



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

**Diciembre 2022**



**Ministerio  
de Ambiente**



**MINISTERIO DE GANADERÍA  
AGRICULTURA Y PESCA  
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY**



**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, Rocha y Castillos) y de sus principales tributarios (2022). Informe Técnico. MMA-DINACEA. Montevideo. 52 pg.

**Foto tapa: Francisco Neves**

## **Autores**

### DINACEA

Mag. Elena Rodó  
Mag. Malvina Masdeu

### DINARA

Mag. Graciela Fabiano  
Mag. Martín Laporta  
Mag. 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  
Lic. 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. También al buzo Zenón Vicente, DINARA y Orlando Santana

## Contenido

<b>Lagunas costeras del Uruguay .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Laguna José Ignacio.....</b>	<b>2</b>
1.1 Condición de la barra arenosa.....	3
1.2 Laguna: Calidad del agua.....	3
1.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	5
1.4 Laguna: parámetros biológicos .....	6
1.5 Laguna: uso recreativo .....	8
1.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ).....	8
1.7 Tributarios: uso recreativo .....	10
1.8 Síntesis.....	11
<b>2. Laguna Garzón .....</b>	<b>13</b>
2.1 Condición de la barra arenosa.....	14
2.2 Laguna: Calidad del agua.....	14
2.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	16
2.4 Laguna: parámetros biológicos .....	17
2.5 Laguna: uso recreativo .....	19
2.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ).....	19
2.7 Tributarios: uso recreativo .....	21
2.8 Síntesis.....	21
<b>3. Laguna de Rocha .....</b>	<b>24</b>
3.1 Condición de la barra arenosa.....	25
3.2 Laguna: Calidad del agua.....	25
3.3 Laguna: Calidad del sedimento .....	27
3.4 Laguna: parámetros biológicos .....	28
3.5 Laguna: uso recreativo .....	30
3.6 Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ).....	30
3.7 Tributarios: uso recreativo .....	34
3.8 Síntesis.....	35
<b>4. Laguna de Castillos.....</b>	<b>37</b>
4.1 Condición de la barra arenosa.....	38

4.2	Laguna: Calidad del agua.....	38
4.3	Laguna Calidad del sedimento .....	40
4.4	Laguna: parámetros biológicos .....	41
4.5	Laguna: uso recreativo .....	43
4.6	Tributarios: Calidad del agua (parámetro FQ).....	44
4.7	Tributarios: uso recreativo .....	46
4.8	Síntesis.....	47
<b>5</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>Anexo.....</b>	<b>51</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.....	4
Figura 4. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna José Ignacio .....	6
Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia de bentos de la Laguna José Ignacio. ....	7
Figura 6. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna José Ignacio.....	7
Figura 7. Variación espacial y estacional de la concentración de Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila a de los principales tributarios de la Laguna José Ignacio .....	10
Figura 8. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón.....	13
Figura 9. Condición de la barra de la Laguna Garzón.....	14
Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a de la Laguna Garzón.....	15
Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton, Abundancia de cianobacterias y Abundancia de diatomeas de la Laguna Garzón.....	17
Figura 12. Variación espacial y estacional de riqueza de bentos y abundancia de bentos de la Laguna Garzón .....	18
Figura 13. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna Garzón .....	18
Figura 14. Variación espacial y estacional de la concentración de Clorofila a en los principales tributarios de la Laguna Garzón.....	20
Figura 15. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha. ....	24
Figura 16. Condición de la barra de la Laguna de Rocha.....	25
Figura 17. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a de la Laguna de Rocha .....	26
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.....	28
Figura 19. Variación espacial y estacional de Riqueza y Abundancia de bentos de la Laguna de Rocha.....	29
Figura 20. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna de Rocha .....	29
Figura 21. Variación espacial y estacional de la concentración de Nitrógeno Total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	32
Figura 22. Variación espacial y estacional de la concentración de Fósforo Total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	33

Figura 23. Variación espacial y estacional de la concentración clorofila a en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	33
Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos. ....	37
Figura 25. Variación espacial y estacional de conductividad, fósforo total, nitrógeno total y clorofila a de la Laguna de Castillos. ....	39
Figura 26. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias, Abundancia de diatomeas y Abundancia de dinoflagelados de la Laguna de Castillos. ....	41
Figura 27. Variación espacial y estacional de Riqueza de bentos y Abundancia de bentos de la Laguna de Castillos. .	42
Figura 28. Variación espacial y estacional del Ictioplancton de la Laguna de Castillos.....	42
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. ....	45

## Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores ambientales de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos del año 2021 .....	1
Tabla 2. Principales características de la cuenca de la Laguna José Ignacio. ....	2
Tabla 3. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna José Ignacio. ....	3
Tabla 4. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, Metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr) y compuestos fitosanitarios (glifosato) determinados en el sedimento de la Laguna José Ignacio .....	5
Tabla 5. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax y peso total; y factor de condición promedio ( $W_{rm}$ ) para camarón ( <i>Penaeus paulensis</i> ) de laguna de José Ignacio en el 2021 .....	7
Tabla 6. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio. ....	8
Tabla 7. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de camarón ( <i>Penaeus paulensis</i> ) capturado por la pesca artesanal en la Laguna José Ignacio .....	8
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. ....	9
Tabla 9. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio .....	10
Tabla 10. Principales características de la cuenca de la Laguna Garzón .....	13
Tabla 11. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna Garzón. ....	14
Tabla 12. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total, metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr) y compuestos fitosanitarios (glifosato) determinados en el sedimento de la Laguna Garzón. ....	16
Tabla 13. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna Garzón. ....	19
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 .....	20
Tabla 15. Valores de coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en los principales tributarios de la Laguna de Garzón .....	21
Tabla 16. Principales características de la Laguna de Rocha. ....	24
Tabla 17. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Rocha. ....	25
Tabla 18. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total, metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr) y agroquímicos (glifosato) determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha .....	27
Tabla 19. Valores de coliformes fecales y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha. ....	30
Tabla 20. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> , del 2021: Temperatura, Conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	31
Tabla 21. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha. ....	34



Tabla 22. Principales características de las cuencas de la Laguna de Castillos .....	37
Tabla 23. Variables de calidad de agua medidas <i>in situ</i> : Temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez de la Laguna de Castillos. ....	38
Tabla 24. Variables de sedimento: materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total y metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr) determinados en el sedimento de la Laguna de Castillos .....	40
Tabla 25. Estadísticos descriptivos básicos del largo del cefalotórax y peso total; y factor de condición promedio ( <i>W<sub>rm</sub></i> ) para camarón ( <i>Penaeus paulensis</i> ) de laguna de Castillos .....	43
Tabla 26. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos.....	43
Tabla 27. Resultados del análisis de mercurio, cadmio y plomo en músculo de camarón ( <i>Penaeus paulensis</i> ) capturado por la pesca artesanal en la laguna de Castillos.....	44
Tabla 28. Variables de calidad de agua medidas in situ, del 2021: Temperatura, Conductividad , pH, oxígeno disuelto y turbidez, de los principales tributarios de la Laguna de Castillos .....	45
Tabla 29. Valores de Coliformes termotolerantes y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha 2021. ....	46

## Lagunas costeras del Uruguay

En la costa atlántica uruguaya se ubica un sistema de lagunas costeras de agua salobre, compuesto por las lagunas: José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos. Sus aguas son consideradas altamente productivas, ya que reciben el aporte de nutrientes proveniente de la cuenca, a través de los ríos y por el intercambio con el agua marina. Las lagunas costeras son ecosistemas muy destacados por su biodiversidad y de prioridad para la conservación a nivel nacional e internacional. A su vez, presentan una elevada importancia social y económica, debido a que sustentan importantes servicios ecosistémicos, como ser pesquerías artesanales continentales destacadas, un importante ecoturismo, control hidrológico, entre otros.

Preservar la calidad de estos sistemas costeros es fundamental no sólo para garantizar los diferentes servicios ecosistémicos que brindan, sino también para la preservación de la vida acuática y el mantenimiento de la productividad pesquera. Para cada uso previsto, se requiere un nivel de calidad ambiental, por lo cual es necesario un seguimiento específico, adaptado a las diferentes actividades desarrolladas, buscando mantener la calidad ambiental, el bienestar y la salud de la población.

El Programa de Monitoreo de las Lagunas Costeras, se lleva a cabo desde el 2017 hasta la actualidad, es un programa interinstitucional (DINACEA (MA) – DINARA (MGAP) – IDR – OSE – CURE), en el cual se trabaja de forma colaborativa, optimizando recursos humanos y económicos. El objetivo del mismo es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas costeras del Uruguay, establecer en qué forma afectan las actividades agrícolas y urbanas a estos cursos de agua, así como identificar e implementar acciones enfocadas a una mejor gestión.

En el presente reporte se presentan por laguna los principales indicadores ambientales del año 2021, organizados por las diferentes matrices ambientales (agua, sedimento y biota), y por variable monitoreados estacionalmente (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores ambientales de las lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos del año 2021, 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 <i>a</i>	Turbidez, Temperatura	Comunidad fitoplanctónica	Coliformes termotolerantes
				Floraciones cianobacterias
			Misidáceos e ictioplancton	Contaminantes en tejidos de peces (Pb/Cd/Hg)
			Factor condición de peces, camarones y cangrejos de importancia comercial	
Sedimento	NT, PT, MO y metales Agroquímicos		Comunidad bentónica	

## 1. Laguna José Ignacio

La cuenca de la Laguna de 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.

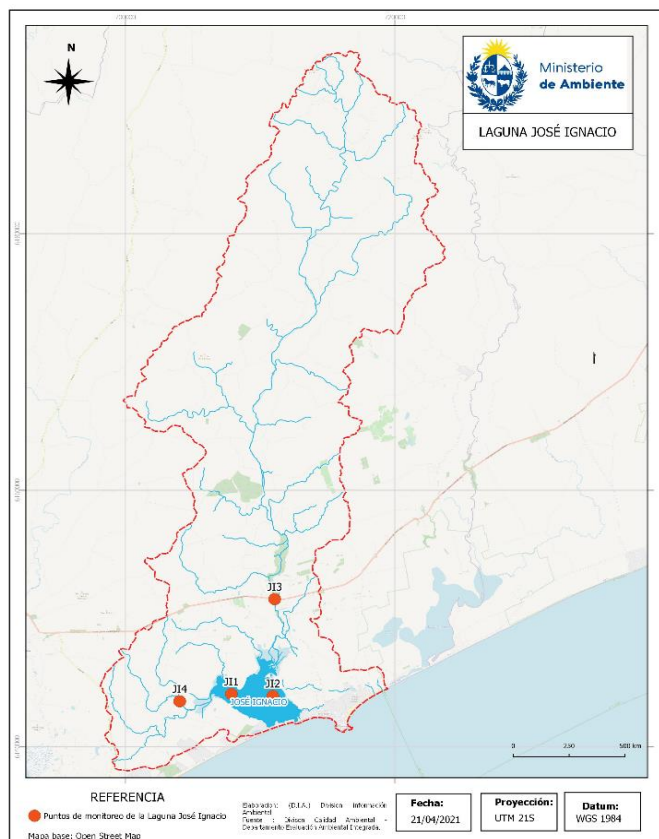


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo del Programa de Monitoreo Interinstitucional de las Lagunas Costeras del Uruguay en la Laguna José Ignacio y sus tributarios principales.

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

Laguna	José Ignacio
Ubicación (Coordenadas)	$34^{\circ}49'34''\text{S}$ $54^{\circ}42'09''\text{W}$
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): $34^{\circ}49'43.4''\text{S}$ , $54^{\circ}43'02.3''\text{W}$ , Punto sur (JI2): $34^{\circ}49'19.7''\text{S}$ , $54^{\circ}42'12.3''\text{W}$ , Arroyo José Ignacio (JI3): $34^{\circ}45'24.11''\text{S}$ , $54^{\circ}41'37.74''\text{W}$ , Arroyo Sosa (JI4): $34^{\circ}49'47.46''\text{S}$ , $54^{\circ}46'7.97''\text{W}$

## 1.1 Condición de la barra arenosa

La Laguna José Ignacio estuvo conectada con el mar 83 % del año. Se mantuvo abierta entre febrero y noviembre. Fue intervenida artificialmente a fines de febrero (25 febrero) (Figura 2).

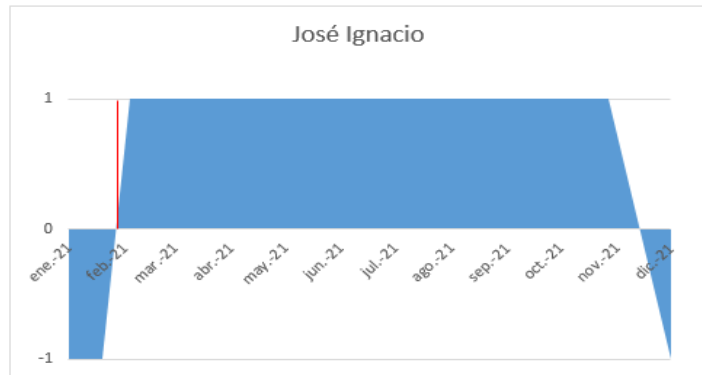


Figura 2. Condición de la barra de la laguna José Ignacio (donde 1=barra abierta y -1 barra cerrada y en rojo apertura artificial). Datos obtenidos por DINARA La Paloma.

## 1.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas *in situ* tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 2). La temperatura mostró un patrón estacional clásico con un máximo en verano y un mínimo en invierno, aunque el sitio norte presentó temperatura más elevada en invierno que en otoño, posiblemente debido a que el muestreo se realizó en el invierno tardío. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron durante el 2021 con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L). El oxígeno disuelto mostró también una estacionalidad esperable, con los máximos valores en los meses más fríos y con un nivel de saturación cercano al 100% en todos los muestreos.

Tabla 3. Variables de calidad de agua medidas *in situ*: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (mgO<sub>2</sub>/L) y turbidez (UNT) de la Laguna José Ignacio. En primavera no se registraron datos de pH.

Fecha	Estación	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
Verano	Jl1, norte	8.8	8.3	21.6	64
	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	15.1	45.4
Invierno	Jl1, norte	10	8.3	16.5	0
	Jl2, sur	9.9	8.3	14.9	0
Primavera	Jl1, norte	7.5	-	21.2	29.8
	Jl2, sur	7.4	-	20.5	26.2

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. La turbidez fue variable, aunque relativamente baja, registrándose los máximos valores en verano y en invierno fueron extremadamente bajos. Los valores estuvieron siempre por debajo del límite establecido por la normativa (50 UNT Decreto 253/79), excepto el sitio norte en verano que presentó un valor levemente superior (Tabla 2).

La conductividad mostró valores medios y relativamente similares entre sitios y estaciones del año (Figura 3). Los nutrientes y la clorofila *a* (Cloa) presentaron un patrón relativamente similar, siendo mucho más evidente entre nitrógeno total (NT) y Cloa. En general, el valor máximo de estas variables se registró en verano y los mínimos en invierno. El sitio norte presentó valores levemente superiores para los nutrientes y especialmente en verano para la conductividad y Cloa. El fósforo total (PT) estuvo por encima del límite establecido por la normativa (Decreto 253/79), aunque muy cercano a éste en invierno (Figura 3). El NT superó el valor guía (Mesa técnica del agua 2017) en verano y primavera, mientras que la Cloa lo superó el valor guía únicamente en verano (Figura 3).

