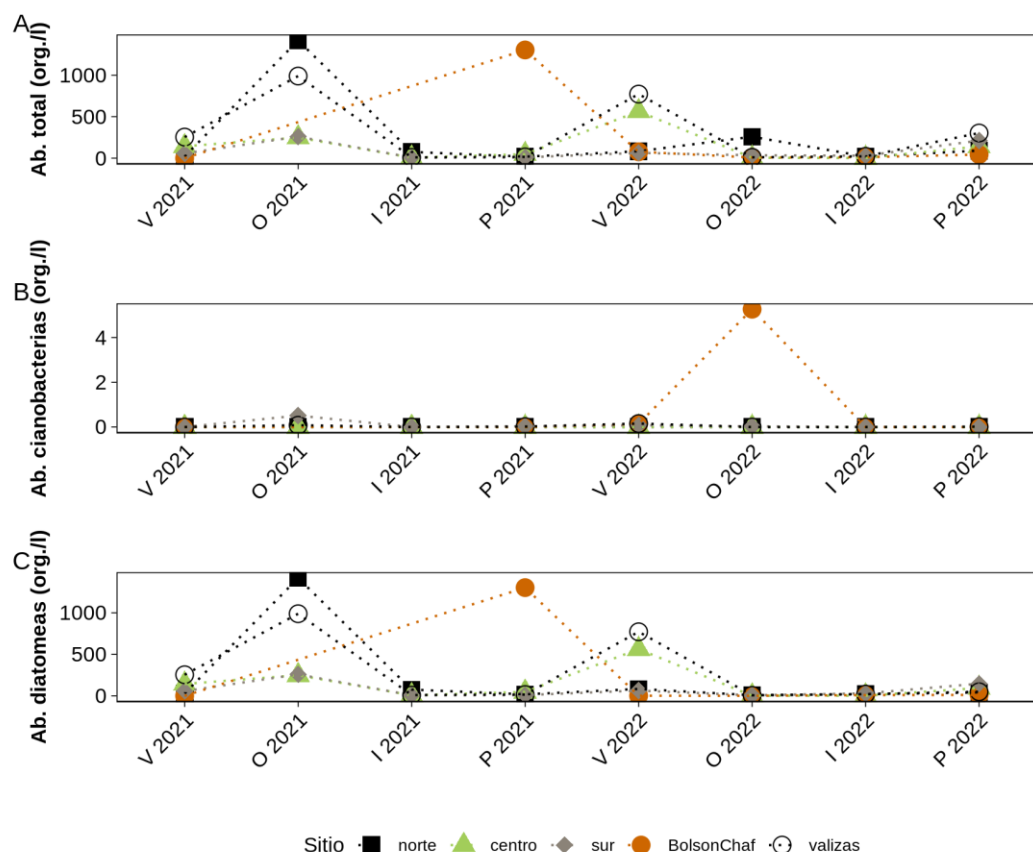


Figura 26. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna de Castillos

En cuanto al bentos, la riqueza presentó valores máximos en el sur de la laguna en verano y otoño de 2022, en el arroyo Valizas en invierno, mientras que en el Bolsón del Chafalote en verano 2021 y primavera de 2022. El sitio con menor riqueza fue el centro (Figura 27A) en verano de 2021. La abundancia presentó un patrón más variable de acuerdo al sitio, pero también el máximo se registró en verano y primavera de 2022 en el sitio sur y en verano de 2021 en el Bolsón del Chafalote. El arroyo Valizas tuvo un máximo de abundancia en invierno de 2021 y valores elevados también en otoño del mismo año. Las especies más abundantes fueron *Heleobias aff australis* y *Erodona mactroides*.

