



PORH LAGO DE TOTA

Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Lago de Tota y Ríos Tobal, Olarte, Hatolaguna y Las Quebradas La Mugre y Los Pozos

Documento: INFORME DE MONITOREO DE SEDIMENTOS EN EL LAGO DE TOTA



Corpoboyacá

CONSORCIO
PORH
LAGO DE TOTA 21



ENINCO SA



LONJACUN

CONSULTORÍA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO -
PORH DEL LAGO DE TOTA Y RÍOS TOBAL, OLARTE, HATOLAGUNA Y LAS QUEBRADAS LA MUGRE
Y LOS POZOS (EL POZO)",

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ALCANCE	5
3	OBJETIVOS.....	5
3.1	GENERAL	5
3.2	ESPECÍFICOS.....	5
4	METODOLOGÍA.....	6
4.1.1	Materiales y equipos.....	7
4.1.2	Cadena de custodia.....	8
5	PUNTOS DE MONITOREO.....	9
5.1	Identificación de puntos de monitoreo.....	9
5.2	Localización de puntos de monitoreo	12
5.3	Recorrido de puntos de monitoreo.....	13
5.4	Descripción de puntos de monitoreo.....	14
5.4.1	PS1 – Lago de Tota.....	14
5.4.2	PS2 – Lago de Tota.....	15
5.4.3	PS3 – Lago de Tota.....	16
5.4.4	PS4 – Lago de Tota.....	17
5.4.5	PS5 – Lago de Tota.....	18
5.4.6	PS6 – Lago de Tota.....	19
5.4.7	PS7 – Lago de Tota.....	20
5.4.8	PS8 – Lago de Tota.....	21
5.4.9	PS9 – Lago de Tota.....	22
5.4.10	PS10 – Lago de Tota.....	23

5.4.11	PS11 – Lago de Tota.....	24
5.4.12	PS12 – Lago de Tota.....	25
5.4.13	PS13 – Lago de Tota.....	26
5.4.14	PS14 – Lago de Tota.....	27
5.4.15	PS15 – Lago de Tota.....	28
5.4.16	PS16 – Lago de Tota.....	29
5.4.17	PS17 – Lago de Tota.....	30
5.4.18	PS18 – Lago de Tota.....	31
5.4.19	PS19 – Lago de Tota.....	32
5.4.20	PS20 – Lago de Tota.....	33
5.4.21	PS21 – Lago de Tota.....	34
6	RESULTADOS	35
6.1	Resultados de parámetros in situ.	35
6.2	Resultados de análisis de laboratorio.	44
7	COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS – PERFILES DE CALIDAD	48
7.1	Análisis por parámetro.....	48
7.1.1	Parámetros In Situ.....	48
7.1.2	Parámetros en sedimento	52
7.1.3	Parámetros en agua de poros.....	58
8	ANÁLISIS COMPARATIVO DE MATRIZ AGUA Y SEDIMENTOS	73
9	Conclusiones	75

1 INTRODUCCIÓN.

Acorde con lo definido por la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas “El recurso agua, es el eje articulador de todas las actividades en un territorio y por ende de las poblaciones, puesto que estas desarrollan distintas actividades productivas que no sólo dependen de la cantidad y calidad de este recurso, sino que además generan alteraciones al estado natural del mismo”.

En este documento se presentan los resultados obtenidos para la jornada de monitoreo de toma de sedimentos del PORH Lago de Tota, realizada en el espejo de agua del Lago. De igual manera, se relaciona la metodología y resultados obtenidos, la metodología y resultados de la toma de parámetros medidos in situ.

La campaña de monitoreo se llevó a cabo por el personal capacitado perteneciente a la consultoría del PORH Lago de Tota entre el 17 de Octubre de 2023 y el 24 de Octubre de 2023.

El análisis de las variables fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras de sedimentos se encuentra a cargo del laboratorio ANALQUIM, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM mediante Resolución 1162 de 2023 (ANEXO 1. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN ANALQUIM).