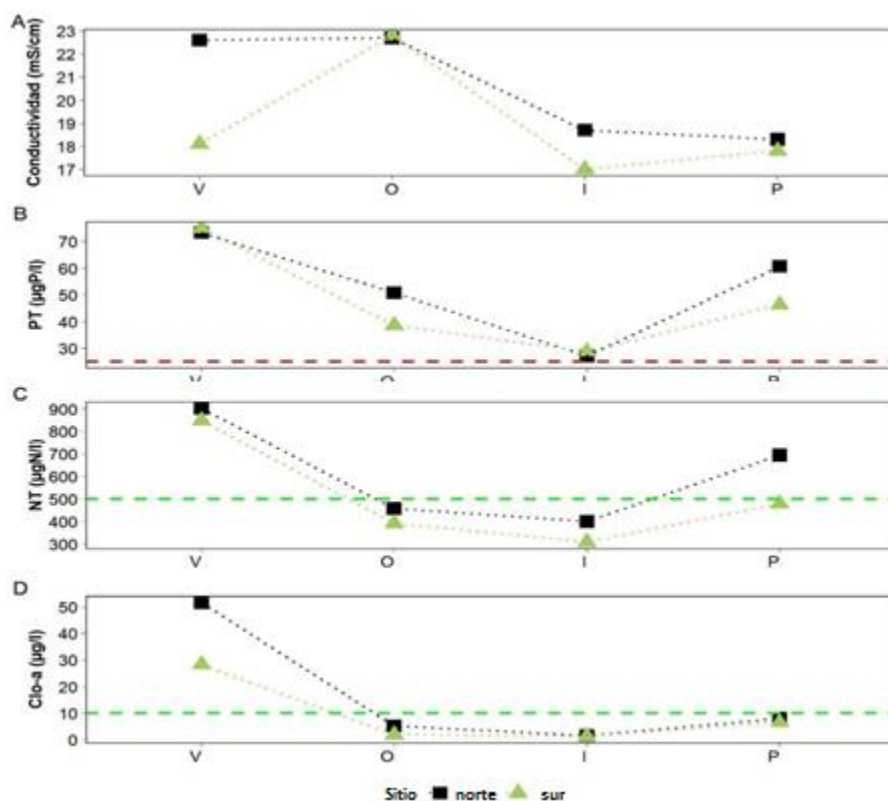


Figura 3. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Cloa) (D), de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (triángulo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 253/79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

### 1.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 4) según datos históricos (DINACEA *et al.* 2021), aunque los valores de NT fueron algo elevados. El PT mostró una tendencia creciente desde el verano hasta la primavera donde se registró el máximo para ambos sitios. Por otro lado, el NT presentó un máximo bien marcado en invierno, principalmente en el sitio sur, mientras que la MO registró también ese máximo bien marcado en invierno pero en el sitio norte. En general, las diferencias entre sitios no fueron marcadas.

Tabla 4. 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, 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 (mg/kg)	Pb (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Glifosato (mg/Kg)
Verano	JI1, norte	124	293.2	63.0	0.028	11	<15	6,5	10	0,74
	JI2, sur	173.4	194.1	54	0.023	9,3	<15	5,8	9,1	1,17
Otoño	JI1, norte	168.6	193.3	66.9						
	JI2, sur	176	158.7	77.3						
Invierno	JI1, norte	181.7	353.7	100.1						
	JI2, sur	167.9	529.4	76.4						
Primavera	JI1, norte	225.2	371.8	71.2	0.025	<LC	2,5	8,5	11	<LD
	JI2, sur	218.4	106.8	87.1	0.021	<LC	<10	8,7	10	<LD
Límite de Detección :		5	50		0.0003	2		0.4	1	0,12
Límite de Cuantificación:		10	100		0.0009	7		2	3	0,35

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados (Anexo 1), a excepción del glifosato y PAH's, todos estuvieron por debajo de los límites analíticos. El glifosato registró valores cuantificables en ambos sitios de monitoreo únicamente en verano (Tabla 4). Sin embargo, estas concentraciones cuantificables no pudieron ser evaluadas debido a que no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para este parámetro en sedimento. Sin embargo, las concentraciones de glifosato registradas se encuentran muy por debajo de los valores guía utilizados en la matriz agua<sup>1</sup> (GESTA-AGUA 2014). Respecto a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), si bien se registraron valores cuantificables (Anexo 1), estos fueron muy cercanos a los límites analíticos y ninguno superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA, ni en el estándar de la EPA para PAH's totales (22800 µg/kg).

<sup>1</sup> Debido a que no se cuenta con normativa para glifosato en sedimento, se utilizó a modo orientativo los valores objetivo de la matriz agua.

#### 1.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 24 taxa, de los cuales 22 correspondieron a diatomeas, uno a cianobacterias y uno a algas verdes (zygnemataceas). Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el año en ambos sitios de monitoreo, y el patrón de la abundancia total se corresponde con el patrón de abundancia de diatomeas. El sitio norte presentó mayores abundancias que el sur, registrándose el máximo en invierno (Figura 4A), debido a un pico de diatomeas (Figura 4C), no coincidiendo con el máximo de clorofila en verano. Las cianobacterias sin embargo, presentaron su mayor abundancia en verano aunque fue muy baja.

En otoño y primavera se registró una alta abundancia de *Vorticella* (ciliado), lo cual podría estar indicando abundancia de fitoplancton de menor tamaño.

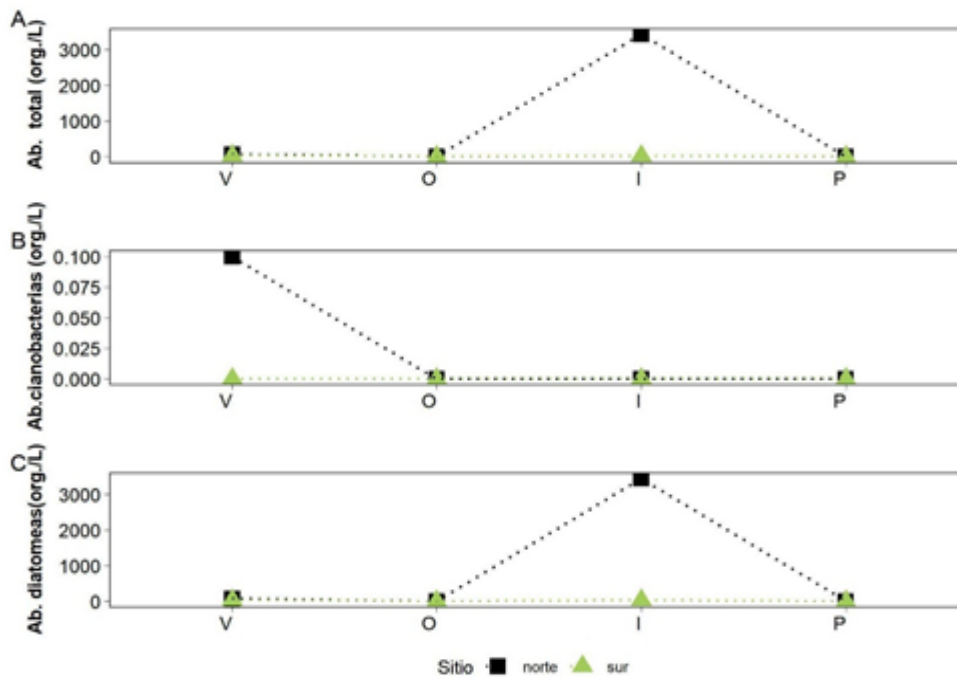


Figura 4. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

En cuanto al bentos, en general presentó baja riqueza y abundancia, aunque dentro de los rangos normales para esta laguna. El sitio norte presentó mayor abundancia y riqueza en algunos momentos (Figura 5). Los mayores valores de ambas variables se registraron en invierno, seguidos de primavera, siendo muy bajos en las estaciones anteriores. Los organismos dominantes fueron los poliquetos, lo cual es lo normal para esta laguna (DINACEA *et al.* 2021).

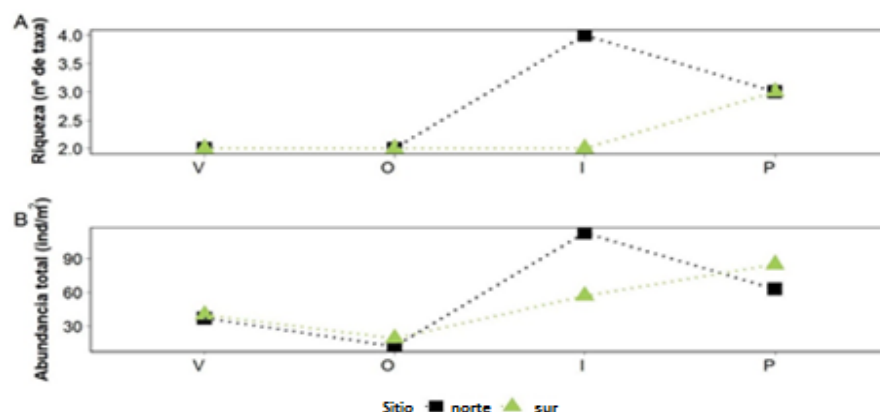


Figura 5. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna José Ignacio. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

El ictioplancton estuvo presente todo el año en el sitio norte, a excepción del otoño y la mayor abundancia fue registrada en verano (163 ind.100 m<sup>-3</sup>), seguida de primavera (Figura 6). En el sitio sur se registró ictioplancton únicamente en primavera. El ictioplancton registrado en el sur estuvo compuesto por huevos y larvas, siendo mayor la abundancia de larvas.

En cuanto a los misidáceos, se destacó la abundancia registrada en verano en el sur 491 ind.100m<sup>-3</sup> y en el norte 55 ind.100m<sup>-3</sup>. En el resto de las estaciones del año se registraron misidáceos únicamente en el norte y en muy bajas abundancias (menor a 7).

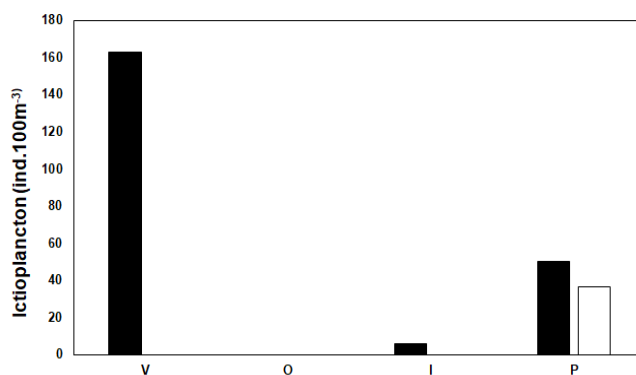


Figura 6. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100<sup>-3</sup>) de la Laguna José Ignacio. Norte (negro) y sur (blanco). No se diferencian huevos de larvas.

Respecto a los invertebrados de importancia comercial, el camarón (*P. 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 5). El factor de condición estimado fue de 100.4 % (Tabla 5).

Tabla 5. 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 el 2021. Tamaño de muestra (n), otoño (O), verano (V) y desvío estándar (DE).

Año	Estación	n	Rango LCT (mm)	Media ± DE	Rango Pt (g)	Media ± DE	$\overline{W_{rm}} \pm DE$
2021	V-O	220	24,5-36,6	31,3 ± 2,6	2,9-9,6	6,0 ± 1,3	100,4 ± 7,2



## 1.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes (Tabla 6) presentaron los mayores valores 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 6). No se registraron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021.

Tabla 6. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100mL) y floraciones de cianobacterias en la Laguna José Ignacio.

Fecha	Sitio	Coliformes (UFC/100mL)	Floraciones cianobacterias
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

Las muestras ensayadas en músculo de camarón para el análisis de Cd y Pb (Tabla 7) presentaron valores muy por debajo de los límites máximos 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. No se detectó Hg en las muestras analizadas.

Tabla 7. 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. Límites de detección: Hg = 0.015 mg/kg, Cd = 0.0066 mg/kg y Pb = 0.028 mg/kg. ND = no detectable

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

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

La temperatura mínima (11.7°C) se registró en otoño y la máxima (22.5°C) en verano; ambas en la cañada Sosa (Tabla 8). Este parámetro mostró para el período una marcada estacionalidad en ambos afluentes. Los valores de pH se mantuvieron durante todo el período dentro del rango estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5). Los valores registrados de oxígeno disuelto cumplieron mayoritariamente durante todo el período 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 verano y primavera. La conductividad fue siempre mayor en la cañada Sosa, registrando un máximo de 1690 en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el otoño, esto podrá 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 2021: 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 no se registraron datos de pH.

Estación	Tributario	T (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Turbidez (UNT)
Verano	A° José Ignacio (JI3)	21.8	160	7.6	6.3	125
Otoño		11.8	131	7.96	9.32	3
Invierno		13.8	117	-	8.17	0
Primavera		21.0	109	7.16	6.29	85.3
Verano	Cd° Sosa (JI4)	22.5	680	7.7	2.42	70.7
Otoño		11.7	1690	7.17	6.22	2.1
Invierno		13.8	310	-	9.51	83.6
Primavera		19.9	552	7.46	3.42	10.9

La turbidez presentó valores entre 0.0 y 125.0 UNT, registrándose el mínimo en invierno y el máximo en el verano, ambos en el arroyo José Ignacio (Tabla 8). En ambos tributarios se registraron valores superiores al estándar de la normativa ambiental nacional ( $< 50.0$  UNT), principalmente en las estaciones de primavera y verano.

El NT registró los valores máximos en la cañada Sosa ( $810 \mu\text{g N/L}$ ) en primavera, excediendo a excepción del invierno, el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017) (Figura 7). El PT presentó su valor mínimo ( $28.1 \mu\text{g P/L}$ ) en el arroyo José Ignacio y su máximo ( $292.2 \mu\text{g P/L}$ ) en la Cda. Sosa. Si bien, en el arroyo José Ignacio se registraron algunos valores cercanos al estándar del decreto vigente ( $\leq 25 \mu\text{g P/L}$ ), todos los registros incumplieron con la normativa (Figura 7).