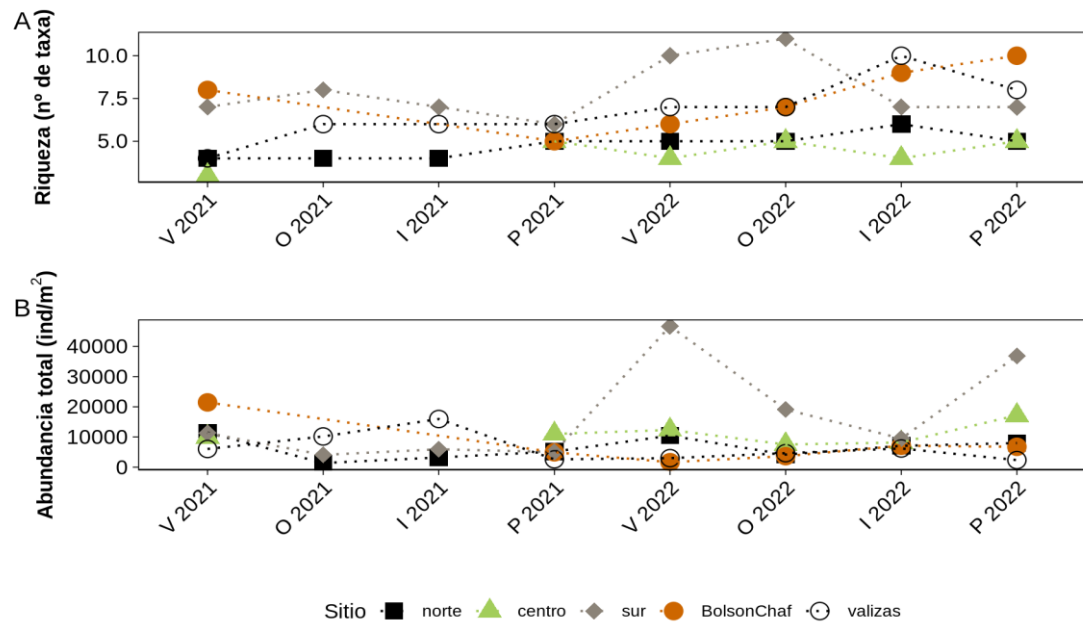


Figura 27. Variación espacial y estacional de Riqueza de bentos (A) y Abundancia de bentos(B) de la Laguna de Castillos.

El ictioplancton se registró en todos los muestreos del año, siendo bastante mayor en primavera 2021 en el centro y sur, registrando abundancias de 1244 y 1124 ind.100m<sup>-3</sup> (Figura 28). Se observaron abundancias intermedias en el centro en otoño y primavera de 2022. En general predominaron las larvas respecto a los huevos.

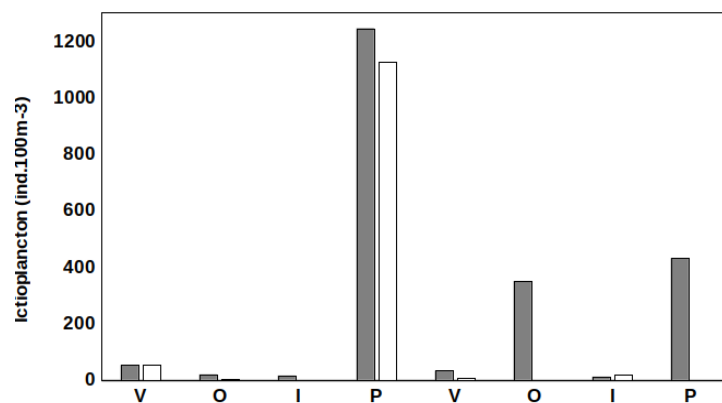


Figura 28. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100 m<sup>-3</sup>) de la Laguna de Castillos. Centro (gris) y sur (blanco).

En cuanto a los misidáceos, también fueron registrados en el centro y sur de la laguna todo el año. Si bien, la mayor abundancia de misidáceos se observó en el centro en invierno 2021 (97 ind.100m<sup>-3</sup>), la abundancia en el sitio sur fue levemente menor.