2 ALCANCE

La actividad desarrollada contempla la jornada de monitoreo para la toma de sedimentos en el espejo de agua del Lago de Tota. El trabajo de campo fue realizado de manera conjunta entre el equipo técnico y de campo de la consultoría y el laboratorio ANALQUIM. Además, el alcance del monitoreo relaciona la toma de muestras en el cuerpo de agua Léntico del Lago de Tota con muestras compuestas por 5 submuestras.

Por otro lado, el alcance de este documento plantea la entrega de resultados obtenidos de las diferentes actividades de campo, tales como, toma de parámetros in situ y análisis de laboratorio.

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Establecer la composición física y bacteriológica del sedimento de fondo del Lago de Tota

3.2 ESPECÍFICOS

- Definir los puntos representativos dentro del Lago para la toma de matriz sedimento.

- Determinar los parámetros de interés para la toma de muestras y análisis de laboratorio.
- Realizar la toma de muestra para análisis de laboratorio en los puntos definidos y la identificación de condiciones in situ.
- Analizar los resultados de laboratorio.

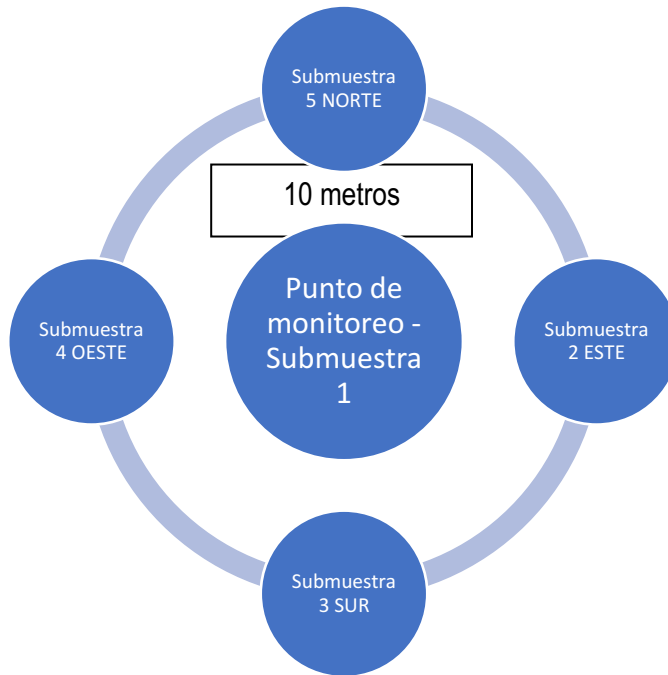
4 METODOLOGÍA

La metodología de toma de muestra de matriz sedimento plantea el uso de una draga de recolección de sedimentos con capacidad de tomar la cantidad necesaria relacionada por el laboratorio para el análisis de esta.

La recolección de las muestras estuvo a cargo del personal de la consultoría con la supervisión y apoyo del laboratorio ANALQUIM.

En el siguiente gráfico se presenta de una forma esquemática de cómo se realiza la toma de cada una de las muestras:

Figura 1. Esquema para toma de muestras matriz de sedimentos.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota, 2023.

La gráfica anterior representa la toma de muestras de tipo compuesta con que se realizaron los análisis para la matriz de sedimento, así las cosas, la metodología plantea una composición de 5 submuestras en cada punto de monitoreo, de tal forma que se vea representada en la muestra final la dinámica de un área específica en cada punto con un radio variable entre cada submuestra según permitieron las condiciones en campo y que permitan abarcar los cuatro puntos cardinales.

La toma de muestra se realizó en cada punto definido mediante el lanzamiento de la draga desde la lancha en cada coordenada relacionada como submuestra, para luego componer una sola muestra por punto de monitoreo enviada a análisis de laboratorio.