La Cloa fluctuó entre  $0 \mu\text{g/L}$  y  $16.4 \mu\text{g/L}$ , registrándose el mínimo en el arroyo José Ignacio en invierno y el máximo en la cañada Sosa en verano (Figura 7). Para este parámetro únicamente el máximo registrado superó el valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua ( $10 \mu\text{g/L}$ )

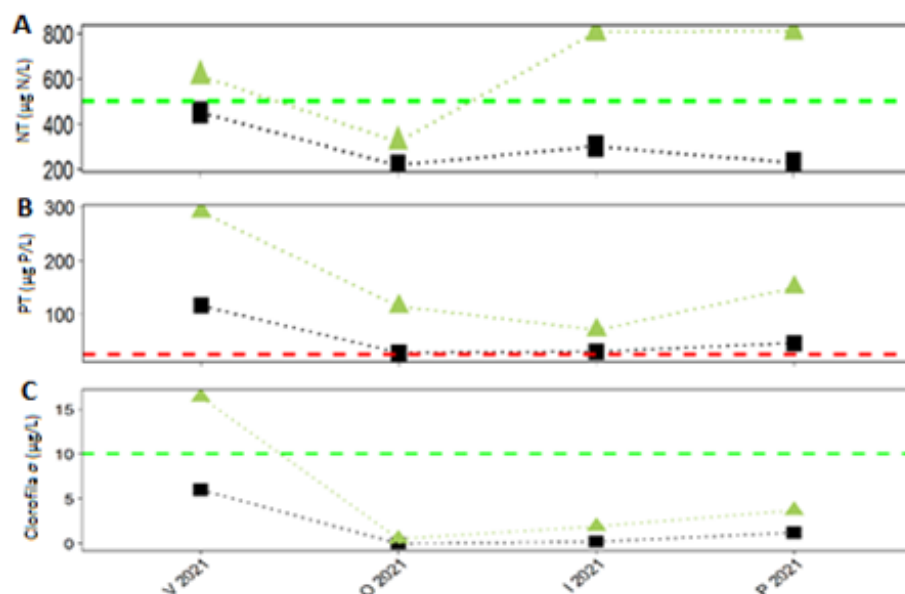


Figura 7. Variación espacial y estacional de la concentración de A) Nitrógeno Total - NT, B) Fósforo Total - PT y C) Clorofila *a* - Cloa de los principales tributarios de la Laguna José Ignacio: A° José Ignacio - estación J3 (cuadrado), Cda Sosa - estación JI4 (triángulo). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT= 0.5 mg N/L). La línea roja entrecortada corresponde al valor estándar del Decreto 253/79 (PT= 25 µg P/L) y la línea verde corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (Clo *a*= 10 µg N/L).

### 1.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL), a excepción de los máximos registrados en verano en el arroyo José Ignacio y en invierno en la cañada Sosa (Tabla 8). Durante el 2021 no se observaron floraciones de cianobacterias en ninguno de los dos arroyos afluentes.

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

Sitio	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Floraciones Cianobacterias
A° José Ignacio (JI3)	Verano	6000	No
	Otoño	90	No
	Invierno	240	No
	Primavera	550	No
Cda. Sosa (JI4)	Verano	750	No
	Otoño	70	No
	Invierno	5500	No
	Primavera	650	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. El tiempo de conexión estuvo por encima de los valores medios que se registraron para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999).

Los indicadores de calidad del agua a lo largo del 2021 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 Cloa en agua (OCDE 1980) durante el 2021, 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.

En relación a la matriz sedimento, los indicadores analizados (MO, NTsed, PTsed y MO) mostraron valores dentro del rango normal para el sistema, a excepción del NT que presentó valores algo elevados (DINACEA 2021). 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 excepción del glifosato y PAH's, todos estuvieron por debajo de los límites analíticos. Estos compuestos provienen fundamentalmente de aguas residuales urbanas, escorrentía agrícola y efluentes de la agricultura y se caracterizan por contener concentraciones relativamente altas de nutrientes, metales, materia orgánica y contaminantes orgánicos (Newton *et al.*, 2014). Sin embargo, la agricultura en esta cuenca es baja (5.5%) (DINACEA *et al.*, 2021), los centros urbanos son pequeños y no presenta actividad industrial. Por lo cual, sería importante poder determinar origen de estos elementos en futuras investigaciones.

La comunidad de fitoplancton como era esperable para este sistema, estuvo dominada por diatomeas. Los elevados niveles de conductividad durante gran parte del 2021, indicaron un importante intercambio con el mar, lo que explica la ausencia de clorofitas y la baja abundancia de cianobacterias. Cabe destacar, que en otoño y primavera se registró una alta abundancia de Vorticella (ciliado), lo cual podría estar indicando abundancia de fitoplancton de menor tamaño. El bentos presentó riqueza y abundancia dentro de los rangos normales para esta laguna. 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). Esta laguna presenta una comunidad similar a la que presentan las marismas, lo que podría estar explicado por la baja profundidad de todo el sistema y la gran extensión de la vegetación litoral de *Spartina spp.* Isacch *et al.* (2006). Estos autores destacan a la

Laguna José Ignacio como la segunda marisma más extensa y relevante del país, luego del Aº Maldonado.

La presencia de misidáceos fue poco frecuente, y se destacó la abundancia registrada en verano en ambos 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 desde niveles tróficos inferiores a los superiores podría no ser tan relevante en esta laguna, como se observa desde años anteriores (DINACEA et al., 2021). En cuanto al ictioplancton, a excepción del otoño, estuvo presente con huevos y larvas todo el año, siendo más frecuente y abundante en el sitio norte.

En relación a los invertebrados de interés comercial, el rango de tallas y pesos observados para el camarón *P. paulensis* en el 2021, fue menos amplio que en la Laguna de Castillos (ver capítulo 4). Es posible asumir que los eventos de ingreso de post-larvas fueron de menor magnitud y que en algunos meses no los hubo por estar la barra cerrada durante el verano. En la Laguna José Ignacio hubo zafra de camarón en otoño (abril y mayo) y la captura total fue 0.8 ton (DINARA – UGEPA, 2021). El factor de condición estimado (100,4 %), indica 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. Únicamente se registraron concentraciones superiores a los valores de referencia en el PT (Decreto 253/79), el NT y la Cloa respecto a los valores guía de la Mesa Técnica (2017). Los mayores valores se registraron siempre en la cañada Sosa, los cuales podrían deberse al bajo caudal observado durante el período. Para lo cual, sería importante contar con datos de caudal para confirmar esta hipótesis.

Los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron en general buenas condiciones. Las concentraciones de los coliformes termotolerantes determinadas tanto en la laguna como en los tributarios cumplieron siempre con la normativa ambiental (Decreto 253/79), a excepción de los máximos registrados en ambos afluentes. No se registraron floraciones de cianobacterias en ninguno de los muestreos realizados durante el 2021. Respecto a los productos pesqueros de consumo humano, éstos no registraron valores detectables de metales pesados o estuvieron por debajo de los límites permitidos de acuerdo a normativas regionales e internacionales vigentes en estas de camarón ensayadas 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 ( $34^{\circ}46'00''\text{S}$  -  $54^{\circ}33'00''\text{W}$ ). En ésta se realizan varias actividades, como ser: pesca artesanal, turismo, ganadería extensiva, agricultura, fruticultura, forestación y ocupación urbana. Los principales tributarios de la Laguna Garzón son: Aº Anastasio, Aº de la Cruz, Aº Garzón, Aº de Moleras. En la Tabla 9 se describen las principales características de la cuenca y en la Figura 8 se muestran los sitios de monitoreo.

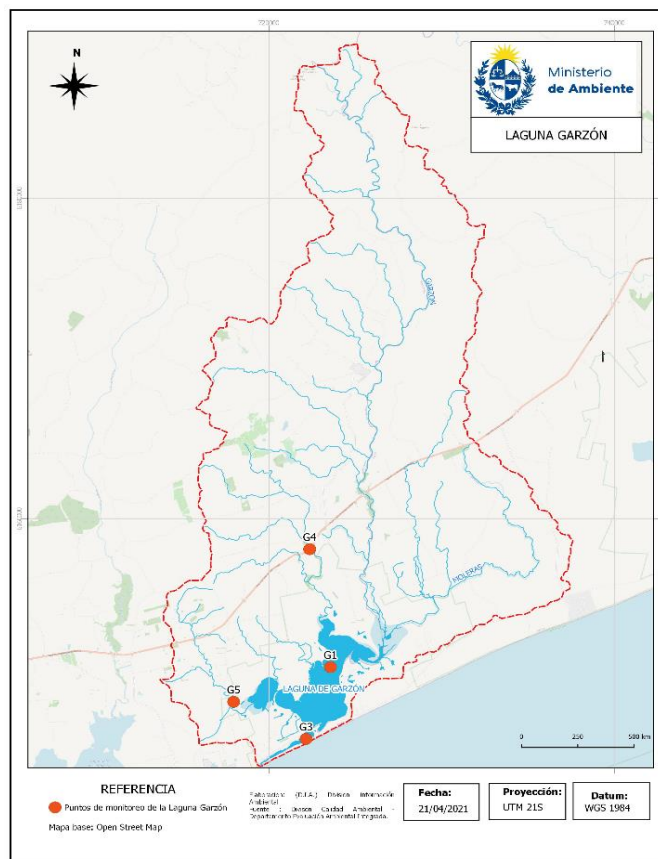


Figura 8. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna Garzón.

Tabla 10. Principales características de la cuenca de la Laguna Garzón (modificado de Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Ubicación (Coordenadas)	$34^{\circ}46'00''\text{S}$ $54^{\circ}33'00''\text{W}$
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) : $34^{\circ}45'39.87''\text{S}$ , $54^{\circ}33'26.52''\text{W}$ ; Punto Sur (G3): $34^{\circ}48'06.43''\text{S}$ , $54^{\circ}34'17.70''\text{W}$ , Arroyo Garzón (G4): $34^{\circ}41'42.04''\text{S}$ , $54^{\circ}34'20.73''\text{W}$ , Arroyo Anastasio (G5): $34^{\circ}46'54.52''\text{S}$ , $54^{\circ}37'04.71''\text{W}$

## 2.1 Condición de la barra arenosa

La laguna Garzón estuvo conectada con el mar en los meses de junio y julio y en setiembre (20 % del año). La conexión de esta laguna con el mar tuvo lugar luego de dos aperturas artificiales (Figura 9). La primera a comienzos de junio (5 junio) y la segunda el 8 de setiembre, en la cual se intentó abrir artificialmente resultando no efectiva al cerrarse en la noche, volviendo a abrir al otro día hasta el 2 de octubre como se menciona anteriormente.

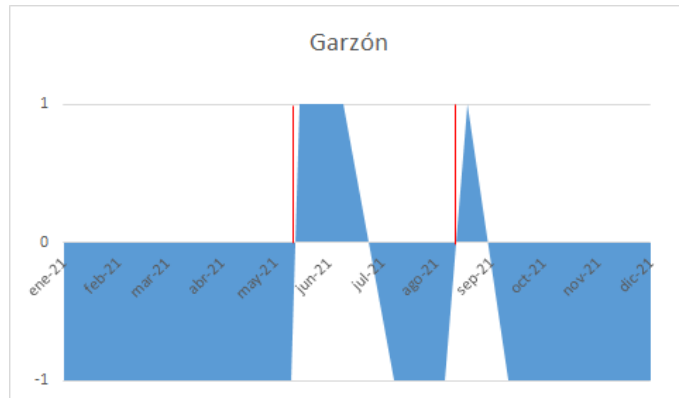


Figura 9. Condición de la barra de la Laguna Garzón (donde 1=barra abierta y -1 barra cerrada y en rojo apertura artificial). Datos obtenidos por DINARA La Paloma.

## 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, excepto en verano que el sur fue levemente superior. El oxígeno disuelto siguió el patrón estacional esperable (Tabla 11), con los valores mayores en los meses fríos, y estuvo en niveles cercanos a la saturación en todos los muestreos. En general los valores fueron un poco menores en el sitio sur. Asimismo, todos los valores de oxígeno disuelto registrados cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L).

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

Fecha	Estación	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
Verano	G1, norte	7.1	7.9	20.8	13.5
	G3,sur	6.9	8.2	21.7	8.6
Otoño	G1, norte	9.0	7.8	15.1	54.0
	G3, sur	8.9	7.9	14.8	10.0
Invierno	G1, norte	9.9	8.2	12.9	0
	G3, sur	10.0	8.3	13.0	0
Primavera	G1, norte	9.3	7.7	19.4	113.0
	G3, sur	7.3	8.2	19.3	70.6

El pH mostró valores entre 7.5 y 8.5 con los máximos en invierno, con poca variación durante todo el año, ambos sitios presentaron valores muy similares (Tabla 11). La turbidez fue muy variable, mostrando valores por debajo del límite establecido por la normativa (50 NTU, Decreto 253/79) la mayor parte del tiempo, excepto en primavera que se registraron altos valores en ambos sitios (Tabla 11), seguramente debido a las condiciones climáticas durante el muestreo (principalmente viento).

La conductividad presentó valores bajos durante todo el año, excepto en verano que mostró un máximo bien marcado para los dos sitios (Figura 10). La barra permaneció cerrada durante los muestreos, y casi todo el año. La primera apertura del año 2021 fue artificial el 6 de junio y se cerró a fines de julio, permitiendo una conexión de aproximadamente dos meses.

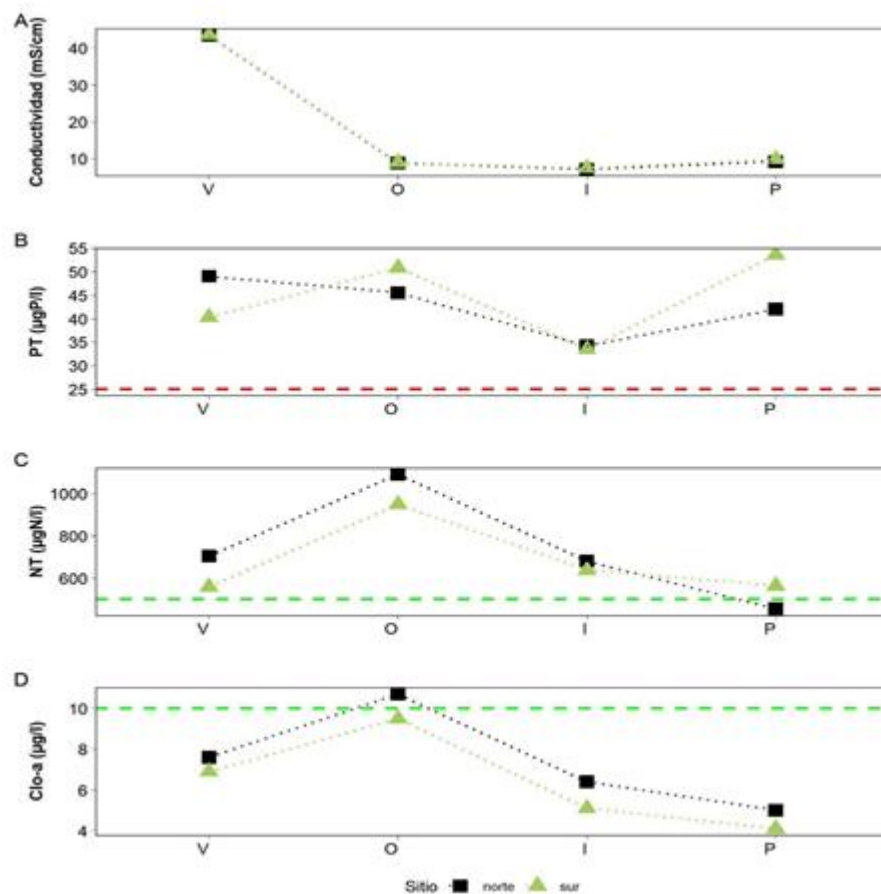


Figura 10. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila a (Clo a) (D) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 953/77 y el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



El NT y la Cloa mostraron el mismo patrón estacional y espacial, con un máximo en otoño y una caída hacia primavera (Figura 10). El PT por el contrario fue relativamente similar a lo largo del año, presentando el valor más elevado en primavera y el menor en invierno. Tanto el NT como el PT estuvieron por encima o cercanos a los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). La clorofila superó el valor guía únicamente en otoño en el sitio norte, el que presentó valores levemente más altos que el sur durante todo el año.