En relación a los invertebrados de importancia comercial, se registró zafra de camarón (*P. paulensis*) en 2021 y en 2022, los rangos de tallas y pesos observados fueron similares para ambos años (Tabla 26). El factor de condición estimado para el año 2021 fue de 91.5 % y para el año 2022 de 92.3 % (Tabla 26).

Tabla 26. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax (LCT, mm) y peso total (Pt, g); y factor de condición promedio ( $\overline{W_{rm}}$ ) para camarón (*Penaeus paulensis*) de laguna de Castillos en los años 2021 y 2022. Tamaño de muestra (n), otoño (O), verano (V) y desvío estándar (DE).

Año	Estación	n	Rango (mm)	LCT	Media $\pm$ DE	Rango Pt (g)	Media $\pm$ DE	$\overline{W_{rm}} \pm$ DE
2021	V-O	1390	23,0-51,2		36,8 $\pm$ 5,3	2,1-22,7	9,0 $\pm$ 3,7	91,5 $\pm$ 9,3
2022	V-O	1326	22,4-47,0		34,9 $\pm$ 4,0	2,0-18,3	7,6 $\pm$ 2,5	92,3 $\pm$ 8,5

#### 4.5 Laguna: uso recreativo

Las muestras ensayadas para la determinación de metales (mercurio, cadmio y plomo) en músculo de camarón en 2021 y 2022, registraron valores muy por debajo de los límites máximos permitidos nacionales (Reglamento GMC12/11 MERCOSUR) e internacionales (Reglamento UE 1881/2006) 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 27).

Asimismo, en el análisis de las muestras para determinación de metales en cangrejo sirí y corvina blanca en otoño de 2022 presentaron valores por debajo de los límites permitidos de Cd y Hg, mientras que el Pb no fue detectable (Tabla 28).

Tabla 27. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de camarón (*Penaeus paulensis*) capturado por la pesca artesanal en la laguna de Castillos en otoño 2021 y 2022. Límites de detección 2021: Hg = 0.015 mg/kg, Cd = 0.0066 mg/kg y Pb = 0.028 mg/kg; 2022: Hg = 0,015mg/kg; Cd = 0,0049mg/kg, Pb = 0,046mg/kg. ND = no detectable

Año	Hg (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Pb (mg/kg)		
	n	Rango	Media $\pm$ DE	n	Rango	Media $\pm$ DE	n	Rango	Media $\pm$ DE
2021	1 (pool 30)	-	<0,052 (<LC)	1 (pool 30)	-	ND	1 (pool 30)	-	<0,12 (<LC)
2022	50		<0,052	50		0,018 $\pm$ 0,003	50		<0,12

Tabla 28. Resultados del análisis de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en músculo de cangrejo Sirí (*Callinectes sapidus*) y corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) capturadas por la pesca artesanal en la laguna de Castillos en otoño 2022. 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 $\pm$ DE	n	Rango	Media $\pm$ DE	n	Rango	Media $\pm$ DE
Sirí	8	-	<0,052	8	-	0,030 $\pm$ 0,005	8	-	ND
Corvina blanca	10		0,11 $\pm$ 0,02	10		<0,016	10		ND

Los coliformes fecales presentaron los valores más bajos en verano de 2021 en todos los sitios (Tabla 29). El arroyo Valizas y el sitio norte presentaron los valores más altos. Igualmente, 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 período.

Tabla 29. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos.