4.1.1 Materiales y equipos.

La toma de muestras estuvo a cargo del equipo de campo de consultoría que cuenta con hidromensores para realizar las actividades de campo relacionadas en el PORH.

Los materiales que se utilizaron en la actividad de campo son: Draga de recolección de sedimentos y equipo multiparamétrico para medición de parámetros in situ en aguas.

Figura 2. Equipos utilizados en la actividad de campo.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota, 2023.

4.1.2 Cadena de custodia.

La cadena de custodia inicia principalmente con la preservación de las muestras tomadas acorde con las metodologías utilizadas normalmente por el laboratorio y que permitirán que estas lleguen a análisis de manera correcta. Para controlar los tiempos de entrega de las muestras al laboratorio, se utilizó la misma metodología implementada en las campañas de monitoreo, es decir, mediante el transporte de estas diariamente a través de transporte privado y directo a las instalaciones del laboratorio. De igual manera para cada entrega se relaciona la papelería de custodia y formatos de registro de cada muestra.

5 PUNTOS DE MONITOREO

En el presente numeral se relacionan los puntos de monitoreo objeto de la campaña correspondiente a la toma de muestras de sedimentos. Además, se relacionan las características de los puntos de muestreo, sus descripciones y algunos de sus resultados obtenidos en campo, la ubicación de estos y el recorrido realizado a cada uno de estos. De igual manera se presenta registro fotográfico donde se evidencia las actividades realizadas en cada punto.

5.1 Identificación de puntos de monitoreo

Según lo establecido en las especificaciones técnicas del proyecto se debe realizar monitoreo de sedimentos en puntos representativos dentro del Lago de Tota.

La jornada de monitoreo se llevó a cabo del día 17 de octubre de 2023 al 24 de octubre de 2023. Para esta campaña se monitorearon un total de 21 puntos ubicados y distribuidos en toda el área del Lago. Los puntos definidos se presentan a continuación:

Tabla 1. Identificación de los puntos de monitoreo.

ID	Punto	Cuerpo de agua	Sector Asociado	Ubicación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Tipo de caracterización
1	PS1	Lago de Tota	Sector Hatolaguna	Aquitania, Boyacá	2174461	5010659	Compuesta
2	PS2	Lago de Tota	Sector Santa Inés	Aquitania, Boyacá	2172036	5012957	Compuesta
3	PS3	Lago de Tota	Sector La Custodia	Aquitania, Boyacá	2170106	5012137	Compuesta
4	PS4	Lago de Tota	Sector La Custodia	Aquitania, Boyacá	2168348	5011075	Compuesta
5	PS5	Lago de Tota	Sector La Herradura	Aquitania, Boyacá	2164849	5007041	Compuesta
6	PS6	Lago de Tota	Sector Santa Inés	Aquitania, Boyacá	2170732	5012791	Compuesta
7	PS7	Lago de Tota	Sector Santa Inés	Aquitania, Boyacá	2171390	5012985	Compuesta
8	PS8	Lago de Tota	Sector Santa Inés	Aquitania, Boyacá	2172353	5011682	Compuesta
9	PS9	Lago de Tota	Sector Hatolaguna	Aquitania, Boyacá	2171809	5010603	Compuesta
10	PS10	Lago de Tota	Sector Hatolaguna	Aquitania, Boyacá	2173407	5011189	Compuesta
11	PS11	Lago de Tota	Sector Hatolaguna	Aquitania, Boyacá	2173407	5011189	Compuesta
12	PS12	Lago de Tota	Sector Llano Alarcón	Cuitiva, Boyacá	2175167	5008804	Compuesta