### 2.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables en sedimento tuvieron valores dentro del rango normal a alto del sistema (Tabla 12). En general no hubo mayores diferencias entre sitios en la laguna, con excepciones del invierno donde el PT y la MO fueron menores en el sur y el NT fue mayor. El NT en sedimento mostró el mismo patrón que el NT de agua con un máximo en otoño. Sin embargo, el PT del sedimento tuvo un patrón muy similar al de la MO, con los mayores valores en primavera, siendo similar también al PT del agua.

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, mg/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	Estación	PT (µg/gPS)	NT (µg/gPS)	MO (mg/gPS)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Glifosato (mg/Kg)
Verano	G1, norte	131.4	164.7	76.2	6.9	0.032	<15	12	0.95
	G3, sur	116.8	150.1	45.2	4.4	0.019	<5,0	7.6	0.5
Otoño	G1, norte	211	467.2	11.3					
	G3, sur	222.1	519	10.4					
Invierno	G1, norte	215	101.3	84.2					
	G3, sur	90	140.7	10.6					
Primavera	G1, norte	267	157.8	101.1	10	0.034	<3,0	11	
	G3, sur	261.2	132.3	98.7	7.0	0.023	<15	<9.0	
Límite de Detección :		5	50		0.4	0.3		1	0.125
Límite de Cuantificación:		10	100		2	0.9		3	0.35

Los fitosanitarios y contaminantes analizados, estuvieron por debajo de los límites analíticos, a excepción del glifosato (Tabla 12) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (Anexo 1). El glifosato registró valores cuantificables sólo en verano en ambas estaciones de monitoreo. Sin embargo, no fue posible evaluar este compuesto debido a que no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para este parámetro en la matriz sedimento. Respecto a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), si bien se registraron valores cuantificables,

estos fueron muy cercanos a los límites analíticos y ninguno superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA, ni en el estándar de la EPA para PAH's totales (22800 µg/kg).

## 2.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 26 taxa, de los cuales 22 corresponden a diatomeas, dos a cianobacterias y dos a algas verdes (*Zygnemataceas*). Las diatomeas dominaron la comunidad durante todo el año en ambos sitios. La máxima abundancia se registró en verano en ambos sitios; contrariamente al máximo de Cloa que fue en otoño, siendo el sitio sur el que mostró los mayores valores (Figura 11A), debido fundamentalmente a la abundancia de diatomeas (Figura 11C) y algo de cianobacterias (Figura 11B). Las cianobacterias mostraron un leve aumento también en primavera pero fue casi imperceptible en la abundancia total. Las especies de cianobacterias presentes fueron *Merismopedia sp.* y *Aphanotece sp.*, ambas no tóxicas.

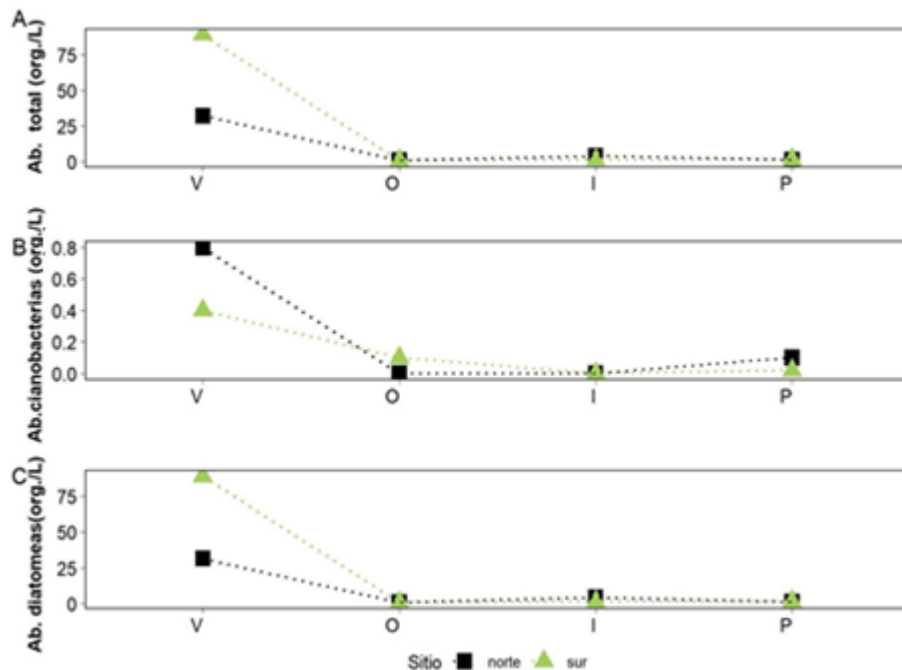


Figura 11. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B) y Abundancia de diatomeas (C) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

En cuanto al bentos, en general el sitio sur presentó mayor riqueza y el sitio norte presentó la mayor abundancia (Figura 12). La riqueza durante el primer tramo del año se comportó igual en ambos sitios pero a partir del invierno el sur presentó mayor riqueza. El sitio norte presentó un máximo de abundancia en otoño en cambio el sur lo registró en invierno, en este sitio la abundancia fue muy baja el resto del año. Las especies más abundantes en ambos sitios fueron los moluscos *Heleobias aff australis* seguida de *Erodona mactroides*.

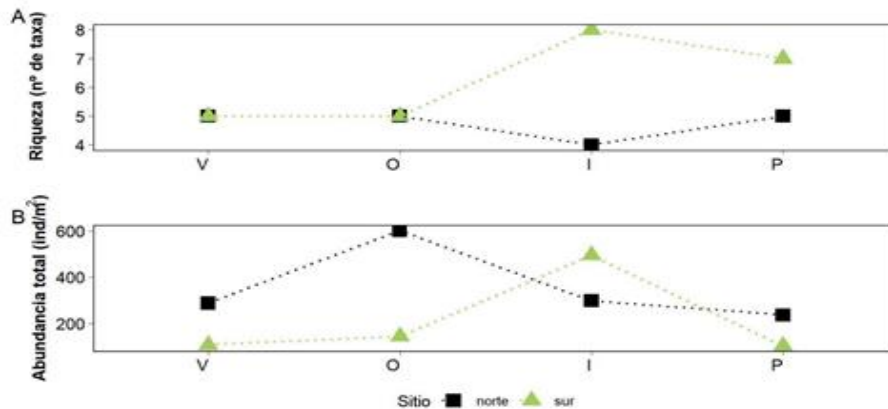


Figura 12. Variación espacial y estacional de riqueza de bentos (A) y abundancia de bentos (B) de la Laguna Garzón. Norte (cuadrado) y sur (triángulo).

El ictioplancton a excepción del invierno se registró en todas las estaciones del año (Figura 13). La primavera fue la estación dónde se observaron las mayores abundancias, siendo algo mayor en el norte que en el sur (539 ind.100m<sup>-3</sup> y 429 ind.100m<sup>-3</sup>, respectivamente). En todas las muestras la abundancia de ictioplancton estuvo dominada por larvas. Se observaron huevos de peces únicamente en el verano en el norte de la laguna, con una abundancia de 32 ind.100m<sup>-3</sup>. En cuanto al grupo de misidáceos, fueron predominantes en el sur en todas las estaciones del año a excepción del invierno, registrando la mayor abundancia en primavera (125 ind.100m<sup>-3</sup>).

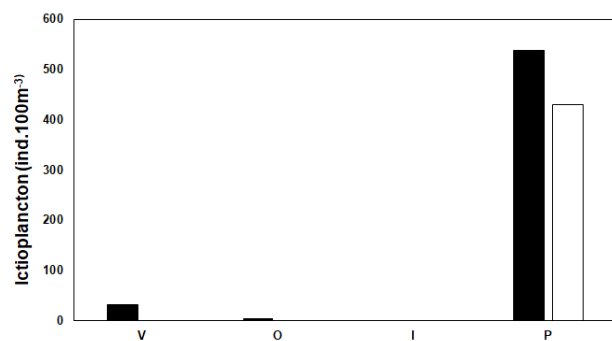


Figura 13. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100<sup>-3</sup>) de la Laguna Garzón. Norte (negro) y sur (blanco).

En relación a los invertebrados de importancia comercial, durante el año 2021 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), estando siempre por debajo del estándar establecido para aguas para recreación (Decreto 253/79).

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

Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias
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

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

La temperatura durante el 2021 registró el valor mínimo (10.7°C) en otoño y la máxima (29.8°C) en verano ambos valores tuvieron lugar en el Arroyo Anastasio, mostrando un comportamiento estacional en ambos afluentes (Tabla 14). Los valores de pH se mantuvieron durante el período dentro del rango estándar contenido en la normativa ambiental nacional (6.5 a 8.5). El oxígeno disuelto registró valores de cumplimiento con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L), observándose la concentración mínima en invierno (6.36 mgO<sub>2</sub>/L) y el máximo (9.71 mgO<sub>2</sub>/L) en verano en el arroyo Garzón (Tabla 14). La conductividad registró un máximo de 1210  $\mu$ S/cm en el verano en el arroyo Anastasio (Tabla 14).

Tabla 14. Variables de calidad de agua medidas in situ, del 2021: 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 Garzón: A° Garzón (G4) y A° Anastasio (G5). En invierno no se registraron datos de pH.

Tributario	Estación	T (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Turbidez (UNT)	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{gP}/\text{L}$ )	NID ( $\mu\text{gN}/\text{L}$ )
A° Garzón (G4)	Verano	22.2	381	7.42	6.71	1.3	41	61
	Otoño	13.53	187	7.45	9.71	13.4	30.5	315
	Invierno	14.06	126	-	6.36	46.1	17.6	370
	Primavera	19.8	142	7.34	6.54	2	21.8	70
A° Anastasio (G5)	Verano	29.8	1210	8.06	-	60	10	117
	Otoño	10.77	460	8.12	7	0	17	57
	Invierno	14.51	302	-	8.12	20.1	10	82
	Primavera	24.1	319	7.3	8.01	0	10	36

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

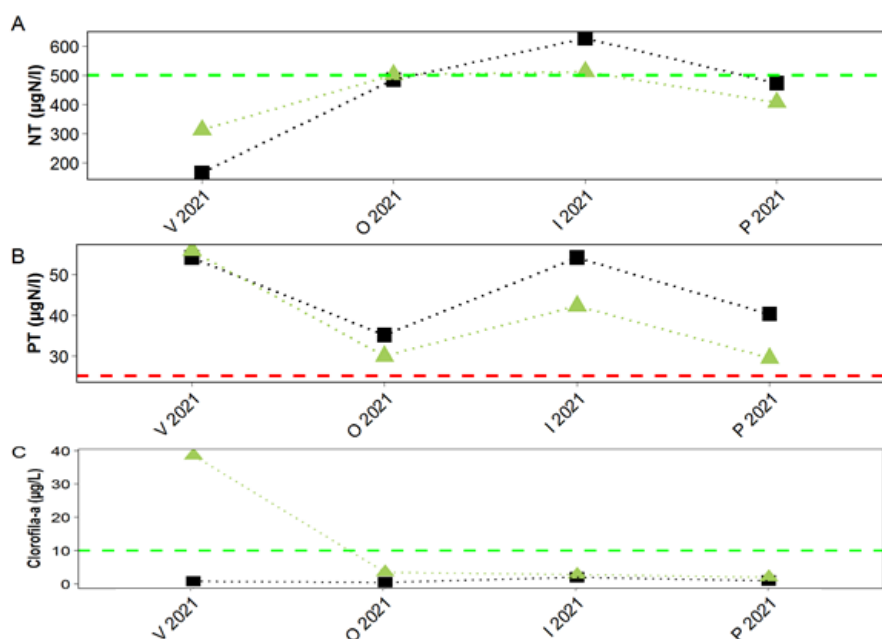


Figura 14. Variación espacial y estacional de la concentración de Clorofila  $a$  (CLO  $a$ ) en los principales tributarios de la Laguna Garzón: A° Garzón - estación G4 (cuadrado), A° Anastasio - estación G5 (triángulo). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (CLO  $a$  =  $10 \mu\text{g N}/\text{L}$ ). La línea roja entrecortada corresponde al valor estándar del Decreto 253/79 (PT =  $25 \mu\text{g P}/\text{L}$ ). La línea verde entrecortada corresponde al valor objetivo propuesto por la Mesa Técnica del Agua (NT =  $500 \mu\text{g N}/\text{L}$ ).

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

La clorofila fluctuó en un rango de entre  $0.5 \mu\text{g/L}$  y  $38.4 \mu\text{g/L}$  (Figura 14C), registrándose el mínimo en el arroyo Garzón en otoño y el máximo en el arroyo Anastasio en verano. Para este variable únicamente el máximo registrado 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 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	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° Garzón (G4)	Verano	160	No
	Otoño	550	No
	Invierno	2500	No
	Primavera	520	No
A° Anastasio (G5)	Verano	900	No
	Otoño	350	No
	Invierno	4500	No
	Primavera	250	No

## 2.8 Síntesis

La Laguna Garzón, durante el año 2021 estuvo un período muy corto de tiempo conectada con el mar (20 % del año). La barra permaneció cerrada durante todos los muestreos, registrando dos aperturas artificiales en junio y setiembre. El tiempo de conexión fue similar a los valores medios que se registran para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999). 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 junto con bajas precipitaciones habrían mantenido la conductividad elevada. Por otro lado, pese a que la laguna estuvo conectada al mar durante dos meses en invierno, esto no se vio reflejado en la conductividad, para lo cual se requeriría una mayor frecuencia de monitoreo.

Los indicadores de calidad del agua, no registraron diferencias marcadas entre los sitios de muestreo y las estaciones del año. Cabe destacar que los nutrientes, tanto el NT como el PT estuvieron por encima o cercanos de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017). Según la concentración de clorofila *a* en agua para el 2021, la Laguna Garzón 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, la laguna se catalogó como altamente productiva, en estado eutrófico.

Los indicadores de calidad del sedimento (PTsed, NTsed, MO) mostraron valores dentro del rango normal para el sistema (DINACEA *et al.*, 2021). 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), registraron durante el 2021 solamente concentraciones cuantificables de glifosato y PAH's. Estos compuestos como ya se mencionó provienen fundamentalmente de aguas residuales urbanas, escorrentía agrícola y efluentes de la agricultura (Newton *et al*, 2014). Sin embargo, en esta cuenca los centros urbanos son pequeños y no presenta actividad industrial, asimismo la agricultura es baja y ocupa el 8.2% (DINACEA, 2021), por tanto, queda planteada la necesidad de determinar el origen de los mismos.