Cianobacterias en la laguna de Castillos				
Fecha	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias	
2021	Verano	LC3, norte	<4	No
		LC2, centro	<4	No
		LC1, sur	<4	No
		LC4,Bolsón	<4	No
		LC5, Valizas	<4	No
	Otoño	LC3, norte	80	No
		LC2, centro	4	No
		LC1, sur	40	No
		LC5, Valizas	55	No
	Invierno	LC3, norte	4	No
		LC2, centro	12	No
		LC1, sur	12	No
		LC5, Valizas	65	No
	Primavera	LC3, norte	8	No
		LC2, centro	2	No
		LC1, sur	4	No
		LC4, Bolsón	<2	No
		LC5, Valizas	10	No
2022	Verano	LC3, norte	<4	No
		LC2, centro	<4	No
		LC1, sur	2	No
		LC4, Bolsón	<4	No
		LC5, Valizas	160	No
	Otoño	LC3, norte	5	No
		LC2, centro	16	No
		LC1, sur	<2	No
		LC4, Bolsón	10	No
		LC5, Valizas	72	No
	Invierno	LC3, norte	6	No
		LC2, centro	8	No
		LC1, sur	2	No
		LC4, Bolsón	22	No
		LC5, Valizas	12	No
	Primavera	LC3, norte	4	No
		LC2, centro	2	No
		LC1, sur	8	No
LC4, Bolsón		8	No	
LC5, Valizas		16	No	

#### 4.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ)

La temperatura de los tributarios mostró una marcada estacionalidad durante el 2021, registrando el mínimo en invierno (10.3°C) en el arroyo Don Carlos y el máximo (24.3°C) en el arroyo Castillos en verano

(Tabla 30). Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango admitido por el Decreto 253/79 (6.5 a 8.5). La concentración de oxígeno disuelto en los tributarios, en general cumplió con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5$  mg/L). Sin embargo, la cañada de Los Olivera y el arroyo Castillos presentaron varios registros que incumplieron con la misma. En el arroyo Castillos se observó el valor mínimo, el cual estuvo cercano a la anoxia (1.64 mgO<sub>2</sub>/L en verano).