ID	Punto	Cuerpo de agua	Sector Asociado	Ubicación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Tipo de caracterización
13	PS13	Lago de Tota	Sector Hatolaguna	Aquitania, Boyacá	2173182	5008638	Compuesta
14	PS14	Lago de Tota	Sector Túnel	Cúitiva, Boyacá	2172582	5005979	Compuesta
15	PS15	Lago de Tota	Sector Centro	Tota, Boyacá	2169782	5006033	Compuesta
16	PS16	Lago de Tota	Sector Playa Blanca	Aquitania, Boyacá	2166736	5003839	Compuesta
17	PS17	Lago de Tota	Sector Playa Blanca	Aquitania, Boyacá	2165364	5005256	Compuesta
18	PS18	Lago de Tota	Sector La Herradura	Aquitania, Boyacá	2166864	5008354	Compuesta
19	PS19	Lago de Tota	Sector Centro	Aquitania, Boyacá	2168311	5009265	Compuesta
20	PS20	Lago de Tota	Sector La Custodia	Aquitania, Boyacá	2167797	5009677	Compuesta
21	PS21	Lago de Tota	Sector Santa Inés	Aquitania, Boyacá	2170416	5010258	Compuesta

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.2 Localización de puntos de monitoreo

A continuación, se presenta la espacialización geográfica de los puntos de monitoreo y su distribución a lo largo del territorio.

Figura 3. Puntos de monitoreo de sedimentos definidos para el PORH Lago de Tota.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la figura anterior se evidencia la espacialización geográfica de los puntos de monitoreo dentro de la zona de estudio. Además, se evidencia como representativamente se cubre toda el área con puntos de monitoreo de tal forma que el estudio tenga una importancia y una representatividad en todo el territorio.

5.3 Recorrido de puntos de monitoreo

A continuación, se presenta el cronograma de toma de muestra en cada uno de los puntos de monitoreo y demás actividades realizadas:

Tabla 2. Cronograma de trabajo de campo – Época de bajas precipitaciones.

		OCTUBRE						
		M	X	J	V	S	D	L
ID	PUNTO	17	18	19	20	21	22	23
1	PS1							
2	PS2							
3	PS3							
4	PS4							
5	PS5							
6	PS6							
7	PS7							
8	PS8							
9	PS9							
10	PS10							
11	PS11							
12	PS12							
13	PS13							
14	PS14							
15	PS15							
16	PS16							
17	PS17							
18	PS18							
19	PS19							
20	PS20							
21	PS21							

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4 Descripción de puntos de monitoreo

5.4.1 PS1 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS 1
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N: 2174461 E: 5010659
FECHA Y HORA	19 de octubre de 2023 13:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en la desembocadura del Río Hatolaguna al Lago. Con una temperatura del agua de 14,09 °C en promedio y 16,40 °C de aire, se presentaron vientos de 1,4 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 5/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 2 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 74,3% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 11,78°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación: pH: 7,42 unidades; CE: 117 µS/cm; OD: 3,43 mg O₂/l.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota

5.4.2 PS2 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS 2	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2172036 E: 5012957	
FECHA Y HORA	17 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en la desembocadura de la Quebrada Los Pozos al Lago. Con una temperatura del agua de 13,36 °C en promedio y 16,76 °C de aire, se presentaron vientos de 1,8 m/s al momento del muestreo, no se presentaron lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 5/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 2,5 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 72,4% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,13 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación: pH: 6,59 unidades; CE: 119,6 μS/cm; OD: 3,85 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.3 PS3 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS3	<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO</p>  
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2170106 E: 5012137	
FECHA Y HORA	23 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en la desembocadura del Río Tobal sector la custodia. Con una temperatura del agua de 14,25 °C en promedio y 17,86 °C de aire, se presentaron vientos de 0,8m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 1/8, sedimento de fondo de tipo arenoso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 3 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 64,9% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 11,12 °C. Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 6,96 unidades; CE: 116,4 μS/cm; OD: 3,51 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.4 PS4 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS4
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N:2168348 E:5011075
FECHA Y HORA	23 de octubre de 2023 9:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en la desembocadura de la Quebrada La Mugre sector La Custodia. Con una temperatura del agua de 15,83°C en promedio y 16,50 °C de aire, se presentaron vientos de 1,5 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 1/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 2 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 67,6% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 10,44 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH:7,31 unidades; CE 145,8: $\mu\text{S/cm}$; OD: 3,42 $\text{mg O}_2/\text{l}$.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO




Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.5 PS5 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS5	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO  
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2164849 E: 5007041	
FECHA Y HORA	21 de octubre de 2023 12:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en la desembocadura de la Quebrada la Mugre sector La Custodia. Con una temperatura del agua de 14,34°C en promedio y 17,52°C de aire, se presentaron vientos de 2,9 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 1,5 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 71,4% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,25 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,30 unidades; CE: 107,4 μS/cm; OD: 3,08 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.6 PS6 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS6	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO 
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2170732 E: 5012791	
FECHA Y HORA	17 de octubre de 2023 12:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, cerca de la bocatoma del acueducto municipal de Aquitania-Sector Santa Inés. Con una temperatura del agua de 13,92 °C en promedio y 17,48 °C de aire, se presentaron vientos de 1,3 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 11,5 metros, de los cuales 7,2 metros pertenecen a zona fótica y 4,3 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 71,8% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,3 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,96 unidades; CE: 115,6 µS/cm; OD: 2,80 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.7 PS7 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS7
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N: 2171390 E: 5012985
FECHA Y HORA	17 de octubre de 2023 9:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.

DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN

Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, ubicado en cercanía de criadero de truchas sector Santa Inés. Con una temperatura del agua de 13,40 °C en promedio y 15,96 °C de aire, se presentaron vientos de 1,1 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 4/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 24 metros, de los cuales 7,5 metros pertenecen a zona fótica y 16,5 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 72,3% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 10,94 °C.



Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:

pH: 7,78 unidades; CE: 117,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$; OD: 2,94 mg O₂/l.

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



5.4.8 PS8 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS8	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2172353 E: 5011682	
FECHA Y HORA	18 de octubre de 2023 9:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Santa Inés. Con una temperatura del agua de 16,16 °C en promedio y 19,36 °C de aire, se presentaron vientos de 3,9 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 6/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 27 metros, de los cuales 7,1 metros pertenecen a zona fótica y 19,9 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 65,6% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,72 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación: pH:6,77 unidades; CE: 115,6 µS/cm; OD:1,97 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.9 PS9 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS9
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N: 2171809 E: 5010603
FECHA Y HORA	18 de octubre de 2023 10:30
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN

Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, ubicado cerca a la isla San Pedro y a criadero de truchas sector Hatolaguna. Con una temperatura del agua de 13,24°C en promedio y 16,14 °C de aire, se presentaron vientos de 0,8 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 42 metros, de los cuales 7,3 metros pertenecen a zona fótica y 34,7 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 65,6% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 9,64 °C.

Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:

pH: 8,31 unidades; CE: 115 μ S/cm; OD: 1,34 mg O₂/l.

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.10 PS10 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS10
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N: 2173407 E: 5011189
FECHA Y HORA	18 de octubre de 2023 12:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Hatolaguna. Con una temperatura del agua de 16,03°C en promedio y 18,92 °C de aire, se presentaron vientos de 1,7 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 1/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 35 metros, de los cuales 7,5 metros pertenecen a zona fótica y 27,5 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 69,4% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 13,16°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,26 unidades; CE: 115,2 μS/cm; OD: 1,46 mg O₂/l.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.11 PS11 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS11
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N:2174329 E:5010080
FECHA Y HORA	19 de octubre de 2023 14:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, cerca de la Isla Santa Helena, sector Hatolaguna. Con una temperatura del agua de 14,27 °C en promedio y 17,02 °C de aire, se presentaron vientos de 1,7 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 1/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 35 metros, de los cuales 7,5 metros pertenecen a zona fótica y 27,5 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 69,4% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 11,34 °C. Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,31 unidades; CE: 115,6 µS/cm; OD: 2,74 mg O₂/l.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.12 PS12 – Lago de Tota.