Respecto a las comunidades biológicas, el fitoplancton estuvo representado principalmente por diatomeas, las cuales dominaron todo el año en ambos sitios de monitoreo. Se registraron dos especies no tóxicas de cianobacterias (*Merismopedia sp.* y *Aphanotece sp.*). En cuanto al bentos, se registraron valores de riqueza y abundancia dentro de los rangos normales para esta laguna. 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, registrándose en primavera las mayores abundancias. Predominaron las larvas frente a los huevos en todas las muestras analizadas. Se observaron huevos de peces únicamente en el norte de la laguna en el verano, lo que requiere una identificación taxonómica más fina para determinar si son especies de origen marino. 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 en primavera de 2020

y verano de 2021 por lo que no se registraron ingresos de post-larvas de camarón a la laguna, por lo cual, 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 ( $30.2 \mu\text{g P/L}$ ). 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 2021 y las concentraciones de los coliformes termotolerantes en general tanto en la laguna y los tributarios cumplieron con la normativa ambiental (decreto 253/79).



### 3. Laguna de Rocha

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

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

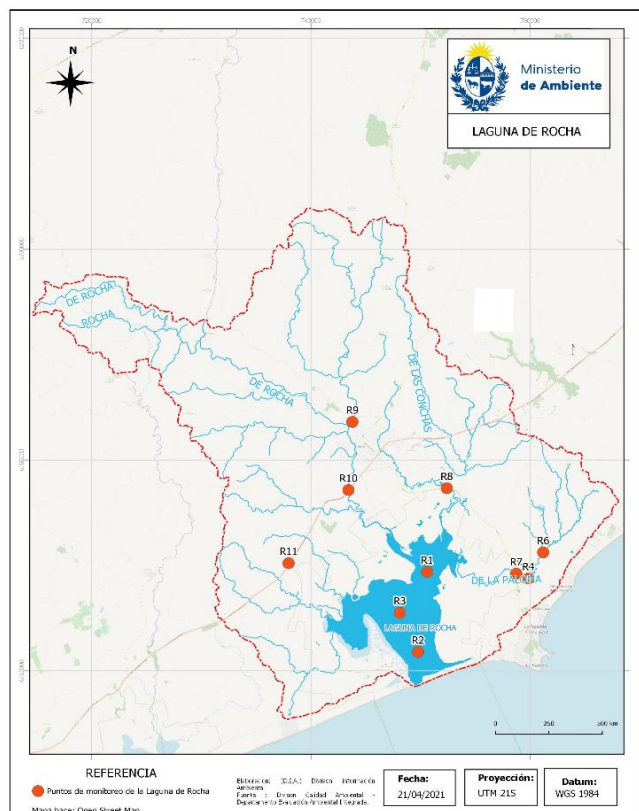


Figura 15. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Rocha.

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	A° Rocha, A° Las Conchas, A° La Palma, A° 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): $34^{\circ}38'41''S$ , $54^{\circ}17'44.0''W$ , A° La Palma (R4): $34^{\circ}35'24.27''S$ , $54^{\circ}10'1.25''W$ , A° La Palma (R6): $34^{\circ}34'03.00''S$ , $54^{\circ}09'10.82''W$ , A° La Palma (R7): $34^{\circ}35'10.47''S$ , $54^{\circ}10'44.16''W$ , A° Las Conchas (R8): $34^{\circ}30'54.04''S$ , $54^{\circ}15'01.16''W$ , A° 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 61 % del año. La laguna se mantuvo abierta en enero y entre fines de abril (30 abril) y mediados de octubre (13 octubre) (Figura 16). Se registraron 3 aperturas artificiales. En enero se produjo el cierre natural y fue intervenida en dos ocasiones a comienzos de febrero (13/2 y 19/2), 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, el 30 de abril, fue exitosa y la condición de abierta se mantuvo hasta mitad de octubre.

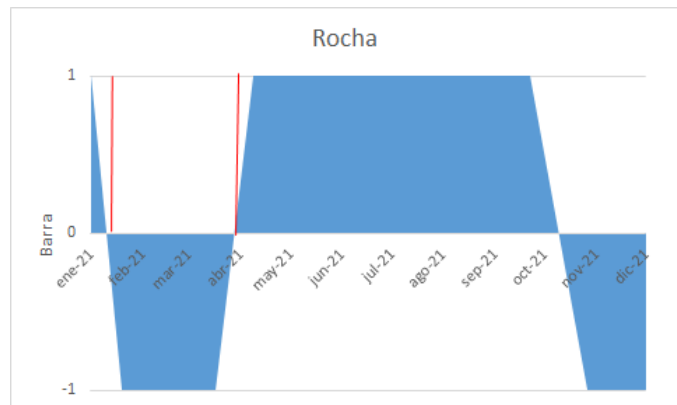


Figura 16. Condición de la barra de la Laguna de Rocha (donde 1=barra abierta y -1 barra cerrada y en rojo apertura artificial). Datos obtenidos por DINARA La Paloma.

### 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 23.8 °C en verano y un mínimo de 12.6 °C en otoño, posiblemente debido a que el muestreo de invierno fue más cercano a la primavera. Los valores de oxígeno disuelto cumplieron durante el 2021 con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L), oscilando entre 7.2 y 9.97 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.

Estación	Sitio de monitoreo	OD (mgO <sub>2</sub> /L)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
Verano	R1, norte	8.8	8.3	23.8	1.6
	R2, centro	8.6	7.5	22.0	0
	R3, sur	8.2	7.8	22.4	0
Otoño	R1, norte	9.9	8.4	14.1	10.3
	R2, centro	8.9	8.4	12.6	5.6
	R3, sur	8.0	8.3	13.4	0
Invierno	R1, norte	9.4	8.3	14.5	0
	R2, centro	8.0	8.2	16.7	39.5
	R3, sur	8.1	8.3	16.0	0
Primavera	R1, norte	8.3	7.8	19.2	131.0
	R2, centro	7.2	7.8	18.0	153.0
	R3, sur	7.9	7.9	17.2	120.0

El pH mostró valores en torno a 8 con máximos en otoño y el mínimo para todos los sitios en primavera, en el verano fue cuando se presentó la mayor diferencia entre sitios (Tabla 17). Todos los valores estuvieron dentro del rango admitido por el Decreto 253/79. La turbidez fue muy variable, estuvo por debajo del valor admitido por la normativa ( $\leq 50$  UNT) en la mayoría de las estaciones, excepto en primavera donde se registraron los mayores valores.

La conductividad presentó el valor máximo en otoño para los tres sitios, coincidiendo con la apertura de la barra (Figura 17). La barra estuvo abierta en los muestreos de otoño e invierno. Los nutrientes totales y la clorofila *a* registraron su máximo en primavera durante un período de barra cerrada (Figura 16) y bajos valores de conductividad.

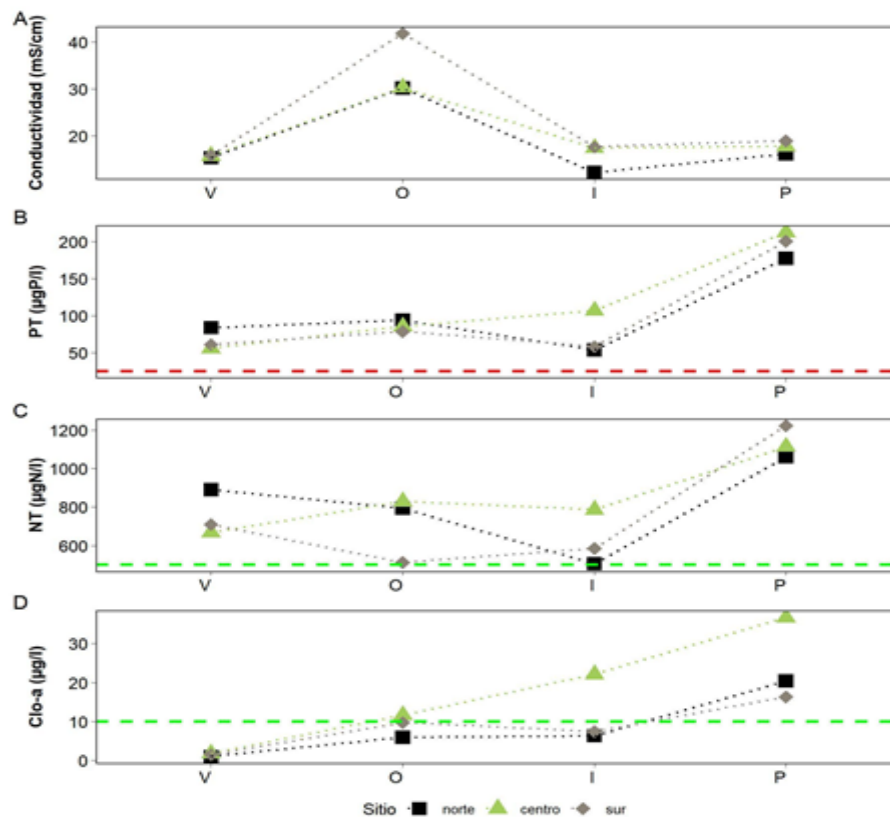


Figura 17. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Clo *a*) (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo). Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 953/77 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.

El NT, el PT y la Cloa mostraron un patrón bastante similar en el tiempo, aunque el aumento en invierno no fue tan marcado para los nutrientes como el de Cloa (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 Cloa superó

el valor guía en toda la laguna en primavera, aunque el sitio central mostró una tendencia creciente sostenida desde el otoño hasta primavera, superando los 30 µg/L.

### 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, aunque en términos generales los valores de otoño e invierno fueron superiores, excepto en primavera donde el sitio sur presentó los mayores valores para todas las variables. El fósforo total siguió un patrón similar al de la materia orgánica, donde los máximos valores se encontraron en invierno, mientras que el nitrógeno se comportó diferente con los máximos en primavera, seguido del otoño.

Tabla 18. Variables de sedimento: materia orgánica (MO, mg/gPS), fósforo total (PT, µg/gPS), nitrógeno total (NT, µg/gPS), metales (Hg, Pb, As, Cu, Cr, mg/kg) y agroquímicos (glifosato, mg/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.

Estación	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)
Verano	R1, norte	98.9	137	17	3,1	<5.0	3.9	590	0.63
	R2, centro	64.3	98.3	9.1	<LC	<5.0	<LC	3.5	<LC
	R3, sur	73.9	<LD	14.9	2,2	<5.0	4	9.5	0.74
Otoño	R1, norte	64	73.9	23.8					
	R2, centro	80.5	148.3	41.7					
	R3, sur	124.7	184.2	32.7					
Invierno	R1, norte	117.3	65.2	27.2					
	R2, centro	39	54.9	17.3					
	R3, sur	315.3	169.7	103.4					
Primavera	R1, norte	95.6	64.2	20.7	3,0	<8.0	3,1	10	
	R2, centro	64.2	93.4	14.7	1,1	<5.0	<LC	3.7	
	R3, sur	162.7	208.8	84.5	12	<9.0	18	38	
Límite de Detección:		5	50		0.4	NA	1	0.3	0.125
Límite de Cuantificación:		10	10		2	NA	3	0.9	0.35

Respecto a los fitosanitarios y otros contaminantes analizados, solo se registraron valores cuantificables de glifosato y PAH's. El glifosato registró valores cuantificables en las estaciones de monitoreo centro y sur únicamente en verano (Tabla 18). Sin embargo, estas concentraciones no pudieron ser evaluadas debido a que no se cuenta con normativa nacional ni internacional, que defina límites admisibles para este parámetro en sedimento. En relación a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (Anexo 1), si bien se registraron valores cuantificables, estos fueron muy cercanos a los límites analíticos y ninguno superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA, ni el estándar de la EPA para PAH's totales (22800 µg/kg).

### 3.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 30 taxa, de los cuales 23 correspondieron a diatomeas, 2 a cianobacterias, 3 a dinoflagelados y 2 a algas verdes (concretamente a zygnemataceas). Se registraron dos picos de abundancia (Figura 18A), uno en primavera en el sitio sur, que coincidió con los mayores valores de clorofila *a* y nutrientes, y otro en verano en el norte, ambos debidos a la abundancia de diatomeas (Figura 18C). Las diatomeas fueron dominantes en todos los sitios en verano con especies típicas de esta laguna como *Melosira moniliformis*. En invierno hubo una gran abundancia de dinoflagelados, principalmente en el punto sur donde se registró una floración de *Prorocentrum cordatum*, especie no tóxica que suele presentarse en alta abundancia en esta laguna. Las cianobacterias fueron abundantes en primavera (Figura 18B) compartiendo la dominancia con diatomeas, principalmente en el sitio sur donde hubo una gran abundancia de *Merismopedia sp* y *Aphanotece sp.*, ambas no tóxicas. En otoño, la abundancia de fitoplancton fue baja, coincidiendo con los máximos valores de conductividad y bajos valores de nutrientes.

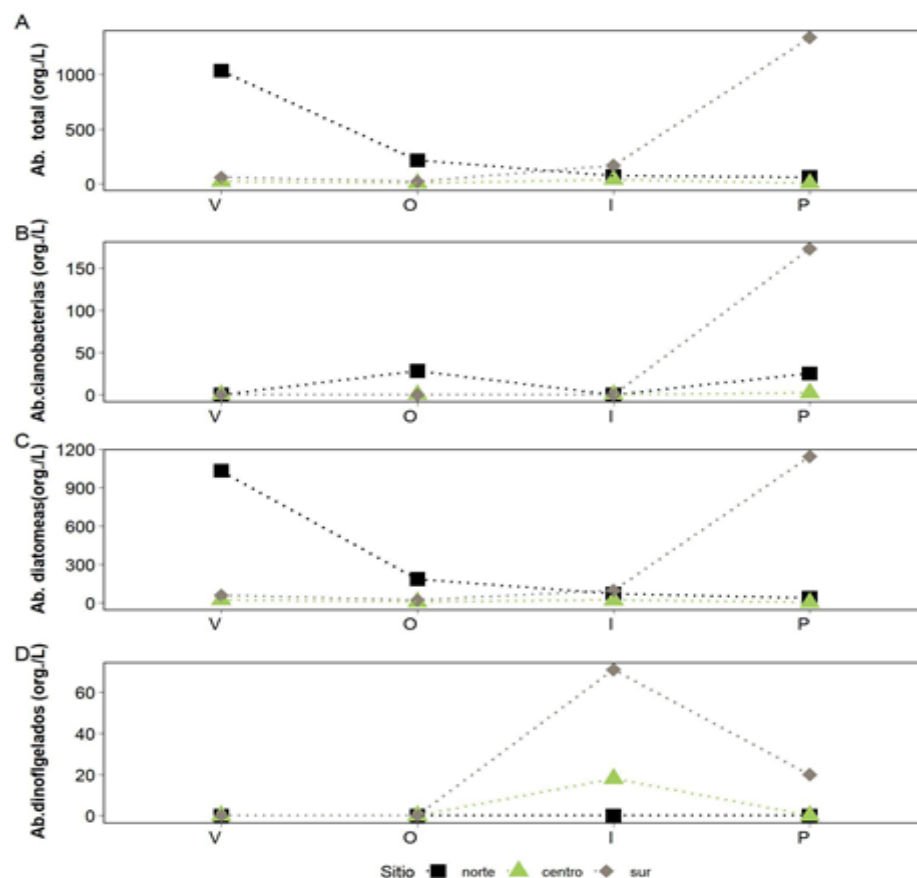


Figura 18. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas (C) y Abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo).