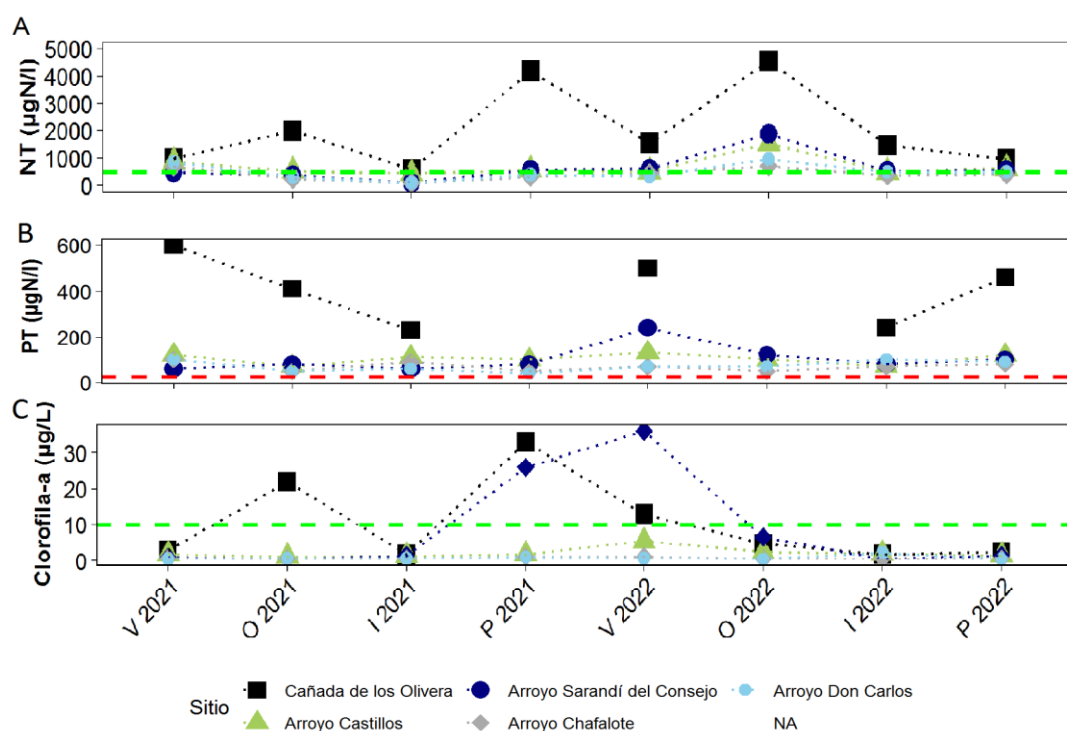
Tabla 30. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del 2021-2022: Temperatura (T, °C), Conductividad, (μS /cm), pH, oxígeno disuelto (mgO<sub>2</sub>/L) y turbidez (UNT), de los principales tributarios de la Laguna de Castillos Cda Los Olivera, A° Castillos, A° Sarandí del Consejo, A° Chafalote y A° Dona Carlos.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	T (°C)	Conductividad (μS/cm)	pH	OD (mgO <sub>2</sub> /L)	Turbidez (UNT)
Cda. Los Olivera	2021	Verano	LC6	21.6	210	6.9	2.19	6.06
		Otoño		12.9	571	7.2	3.33	10.3
		Invierno		11.2	344	7.1	6.2	13.6
		Primavera		22.6	922	7.61	6.33	37
	2022	Verano		23.8	564	7.3	3.57	14.4
		Otoño		11.7	557	7.2	2.9	10.3
		Invierno			177	6.9	6.1	17.1
		Primavera		20.6	369	7.1	3.13	18.2
A° Castillos	2021	Verano	LC7	22.6	104	6.7	1.64	7.96
		Otoño		12.3	153	6.7	2.83	10
		Invierno		12.2	146	6.9	5	14.8
		Primavera		19.5	209	6.71	3.46	9.63
	2022	Verano		20.5	164	6.7	1.17	7.62
		Otoño		11.7	129	6.4	3.38	44.2
		Invierno			168	6.8	6.2	13.8
		Primavera		19.9	136	6.7	2.6	19.3
A° Sarandí del Consejo	2021	Verano	LC8	20.3	93	6.8	5.17	18.5
		Otoño		12.1	138	7.1	8.24	28.2
		Invierno		10.8	145	7.3	9.5	23.6
		Primavera		21	159	7.2	6.63	16.9
	2022	Verano		22.9	146	7.2	6.13	30.8
		Otoño		13.3	161	6.8	5.28	55.7
		Invierno			128	7.1	9.8	26.7
		Primavera		19.7	114	7.1	6.29	38
A° Chafalote	2021	Verano	LC9	21.5	113	7.2	6.85	17.4
		Otoño		11.8	195	7.8	10.3	15.8
		Invierno		10.8	181	7.6	10.4	16.6
		Primavera		18.8	236	7.6	7.54	13.2
	2022	Verano		20.5	193	7.7	7.82	20.9
		Otoño		12.1	232	7.8	9.74	19.3
		Invierno			112	7.5	10.9	17.4
		Primavera		19.3	172	7.6	8.01	25.2
A° Don Carlos	2021	Verano	LC10	20.5	115	7.1	6.37	16.1
		Otoño		10.8	233	7.8	10.29	15.5
		Invierno		10.3	200	7.6	10.4	19.1
		Primavera		18.9	260	7.81	7.9	18.7
	2022	Verano		20	212	7.8	7.98	19.9
		Otoño		12.2	245	7.7	9.97	15.1
		Invierno			197	7.6	10.8	20.8
		Primavera		19.2	183	7.3	7.77	32.7

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 (922  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se registró en primavera en la cañada Los Olivera, y el mínimo (93  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se observó en verano en el arroyo Sarandí del Consejo (Tabla 30). La Turbidez presentó valores entre 6.06 UNT y 55.7 UNT. El valor máximo se observó en otoño 2022 en el arroyo Sarandí del Consejo y el mínimo en la Cda. de Los Olivera en primavera 2021 (Tabla 30). A excepción del máximo, todos los tributarios presentaron valores por debajo del estándar máximo admitido por la normativa nacional ( $\leq 50$  UNT) (Tabla 30).