COD. PUNTO	PS12
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Cuítiva, Boyacá
COORDENADAS	N: 2175167 E: 5008804
FECHA Y HORA	19 de octubre de 2023 12:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Llano Alarcón. Con una temperatura del agua de 13,84 °C en promedio y 15,76 °C de aire, se presentaron vientos de 1,4 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 6/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 6 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 64,5% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 9,03°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 6,80 unidades; CE: 116,4 µS/cm; OD: 0,86 mg O₂/l.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO





Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.13 PS13 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS13	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2173182 E: 5008638	
FECHA Y HORA	19de octubre de 2023 9:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Hatolaguna. Con una temperatura del agua de 12,75°C en promedio y 13,80 °C de aire, se presentaron vientos de 2,2 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 4/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 53 metros, de los cuales 7,4 metros pertenecen a zona fótica y 45,6 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 80,2% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 10,42°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 6,49unidades; CE: 115,6 µS/cm; OD: 0,62 mg O₂/l.</p>		



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.14 PS14 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS14	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO  
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Cúitiva, Boyacá	
COORDENADAS	N:2172582 E:5005979	
FECHA Y HORA	19 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Tunel. Con una temperatura del agua de 14,20 °C en promedio y 16,07 °C de aire, se presentaron vientos de 1,2 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 6/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 15 metros, de los cuales 7,8 metros pertenecen a zona fótica y 7,2 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 67,9% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 10,1 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,26 unidades; CE: 119,4 μS/cm; OD: 1,15 mg O₂/l.</p>		



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.15 PS15 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS15	<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO</p>  
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Tota, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2169782 E: 5006033	
FECHA Y HORA	20 de octubre de 2023 9:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Centro. Con una temperatura del agua de 15,22°C en promedio y 17,46 °C de aire, se presentaron vientos de 1,6 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 24 metros, de los cuales 7,3 metros pertenecen a zona fótica y 16,7 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 69,5% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 11,78 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,59 unidades; CE: 115,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$; OD:2,32 mg O₂/l.</p>		


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.16 PS16 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS16	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Tota, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2166736 E: 5003839	
FECHA Y HORA	21 de octubre de 2023 9:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3036 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, cerca de Playa Blanca en el sector de mismo nombre. Con una temperatura del agua de 16,42°C en promedio y 18,70 °C de aire, se presentaron vientos de 2,3 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arenoso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 5 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 70,8% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 13,26°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,98 unidades; CE: 113,8 µS/cm; OD:3,82 mg O₂/l.</p>		


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.17 PS17 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS17	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO 
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2165364 E: 5005256	
FECHA Y HORA	21 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Playa Blanca. Con una temperatura del agua de 16,77 °C en promedio y 18,42 °C de aire, se presentaron vientos de 2 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 1/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 17 metros, de los cuales 7,5 metros pertenecen a zona fótica y 9,5 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 70,1% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,84 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,45 unidades; CE: 114,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$; OD: 2,64 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.18 PS18 – Lago de Tota.