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, coincidiendo con los valores máximos de conductividad. En general los sitios presentaron valores similares, a excepción del otoño donde el centro registró muy pocos organismos. Las especies más abundantes fueron los moluscos *Erodona mactroides* en el norte y *Heleobias aff australis* en el sur.

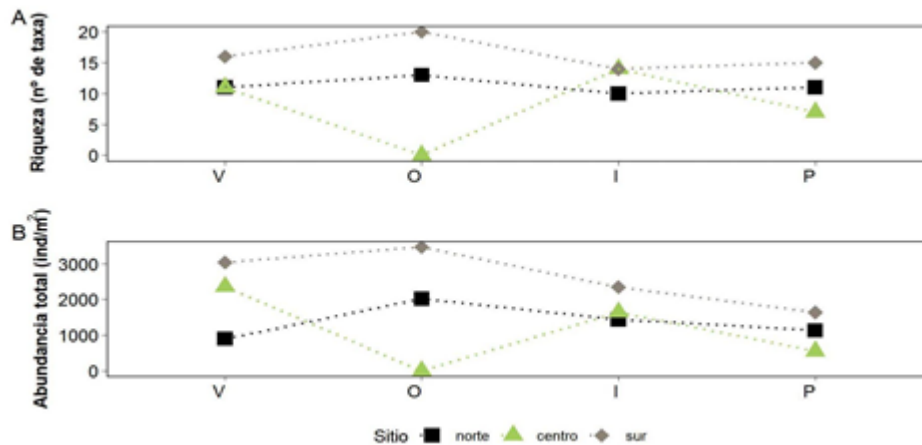


Figura 19. Variación espacial y estacional de Riqueza (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna de Rocha. Norte (cuadrado), centro (triángulo) y sur (rombo).

Se registró ictioplancton en el centro y sur de la laguna, en otoño, invierno y primavera; no se registró en verano (Figura. 20). La mayor abundancia (huevos + larvas) registrada fue en primavera en el centro (240 ind.100m<sup>-3</sup>), seguido de otoño (97 ind.100m<sup>-3</sup>), e invierno en el sur (59 ind.100m<sup>-3</sup>). En todas las estaciones del año y en los dos sitios predominaron los huevos respecto a las larvas. Al igual que el ictioplancton, el grupo misidáceos fue registrado en otoño, invierno y primavera en el centro y sur de la laguna. La mayor abundancia registrada fue en invierno en el sur (498 ind.100m<sup>-3</sup>), seguido de otoño y primavera en el centro 278 ind.100m<sup>-3</sup> y 195 ind.100m<sup>-3</sup> respectivamente.

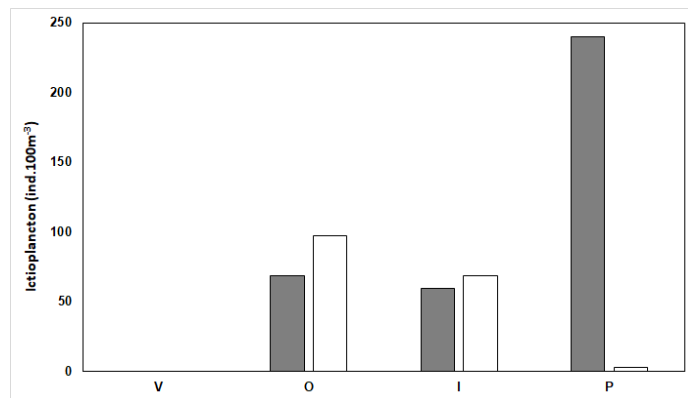


Figura 20. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100-3) de la Laguna de Rocha. Centro (gris) y sur (blanco).

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

### 3.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes fecales presentaron los valores máximos en el norte en invierno y primavera, respectivamente (Tabla 17). 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 durante el 2021.

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

Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes (UFC/100)	Floraciones cianobacterias
Verano	R1, norte	<4	No
	R2, centro	<4	No
	R3, sur	<4	No
Otoño	R1, norte	<2	No
	R2, centro	<2	No
	R3, sur	4	No
Invierno	R1, norte	18	No
	R2, centro	5	No
	R3, sur	2	No
Primavera	R1, norte	14	No
	R2, centro	<2	No
	R3, sur	2	No

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

En los tributarios de la Laguna de Rocha la temperatura mínima (11.3°C) se registró en invierno en el arroyo Rocha y la máxima (23.6°C) en verano, en el arroyo La Palma (Tabla 18). Este parámetro mostró durante el período en estudio una clara estacionalidad. En general el oxígeno disuelto en los arroyos presentó 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 (Tabla 20). La concentración máxima del período se registró en primavera en el arroyo Rocha (R9) (10.5 mgO<sub>2</sub>/L).

Tabla 20. Variables de calidad de agua medidas *in situ*, del 2021: 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 Rocha: A° La Palma, A° Las Conchas, A° Rocha y A° tres afluentes.

Tributario	Estación	Sitio de monitoreo	T (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Turbidez (UNT)
A° La Palma	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
A° Las Conchas	Verano	R8	22.1	6673	7.6	4.5	6.7
	Otoño		11.9	1034	7.2	4.0	9.6
	Invierno		11.8	353	7.4	7.8	16
	Primavera		20.9	515	7.9	9.0	9.9
A° Rocha	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	15.0
		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° Tres Afluentes	Verano	R11	22.0	811	8.0	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	8.0	7.7	5.8

El máximo de conductividad 14140 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 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 20). En general, todos los tributarios registraron concentraciones máximas de conductividad en verano, lo cual está asociado a una disminución del caudal, pero en los arroyos Las Conchas y La Palma puede deberse también al ingreso de agua salobre desde la laguna. El mínimo de esta variable (155  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se registró en otoño en el arroyo Rocha. La turbidez presentó valores entre 5.8 UNT (Arroyo Tres Afluentes; R11) y 31 UNT (Arroyo La Palma; R4), cumpliendo todos los tributarios con la normativa ambiental (<50.0 NTU) (Tabla 20).

El nitrógeno total (NT) presentó valores entre 20  $\mu\text{g N}/\text{L}$  (R9) y 4180  $\mu\text{g N}/\text{L}$  (R11), los cuales se registraron en invierno y primavera, respectivamente (Figura 21). En general, los valores registrados en los arroyos Las Conchas y La Palma superan el valor objetivo de 500  $\mu\text{g N}/\text{L}$  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 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.

Es importante resaltar que el arroyo Rocha presentó un evidente efecto de la ciudad, mostrando en general concentraciones más elevadas de nutrientes (tanto nitrogenados como fosforados), 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).

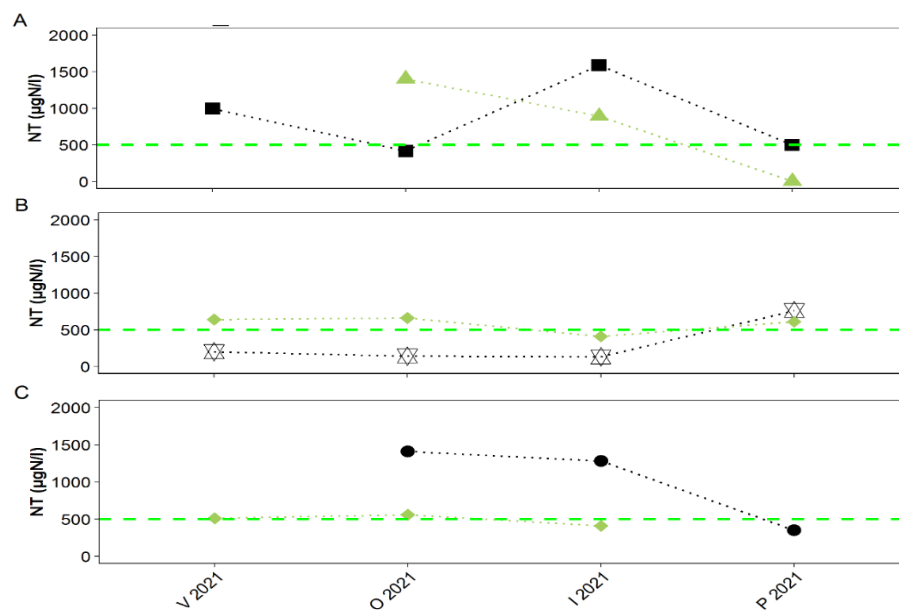


Figura 21. Variación espacial y estacional de la concentración de Nitrógeno Total (NT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) Aº Tres Afluentes (estación R11 (rombo))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

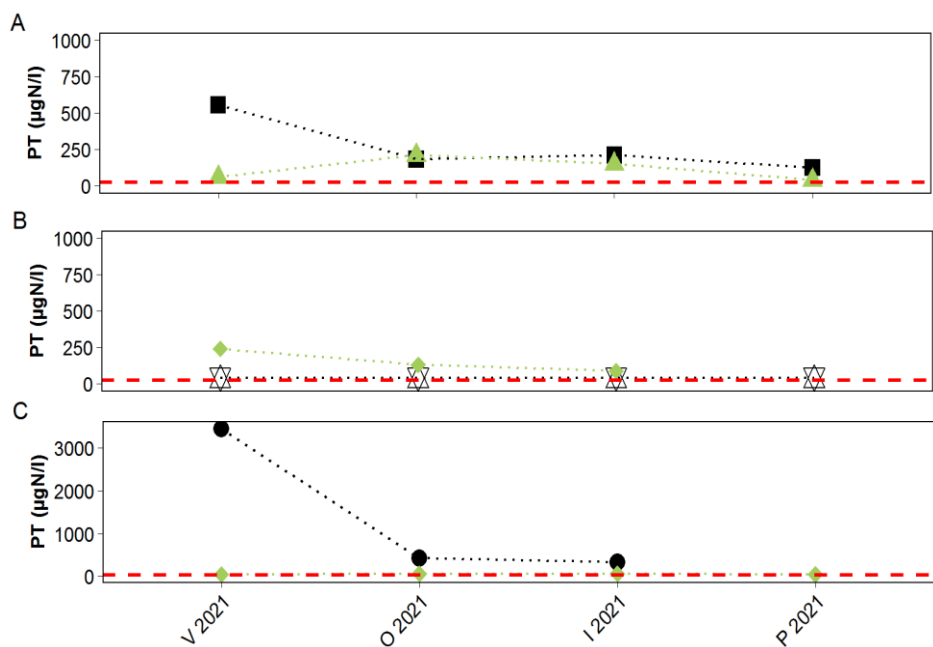


Figura 22. Variación espacial y estacional de la concentración de Fósforo Total (PT) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) Aº Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y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

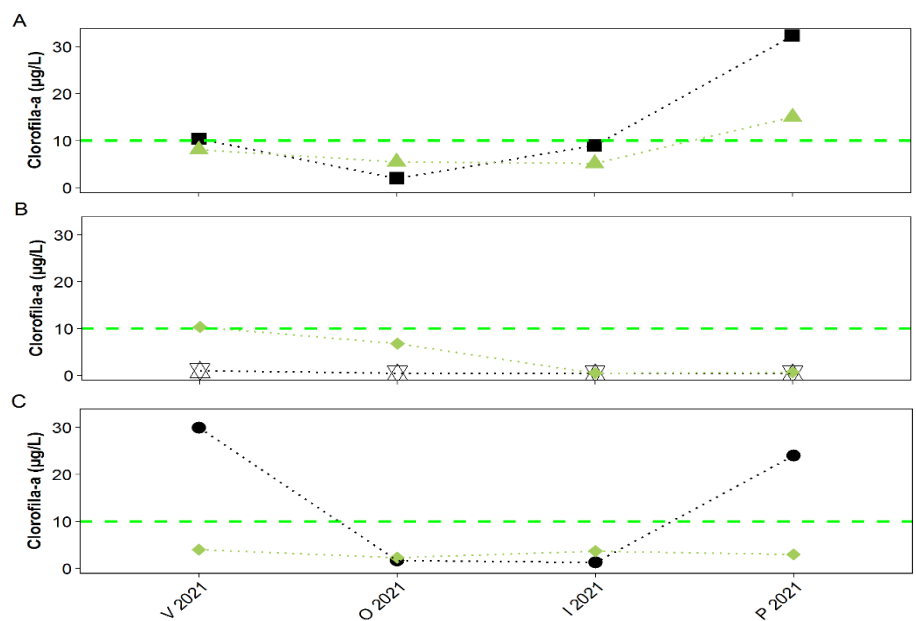


Figura 23. Variación espacial y estacional de la concentración clorofila *a* en los principales tributarios de la Laguna de Rocha: A) Aº La Palma (estaciones: R4 (cuadrado) y R7 (triángulo)); B) Aº Rocha (estaciones: R9 (asterisco) y R10 (rombo)); C) Aº Tres Afluentes (estación R11 (rombo)) y Aº Las Conchas (estación R8 (círculo)).

La clorofila *a* fluctuó entre <0.1 µg/L (límite analítico) y 32.3 µg/L, registrándose el máximo en el embalse del arroyo La Palma (R4) en primavera (Figura 23). El arroyo Las Conchas presentó también elevadas concentraciones de este parámetro en verano 2021. Cabe destacar, que el A° La Palma en primavera y verano y el A° Las Conchas en primavera, superaron el valor guía de 10 µg /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.

### 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 19). No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 en ninguno de los afluentes monitoreados (Tabla 21).

Tabla 21. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha en el 2021.

Tributario	Estación	Sitio de monitoreo	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° La Palma	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
A° Las Conchas	Verano	R8	>20000	no
	Otoño		90	no
	Invierno		60	no
	Primavera		19	no
A° Rocha	Verano	R9	700	no
		R10	117	no
	Otoño	R9	120	no
		R10	60	no
	Invierno	R9	70.0	no
		R10	1490.0	no
	Primavera	R9	8.0	no
		R10	14.0	no
A° Tres Afluentes	Verano	R11	260	no
	Otoño		10	no
	Invierno		10	no
	Primavera		3	no

### 3.8 Síntesis

La conexión de la laguna de Rocha con el mar (61 % del año) se mantuvo dentro de los rangos de valores anuales observados para esta laguna (Santana y Fabiano, 1999). Se registraron 3 aperturas artificiales, las dos primeras no efectivas en febrero y la tercera intervención, en abril, la cual fue exitosa y mantuvo la condición abierta de la laguna hasta mitad de octubre.

En la Laguna de Rocha los indicadores de calidad del agua durante el 2021 fueron relativamente similares entre sitios de muestreo y entre las estaciones del año. Según la concentración de clorofila *a* en agua durante el 2021, 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 (DINACEA, 2021), no observándose un patrón espacial ni estacional marcado. 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 y PAH's. El glifosato registró valores cuantificables únicamente en verano en los sitios norte y sur del sistema. Lamentablemente, se carece de normativa nacional o internacional, que defina límites admisibles para evaluar este parámetro en la matriz sedimento. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (Anexo 1), presentaron valores cuantificables, muy cercanos a los límites analíticos y ninguno superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA (2014), ni en el estándar de la EPA para PAH's totales (22800 µg/kg).