El nitrógeno total (NT) presentó un rango de concentración de entre 0.11 mg N/L (valor de límite analítico) y valores muy elevados de 4.550 mg N/L. Los mínimos se registraron en invierno de 2021 en los arroyos Chafalote, Don Carlos y Sarandí, mientras que el máximo se registró en primavera 2022, en la cañada Los Olivera. Si bien, todos los tributarios presentaron incumplimientos respecto al valor objetivo de 500  $\mu\text{g N/l}$  propuesto por la Mesa técnica del Agua (2017), todos los valores registrados en la Cañada de Los Olivera superaron dicho valor, seguido por el arroyo Castillos (Figura 29A).

El PT mostró un rango de concentración de entre 40  $\mu\text{g P/L}$  y 600  $\mu\text{g P/L}$  (Figura 29B), el máximo se registró en el verano 2021 en la cañada Los Olivera y el mínimo en primavera 2021 en el arroyo Don Carlos. Todos los tributarios incumplieron con el estándar del decreto vigente ( $\leq 25$   $\mu\text{g P/L}$ ) (Figura 29B).



#### 4.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes registrados en todos los tributarios (Tabla 29) estuvieron siempre por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL, Decreto 253/79). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 en ninguno de los afluentes monitoreados (Tabla 31).

Tabla 31. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos en el período 2021-2022.

Tributario	Año	Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes Termotolerantes	Floraciones
A° Valizas	2021	Verano	LC5	<4	No
		Otoño		55	No
		Invierno		65	No
		Primavera		<2	No
	2022	Verano	LC5	160	No
		Otoño		72	No
		Invierno		12	No
		Primavera		16	No
Cda. Los Olivera	2021	Verano	LC6	10	No
		Otoño		60	No
		Invierno		<10	No
		Primavera		16	No
	2022	Verano	LC6	430	No
		Otoño		200	No
		Invierno		20	No
		Primavera		80	No
A° Castillos	2021	Verano	LC7	10	No
		Otoño		60	No
		Invierno		<10	No
		Primavera		16	No
	2022	Verano	LC7	30	No
		Otoño		200	No
		Invierno		10	No
		Primavera		20	No
A° Sarandí del Consejo	2021	Verano	LC8	30	No
		Otoño		320	No
		Invierno		50	No
		Primavera		14	No
	2022	Verano	LC8	310	No
		Otoño		650	No
		Invierno		50	No
		Primavera		260	No
A° Chafalote	2021	Verano	LC9	410	No
		Otoño		50	No
		Invierno		80	No
		Primavera		46	No
	2022	Verano	LC9	170	No
		Otoño		360	No
		Invierno		320	No
		Primavera		340	No
A° Don Carlos	2021	Verano	LC10	130	No
		Otoño		90	No
		Invierno		270	No
		Primavera		65	No
	2022	Verano	LC10	260	No
		Otoño		250	No
		Invierno		260	No
		Primavera		270	No



## 4.8 Síntesis

La Laguna de Castillos presentó un patrón de conexión natural permanente con el mar (100 % del período 2021-2022), lo cual resultó mayor al registrado previamente para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999). Los indicadores de calidad del agua en la Laguna de Castillos en general mostraron un gradiente norte - sur para la conductividad, donde en general fue menor en el norte y mayor en centro y sur. Los nutrientes totales en agua fueron relativamente similares entre las estaciones del año y sitios de muestreo, registrándose en general el valor máximo en primavera de 2021. Tanto PT como NT superaron los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) y los valores guía establecidos para Uruguay (Mesa técnica del agua, 2017). Según la concentración de clorofila a en agua, la Laguna de Castillos en el período 2021-2022 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 (Tabla 8), 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)). Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (anexo 1), a diferencia de años anteriores, durante el 2021 únicamente se registraron valores cuantificables de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (anexo 1).