La comunidad de fitoplancton estuvo dominada por diatomeas. Se registraron dos picos de abundancia, en primavera en el sitio sur, que coincidió con los mayores valores de clorofila *a* y nutrientes, y otro en verano en el norte. Las diatomeas fueron dominantes en todos los sitios en verano con especies típicas de esta laguna como *Melosira moniliformis*. Cabe destacar que en invierno hubo una gran abundancia de dinoflagelados, principalmente en el punto sur donde se registró una floración de *Prorocentrum cordatum*, especie no tóxica que suele presentarse en alta abundancia en esta laguna.

La comunidad bentónica presentó una fauna típicamente estuarina, las especies más abundantes fueron *Erodona mactroides* 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 otoño, coincidiendo con los valores máximos de conductividad.

El ictioplancton, a excepción del verano, estuvo presente con huevos y larvas todo el año en los sitios centro y sur, registrando su mayor abundancia en primavera. En todas las estaciones del año y en los dos sitios analizados (centro y sur) predominaron los huevos respecto a las larvas. 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 (*Penaeus 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 PT (Decreto 253/79) y valores de NT, Cloa y OD superiores a los valores guía propuesto por la Mesa Técnica (2017). Los mayores valores se registraron siempre en los arroyos La Palma y Las Conchas, los cuales cómo se ha visto en informes anteriores son los tributarios más comprometidos de la cuenca de la Laguna de Rocha.

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 2021.

## 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 22 se describen las principales características de la cuenca y en la Figura 24 se muestran los sitios de monitoreo.

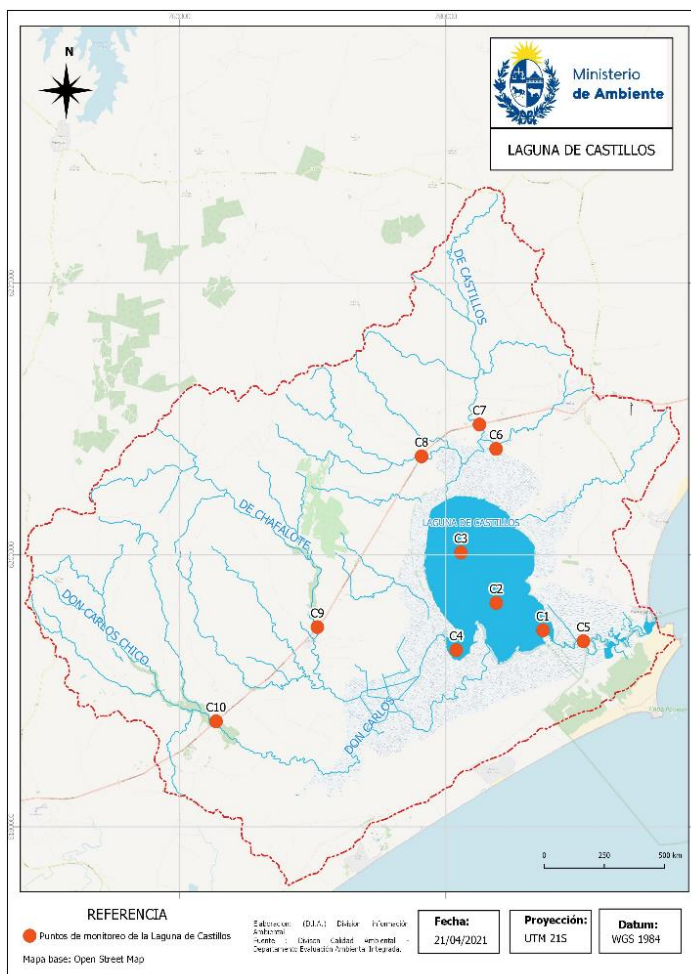


Figura 24. Ubicación de los puntos de monitoreo en la Laguna de Castillos.

Tabla 22. 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	A° Castillos, A° de Chafalote, A° de las Piedritas, A° Sarandí del Consejo, Cda. de los Olivera, A° 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)

#### 4.1 Condición de la barra arenosa

La laguna de Castillos durante 2021 mostró un patrón de conexión permanente con el mar (100 % del año) según los registros de DINARA (La Paloma). Esta condición fue natural y no se registraron intervenciones artificiales. Cabe destacar que a comienzos del año, entre enero y febrero, 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 10m de ancho.

#### 4.2 Laguna: Calidad del agua

Las variables medidas in situ tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 23). La temperatura mostró un patrón estacional, aunque el muestreo de invierno presentó valores algo mayores que los de otoño 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 valor mínimo fue de 13.4 °C en el norte en otoño y el máximo fue de 22.5 °C en el Aº Valizas en verano. El oxígeno disuelto presentó valores superiores a 6.5 mg/l y menores a 10 mg/l, todos los sitios registraron valores cercanos a la saturación. 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 50 UNT en la mayoría de las estaciones del año, y el sitio con los menores valores fue el Bolsón del Chafalote seguido del sitio sur y el Aº Valizas.

Tabla 23. Variables de calidad de agua medidas in situ: Temperatura (T, °C), pH, oxígeno disuelto (OD, mg/L) y turbidez (NTU) de la Laguna de Castillos.

Estación	Sitio de monitoreo	OD (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
Verano	C3, norte	6.7	7.8	21.1	16.0
	C2, centro	7.1	8.1	21.5	12.0
	C1, Sur	7.4	8.1	22.1	6.3
	C4, Chafalote	7.2	8.4	21.6	0
	C5, Valizas	7.0	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	14.0	88.9
	C2, centro	9.6	8.0	14.2	48.6
	C1, sur	9.8	8.0	14.4	10.2
	C5, Valizas	9.5	8	14.5	9.4
Primavera	C3, norte	9.0	7.7	18.4	112.0
	C2, centro	8.0	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

La conductividad presentó el patrón esperable para esta laguna, con valores relativamente bajos durante invierno y primavera y más altos en verano y otoño en todos los sitios (Figura 25A), debido al ingreso de agua marina y régimen de precipitaciones y 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. Los nutrientes totales y la Cloa presentaron un patrón similar con un aumento en otoño y otro en primavera. En el caso del PT todos los sitios presentaron un patrón y valores similares; siendo el sitio norte el que mostró las mayores concentraciones (Figura 25B). El NT y la Cloa presentaron un patrón más similar entre sí con algunos sitios de mayores valores en otoño y primavera, como el centro y sur para NT y norte para clorofila *a* (Figura 25C y D). Tanto el PT como el NT estuvieron casi siempre por encima de los límites establecidos por normativa (Decreto 253/79) o valores guía (Mesa técnica del agua 2017); el NT estuvo por debajo del valor guía en el Aº Valizas, en los momentos de mayor conductividad. La clorofila sólo superó el valor guía en otoño en el sitio norte.

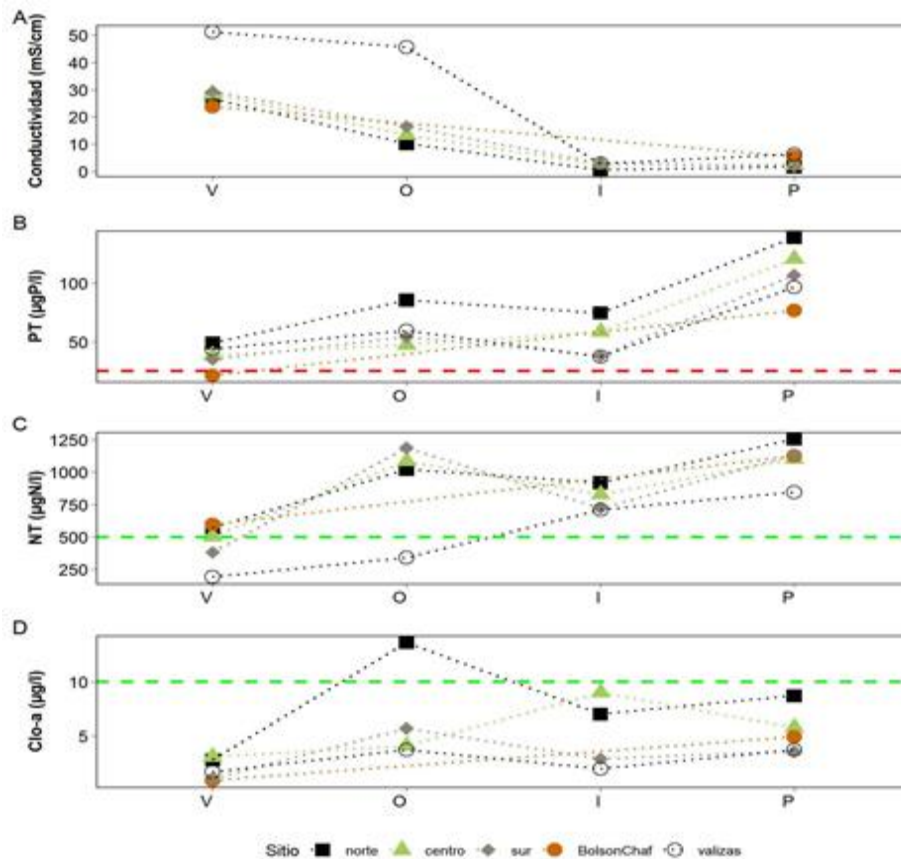


Figura 25. Variación espacial y estacional de conductividad (K) (A), fósforo total (PT) (B), nitrógeno total (NT) (C) y clorofila *a* (Clo *a*) (D) de la Laguna de Castillos. Las líneas roja y verde entrecortadas indican el valor límite establecido por el Decreto 953/77 y el guía propuesto por la Mesa Técnica del Agua (2017), respectivamente.



### 4.3 Laguna: Calidad del sedimento

Las variables del sedimento tuvieron valores dentro del rango normal para el sistema (Tabla 24), siendo relativamente homogéneas entre sitios y estaciones del año. La materia orgánica mostró un patrón muy similar entre sitios con un pico en otoño donde el mayor valor fue en el centro y otro pico en primavera donde con el máximo en el arroyo Valizas. El fósforo total también registró un máximo en el arroyo Valizas en primavera claramente superior al resto de los sitios; el centro y norte tuvieron su mayor valor en invierno (Tabla 24). En el caso del nitrógeno, el sitio norte presentó el máximo en invierno, mientras que el mínimo se registró en el arroyo Valizas en primavera.

Tabla 24. 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 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

Estación	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)
Verano	C3, norte	162.3	114.6	36.5	<5,0	6,0	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	6,0	13	6,0
	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	164.2	108.6	33.1					
	C4, Chafalote	55.8	87.7	9.5					
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	<LC	<LC
	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					
Límite de detección:		5	50		0.15	1	0.3	2	0.4
Límite de cuantificación:		10	100		0.50	3	0.9	7	2

De los metales analizados se registraron valores cuantificables de As, Cr, Hg, Pb y Cu (Tabla 24), en general los mayores 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 hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (Anexo). Los cuales, a su vez, registraron valores muy cercanos a los límites analíticos y ninguno superó los estándares establecidos en el GESTA-AGUA, ni en el estándar de la EPA para PAH's totales (22800 µg/kg).

#### 4.4 Laguna: parámetros biológicos

El fitoplancton estuvo representado por 21 taxa, de los cuales 16 correspondieron a diatomeas, tres a cianobacterias, uno a dinoflagelados y uno a algas verdes (zygnemataceas). Se registró un pico de abundancia en otoño en todos los sitios y un máximo aislado en primavera en el Bolsón del Chafalote debido a una floración de *Aulacoseira sp.* (diatomea) (Figura 25A). El máximo de abundancia en otoño fue debido mayormente a diatomeas (Figura 26C), no obstante, las cianobacterias y los dinoflagelados presentaron sus máximas abundancias en ese momento (Figura 26B y 26D). Las diatomeas fueron el grupo dominante en todos los sitios durante todo el período, y las especies más abundantes fueron grandes diatomeas céntricas como *Coscinodiscopsis jonesianus* y *Coscinodiscus wailesii*. Se registraron las cianobacterias potencialmente tóxicas *Microcystis aeruginosa* en otoño y *Dolichospermum planctonicum* en primavera pero ambas en muy baja abundancia. También se registró en muy baja abundancia el dinoflagelado tóxico *Dinophysis acuminata* en otoño en el arroyo Valizas.

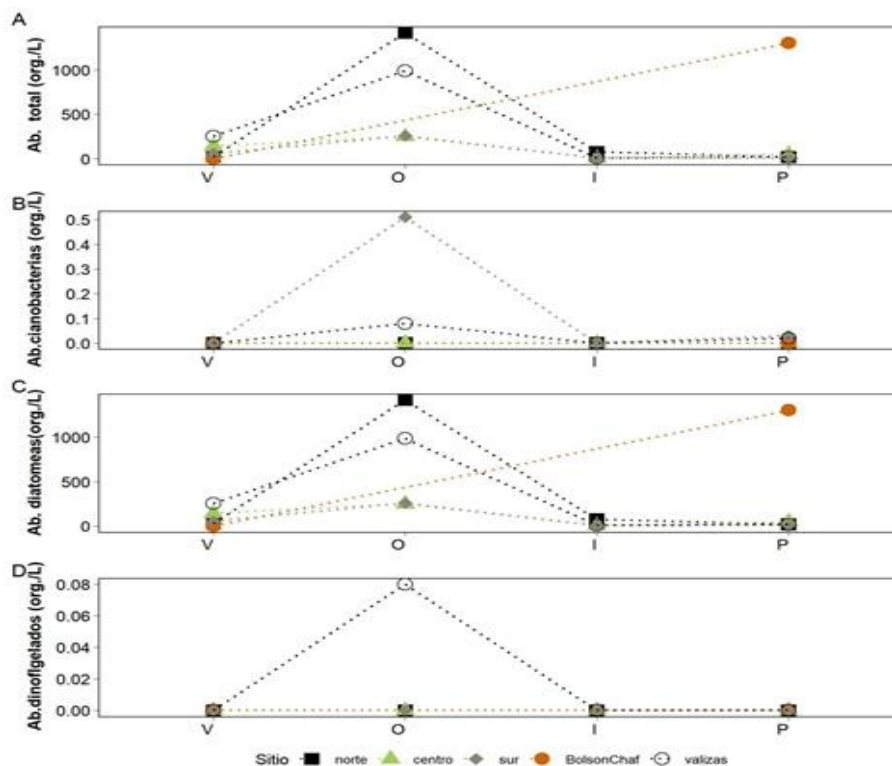


Figura 26. Variación espacial y estacional de Abundancia total de fitoplancton (A), Abundancia de cianobacterias (B), Abundancia de diatomeas (C) y Abundancia de dinoflagelados (D) de la Laguna de Castillos.

En cuanto al bentos, la riqueza presentó un patrón similar en todos los sitios con un máximo en el Bolsón del Chafalote en verano y seguida del sitio sur; el centro fue el sitio con menor riqueza (Figura 27A) y los menores valores fueron en otoño e invierno. La abundancia presentó un patrón más variable de acuerdo al sitio pero también el máximo se registró en verano en el Bolsón del Chafalote. El arroyo Valizas tuvo un máximo de abundancia en invierno y valores elevados también en otoño. Las especies más abundantes fueron *Erodona mactroides* y *Heleobias aff australis*.

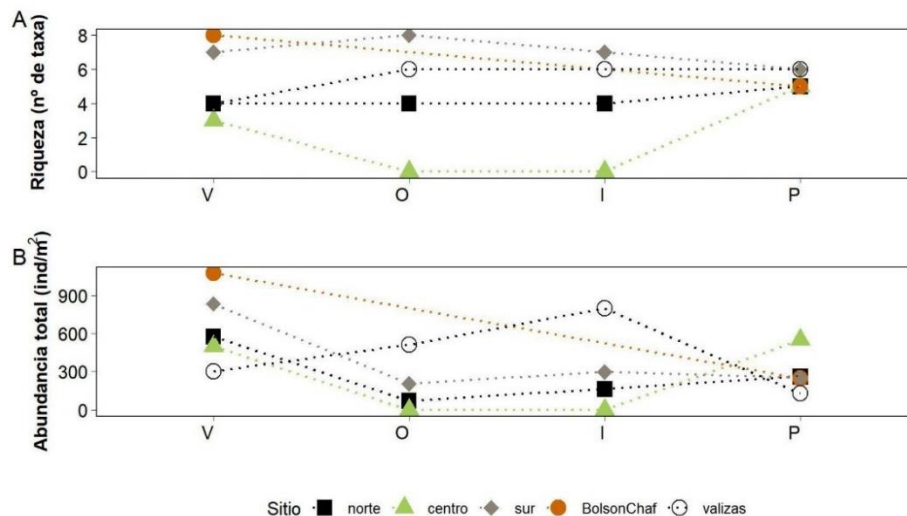


Figura 27. Variación espacial y estacional de Riqueza de bentos (A) y Abundancia de bentos (B) de la Laguna de Castillos.

El ictioplancton se registró en todos los muestreos del año, siendo bastante mayor en primavera en el centro y sur, con abundancias de 1244 y 1124 ind.100m<sup>-3</sup> (Figura 28). En general predominaron las larvas respecto a los huevos. 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 registró en el centro en invierno (97 ind.100m<sup>-3</sup>), la abundancia en el sitio sur fue levemente menor.

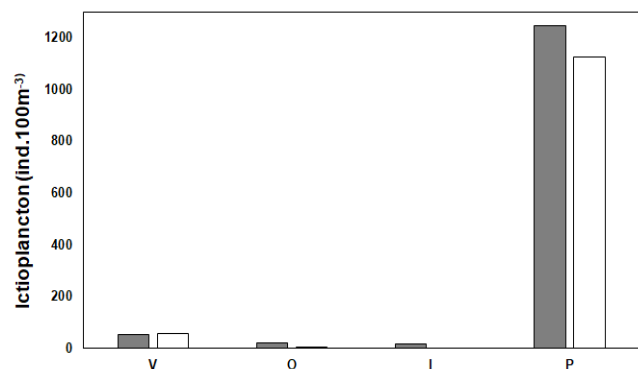


Figura 28. Variación espacial y estacional del Ictioplancton (ind.100m<sup>-3</sup>) de la Laguna de Castillos. Centro (gris) y sur (blanco).

En relación a los invertebrados de importancia comercial, los ejemplares de camarón (*P. paulensis*) registraron un rango de tallas y pesos que estuvo comprendido entre 23.0 y 51.2 mm (media: 36.8 mm) y 2.1 y 22.7 g (media: 9.0 g) respectivamente. (Tabla 25). El factor de condición estimado fue de 91.5 %. (Tabla 23).

Tabla 25. 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 el 2021. Tamaño de muestra (n), otoño (O), verano (V) y desvío estándar (DE).

Año	Estación	n	Rango LCT (mm)	Media $\pm$ DE	Rango Pt (g)	Media $\pm$ DE	$\overline{W_{rm}} \pm$ DE
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

#### 4.5 Laguna: uso recreativo

Los coliformes fecales presentaron los valores más bajos en verano en todos los sitios y en primavera en la mayoría de los sitios, excepto el norte (Tabla 26). El Bolsón del Chafalote fue el sitio que presentó los valores más bajos y el sitio norte y arroyo Valizas presentaron los 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 año.

Tabla 26. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Castillos.

Fecha	Estación	Coliformes (UFC/100ml)	Floraciones cianobacterias
07/02/21	LC3, norte	<4	No
	LC2, centro	<4	No
	LC4, Bolsón	<4	No
	LC1, sur	<4	No
	LC5, Valizas	<4	No
11/05/21	LC3, norte	80	No
	LC2, centro	4	No
	LC1, sur	40	No
	LC5, Valizas	55	No
31/08/21	LC3, norte	4	No
	LC2, centro	12	No
	LC1, sur	12	No
	LC5, Valizas	65	No
18/11/21	LC3, norte	8	No
	LC2, centro	2	No
	LC4, Bolsón	<2	No
	LC1, sur	4	No
	LC5, Valizas	10	No

Las determinaciones de metales (Hg, Cd y Pb) ensayadas en músculo de camarón, presentaron en todos los casos valores muy por debajo de los límites máximos permitidos nacionales (Reglamento GMC12/11 MERCOSUR) e internacionales (Reglamento UE 1881/2006) para consumo de crustáceos: 0,05mg/kg para Cd, 0.30 mg/kg para Pb y 0.50 mg/kg para Hg (Tabla 27).

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. Límites de detección: Hg = 0.015 mg/kg, Cd = 0.0066 mg/kg y Pb = 0.028 mg/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)	-	<0,052 (<LC)	1 (pool 30)	-	ND	1 (pool 30)	-	<0,12 (<LC)

#### 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 la máxima (24.3°C) en el arroyo Castillos en verano (Tabla 28). 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).

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  $\mu$ S/cm) se registró en primavera en la cañada Los Olivera y el mínimo (93  $\mu$ S/cm) se observó en verano en el arroyo Sarandí del Consejo (Tabla 28). La Turbidez presentó el valor mínimo (6.1 UNT) en primavera y el máximo (37 UNT) en verano, ambos en la Cda. de Los Olivera (Tabla 28). Todos los tributarios presentaron valores por debajo del estándar máximo admitido por la normativa nacional ( $\leq 50$  UNT) (Tabla 28).

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 4.180 mg N/L. Los mínimos se registraron en invierno en los arroyos Chafalote, Don Carlos y Sarandí, mientras que el máximo se registró en primavera, en la cañada Los Olivera. Si bien, todos los tributarios superaron el valor objetivo de 500  $\mu$ g N/L propuesto por la Mesa técnica del Agua (2017), solo en la Cañada de Los Olivera ocurrió en todos los registros, seguido por el arroyo Castillos (Figura 29A).

El PT mostró un rango de concentración entre 40  $\mu$ g P/L y 600  $\mu$ g P/L. La cañada Los Olivera registró en todas las estaciones los mayores valores; el mínimo se observó en primavera en el arroyo Don Carlos. Todos los tributarios incumplieron con el estándar del Decreto vigente ( $\leq 25$   $\mu$ g P/L) (Figura 29B).

Tabla 28. Variables de calidad de agua medidas in situ, del 2021: 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 Castillos: Cda de los Olivera, A° Castillos, A° Sarandí del Consejo, A° Chafalote y A° Dona Carlos.

Tributario	Sitio de monitoreo	Estación	T (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Turbidez (UNT)
Cda. Los Olivera	LC6	V	21.6	210	6.9	2.19	6.06
		O	12.9	571	7.2	3.33	10.3
		I	11.2	344	7.1	6.2	13.6
		P	22.6	922	7.61	6.33	37
A° Castillos	LC7	V	22.6	104	6.7	1.64	7.96
		O	12.3	153	6.7	2.83	10
		I	12.2	146	6.9	5	14.8
		P	19.5	209	6.71	3.46	9.63
A° Sarandí del Consejo	LC8	V	20.3	93	6.8	5.17	18.5
		O	12.1	138	7.1	8.24	28.2
		I	10.8	145	7.3	9.5	23.6
		P	21	159	7.2	6.63	16.9
A° Chafalote	LC9	V	21.5	113	7.2	6.85	17.4
		O	11.8	195	7.8	10.3	15.8
		I	10.8	181	7.6	10.4	16.6
		P	18.8	236	7.6	7.54	13.2
A° Don Carlos	LC10	V	20.5	115	7.1	6.37	16.1
		O	10.8	233	7.8	10.29	15.5
		I	10.3	200	7.6	10.4	19.1
		P	18.9	260	7.81	7.9	18.7

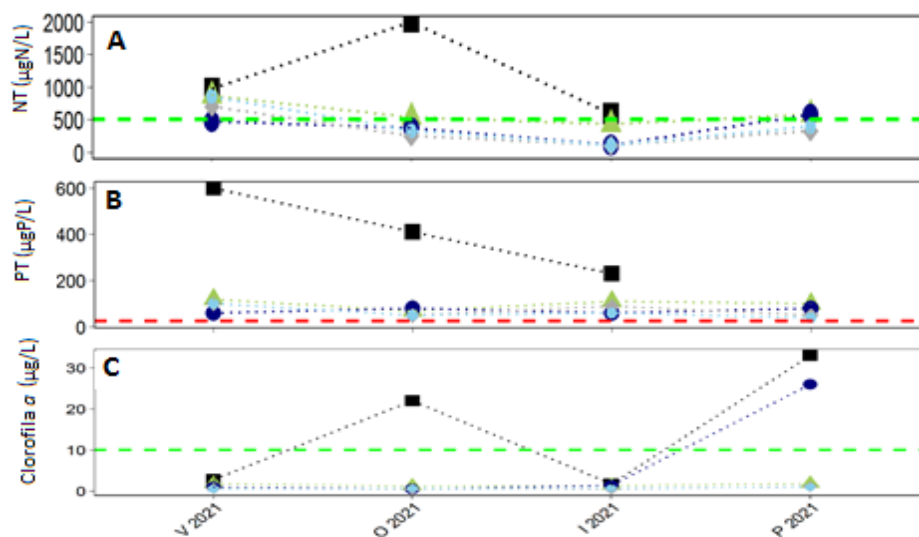


Figura 29. Variación espacial y estacional de Nitrógeno Total (A), Fósforo Total (B) y Clorofila a (C) de los principales tributarios de la cuenca de Laguna de Castillos. Estaciones: cañada Los Olivera (estación LC6 (cuadrado negro)), arroyo Castillos (estación: LC7 (triángulo verde)), Arroyo Sarandí del Consejo (estación: LC8 (círculo azul)), arroyo Chafalote (estación: LC9 (rombo gris)) y arroyo Don Carlos (estación: LC10 (círculo celeste)). La línea roja entrecortada indica el límite establecido para el fósforo total según el Decreto 253/79. La línea verde entrecortada indica el valor guía propuesto por la Mesa técnica del agua ( $\leq 500 \mu\text{g}/\text{L}$ ).

La biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de clorofila *a* fluctuó entre <0.5 µg/L y 33 µg/L. Este último valor se registró en la cañada de Los Olivera (LC6) durante la primavera de 2021 (Figura 29C). En general, todos los tributarios presentaron valores por debajo del valor guía (10 µg/L) sugerido por la mesa técnica del agua.

#### 4.7 Tributarios: uso recreativo

Los coliformes termotolerantes registrados en todos los tributarios (Tabla 28) estuvieron siempre por debajo del límite admitido por la normativa (<2000, UFC/mL, Decreto 253/79). La Cda. Los Olivera registró la mayor concentración de coliformes en primavera. No se observaron floraciones de cianobacterias durante todo el 2021 en ninguno de los afluentes monitoreados (Tabla 29).

Tabla 29. Valores de Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) y floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha en el 2021.

Tributario	Sitio de monitoreo	Estación	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floraciones Cianobacterias
A° Valizas	LC5	Verano	<4	No
		Otoño	55	No
		Invierno	65	No
		Primavera	<2	No
Cda. Los Olivera	LC6	Verano	70	No
		Otoño	30	No
		Invierno	80	No
		Primavera	875	No
A° Castillos	LC7	Verano	10	No
		Otoño	60	No
		Invierno	<10	No
		Primavera	16	No
A° Sarandí del Consejo	LC8	Verano	30	No
		Otoño	320	No
		Invierno	50	No
		Primavera	14	No
A° Chafalote	LC9	Verano	410	No
		Otoño	50	No
		Invierno	80	No
		Primavera	46	No
A° Don Carlos	LC10	Verano	130	No
		Otoño	90	No
		Invierno	270	No
		Primavera	65	No

## 4.8 Síntesis

La Laguna de Castillos durante el 2021 presentó un patrón de conexión natural permanente con el mar (100 % del año), aunque entre enero y febrero, la conexión fue restringida, lo cual se asocia a un período de escasas precipitaciones en las cuencas, determinado por un evento Niña.

Los indicadores de calidad del agua en la Laguna de Castillos en general mostraron un gradiente ascendente norte - sur para la conductividad. 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 y los valores mínimos en verano. Según la concentración de clorofila *a* en agua, la Laguna de Castillos 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. Se registraron las cianobacterias potencialmente tóxicas *Microcystis aeruginosa* en otoño y *Dolichospermum planctonicum* en primavera pero ambas en muy baja abundancia. También se registró en muy baja abundancia el dinoflagelado potencialmente tóxico *Dinophysis acuminata* en otoño en el arroyo Valizas. En cuanto al bentos, en el 2021 estuvo compuesto por una comunidad típicamente estuarina, siendo las especies más abundantes *Erodona mactroides* y *Heleobias aff australis*. Tanto la riqueza como la abundancia registraron su máximo durante el verano en el Bolsón del Chafalote, seguido del 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.

En relación a los invertebrados de importancia comercial, los ejemplares de camarón (*P. paulensis*) registraron un amplio rango de tallas y pesos, así como una zafra extendida en verano y otoño (entre febrero y comienzos de mayo). Los sucesivos ingresos y las adecuadas condiciones ambientales en la laguna resultaron 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 años anteriores (DINACEA *et al.* 2021) los mayores valores se registraron en la Cañada de Los Olivera y el arroyo Castillos.

Los parámetros asociados al uso recreativo del agua de la laguna y sus tributarios mostraron en general buenas condiciones. 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 2021.

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

AOAC (2012). Official Methods of Analysis of AOAC international. 19th edition. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA. DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE. 2018. Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios.

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

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.

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”.

Jorcin A. 1999. Temporal and spatial variability in the macrozoobenthic community along a salinity gradient in the Castillos Lagoon (Uruguay). *Archiv fur Hydrobiologie* 146: 369-384 p.

Meerhoff E. 2009. Variación espacio temporal de las comunidades macrobentónicas de cinco lagunas costeras del Uruguay, PEDECIBA Biología, Facultad de Ciencias, Montevideo.

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

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.

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.

Mendez, E., Giudice, H., Pereira, A., Inocente, G. & Medina, D. (2001). Total mercury content-fish weight relationship in swordfish (*Xiphias gladius*) caught in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of food composition and analysis*, 14: 453-460.

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>

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.

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 Sciencies* 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 1. 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 “-”.

Laguna	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Verano 2021		Límite de detección	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 2. 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 “-”.

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
	Acenapthileno (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
	Acenapthileno (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*