Las diatomeas fueron el grupo dominante de la comunidad fitoplanctónica en el período 2021-2022. Se registraron las cianobacterias potencialmente tóxicas *Microcystis aeruginosa* en otoño de 2021 y *Dolichospermum planctonicum* en primavera del mismo año, pero ambas en muy baja abundancia. También se registró en muy baja abundancia el dinoflagelado potencialmente tóxico *Dinophysis acuminata* en otoño de 2021 en el arroyo Valizas. Asimismo se observó en otoño de 2022 en el Bolsón de Chafalote, las cianobacterias potencialmente tóxicas *Dolichospermum viguieri* y *Aphanizomenon* sp.

En cuanto al bentos, estuvo compuesto por una comunidad típicamente estuarina, siendo las especies más abundantes *Erodona mactroides* y *Heleobias aff australis*. La riqueza presentó sus máximos en los sitios sur, Valizas y Bolsón del Chafalote, mientras que la abundancia registró su máximo en el sitio sur.

El ictioplancton en la laguna de Castillos se registró en todos los muestreos del año, siendo bastante mayor en primavera en los sitios centro y sur. En general predominaron las larvas respecto a los huevos. En cuanto a los misidáceos, fueron registrados en el centro y sur de la laguna todo el año, registrando la mayor abundancia en el centro en invierno de 2021.

En relación a los invertebrados de importancia comercial, los ejemplares de camarón (*P. paulensis*) registraron un amplio rango de tallas y pesos. Los sucesivos ingresos de pos-larvas y las adecuadas

condiciones ambientales en la laguna resultaron laguna permitieron la existencia de una zafra extendida en verano y otoño (entre febrero y comienzos de mayo), que resultó en una zafra excepcional que superó 220 ton de captura total (DINARA-UGEPA, 2021). Al igual que en años anteriores (DINACEA *et al.* 2021), el factor de condición estimado (91,5 %), indicó que el peso promedio de los individuos considerados estuvo por debajo del peso promedio estimado para la especie en las cuatro lagunas costeras.

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, nutrientes totales (NT, PT) y Clorofila a. Al igual que en informes 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. 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 durante el período 2021-2022.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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, Icely 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.

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: 116-126 p.

Santana O., Fabiano G. 1999. Medidas y mecanismos de administración de los recursos de las lagunas costeras del litoral atlántico del Uruguay (Lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos). En: Rey, Amestoy y Arena (Eds.). INAPE-PNUD URU 92/003, Montevideo. 165p.

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 Anexo

Tabla 32. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) determinados en el sedimento de las Lagunas José Ignacio y Garzón en el período 2021. 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 “-”. No se realizaron análisis de PAHs en 2022

Laguna	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Verano 2021		Límite de detección (µg/Kg)	Valores Objetivos de calidad GESTA - AGUA (µg/Kg)
		Norte	Sur		
Laguna José Ignacio	Naftaleno (µg/Kg)	0.006	0.007	1	34.6
	Acenaphthileno (µg/Kg)	ND	ND	1	5.81
	Acenaftaleno (µg/Kg)	ND	ND	1	-
	Fluoreno (µg/Kg)	0.001	0.002	1	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	0.006	0.006	1	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	0.002	0.001	1	46.9
	Fluorantreno (µg/Kg)	0.008	0.006	1	111
	Pireno (µg/Kg)	0.004	0.003	1	-
	Benzo(a)antraceno µg/Kg	0.002	0.001	1	31.7
	Criseno (µg/Kg)	0.002	0.001	1	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	0.004	0.004	1	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	0.001	ND	1	-
	Benzo(a)pireno µg/Kg	0.001	ND	1	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	0.003	0.002	1	-
	Dibenz(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	1	6.22
	Benzo(ghi)pireleno (µg/Kg)	0.004	0.003	1	-
	PAHs Totales µg/Kg	0.044	0.036		22800*
Laguna Garzón	Naftaleno (µg/Kg)	0.006	0.004	1	34.6
	Acenaphthileno (µg/Kg)			1	5.81
	Acenaftaleno (µg/Kg)			1	-
	Fluoreno (µg/Kg)	0.001		1	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	0.006	0.004	1	41.9
	Antraceno (µg/Kg)			1	46.9
	Fluorantreno (µg/Kg)	0.005	0.003	1	111
	Pireno (µg/Kg)	0.003	0.002	1	-
	Benzo(a)antraceno µg/Kg	0.001	0.001	1	31.7
	Criseno (µg/Kg)			1	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	0.004	0.002	1	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)			1	-
	Benzo(a)pireno µg/Kg			1	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	0.002	0.002	1	-
	Dibenz(a,h)antraceno (µg/Kg)			1	6.22
	Benzo(ghi)pireleno (µg/Kg)	0.003	0.002	1	-
	PAHs Totales µg/Kg	0.031	0.02		22800*

Tabla 33. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) determinados en el sedimento de las Lagunas de Rocha y de Castillos en el período 2021. 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 “-”. No se realizaron análisis de PAHs en 2022

Laguna	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Verano 2021				Límite de detección	Valores Objetivos de calidad GESTA - AGUA (µg/Kg)
		Norte	Centro	Sur	Chafalote		
Laguna de Rocha	Naftaleno (µg/Kg)	0.004	0.004	0.003		1	34.6
	Acenaphileno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	5.81
	Acenaftaleno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	0.001	ND		1	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	0.002	0.005	0.002		1	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	46.9
	Fluorantreno (µg/Kg)	0.001	0.002	ND		1	111
	Pireno (µg/Kg)	0.001	0.002	ND		1	-
	Benzo(a)antraceno µg/Kg	ND	ND	ND		1	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	ND	0.001	ND		1	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	-
	Benzo(a)pireno µg/Kg	ND	ND	ND		1	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	-
	Dibenz(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	6.22
	Benzo(ghi)pireleno (µg/Kg)	ND	ND	ND		1	-
	PAHs Totales µg/Kg	0.008	0.015	0.005			22800*
Laguna de Castillos	Naftaleno (µg/Kg)	0.009	0.008	0.005	0.007	1	34.6
	Acenaphileno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	1	5.81
	Acenaftaleno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	1	-
	Fluoreno (µg/Kg)	ND	0.003	0.001	0.002	1	21.1
	Fenantreno (µg/Kg)	0.009	0.013	0.005	0.009	1	41.9
	Antraceno (µg/Kg)	ND	0.003	ND	0.002	1	46.9
	Fluorantreno (µg/Kg)	0.003	0.019	0.003	0.016	1	111
	Pireno (µg/Kg)	0.003	0.009	0.001	0.007	1	-
	Benzo(a)antraceno µg/Kg	ND	0.004	ND	0.003	1	31.7
	Criseno (µg/Kg)	ND	0.004	ND	0.003	1	57.1
	Benzo(b)fluoranteno (µg/Kg)	0.002	0.01	0.0014	0.008	1	-
	Benzo(k)fluoranteno (µg/Kg)	ND	0.002	ND	0.002	1	-
	Benzo(a)pireno µg/Kg	ND	0.001	ND	0.001	1	31.9
	Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/Kg)	ND	0.006	ND	0.005	1	-
	Dibenz(a,h)antraceno (µg/Kg)	ND	ND	ND	ND	1	6.22
	Benzo(ghi)pireleno (µg/Kg)	0.001	0.006	ND	0.005	1	-
	PAHs Totales µg/Kg	0.027	0.088	0.0164	0.07		22800*