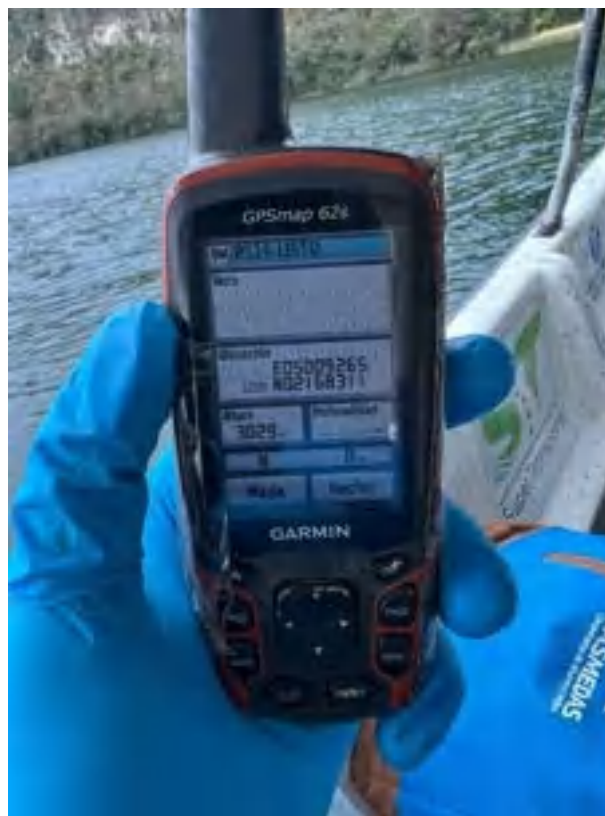
COD. PUNTO	PS18	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO 
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2166864 E: 5008354	
FECHA Y HORA	21 de octubre de 2023 13:00	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3037 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Herradura. Con una temperatura del agua de 13,30°C en promedio y 15,42 °C de aire, se presentaron vientos de 3,7 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 3/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 26 metros, de los cuales 7,4 metros pertenecen a zona fótica y 18,6 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 72,7% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 10,5 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,64 unidades; CE: 115,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$; OD: 2,61 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.19 PS19 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS19
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá
COORDENADAS	N: 2168311 E: 5009265
FECHA Y HORA	22 de octubre de 2023 9:00
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN	
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector centro. Con una temperatura del agua de 12,75°C en promedio y 14,80 °C de aire, se presentaron vientos de 2,1 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad de 7,5 metros perteneciente a zona fótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 81,4% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 11,62 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,47 unidades; CE: 114,6 µS/cm; OD: 3,23 mg O₂/l.</p>	

FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.20 PS20 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS20	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2167797 E: 5009677	
FECHA Y HORA	22 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector La custodia. Con una temperatura del agua de 13,25°C en promedio y 15,10 °C de aire, se presentaron vientos de 3,1m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 3/8, sedimento de fondo de tipo arenoso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 16 metros, de los cuales 7,4 metros pertenecen a zona fótica y 8,6 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 83,5% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,3°C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 7,94 unidades; CE: 114,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$; OD: 3,21 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

5.4.21 PS21 – Lago de Tota.

COD. PUNTO	PS21	FOTOGRAFÍAS PUNTO DE MONITOREO
ÁREA DE INFLUENCIA	Lago de Tota	
CUERPO DE AGUA	Lago de Tota	
UBICACIÓN	Aquitania, Boyacá	
COORDENADAS	N: 2170416 E: 5010258	
FECHA Y HORA	20 de octubre de 2023 10:30	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	3038 m.s.n.m.	
DESCRIPCIÓN/OBSERVACIÓN		
<p>Punto de monitoreo ubicado en el cuerpo léntico del Lago de Tota, en el sector Santa Inés. Con una temperatura del agua de 14,29 °C en promedio y 16,80 °C de aire, se presentaron vientos de 0,4 m/s al momento del muestreo, no se presentan lluvias en días anteriores al muestreo, con nubosidad de 2/8, sedimento de fondo de tipo arcilloso, no se perciben objetos flotantes u obstáculos, se realiza muestreo compuesto de 5 submuestras. El punto presenta una profundidad total de 28 metros, de los cuales 7,5 metros pertenecen a zona fótica y 20,5 metros a zona afótica. Al momento de la toma de la muestra se presentan condiciones atmosféricas con 74,9% de humedad relativa y una temperatura a punto de rocío de 12,29 °C.</p> <p>Los parámetros tomados in situ se relacionan a continuación:</p> <p>pH: 8,29 unidades; CE: 114,6 μS/cm; OD:1,128 mg O₂/l.</p>		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

6 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la toma de muestras de sedimentos en el Lago de Tota.

6.1 Resultados de parámetros in situ.

Durante el desarrollo de la campaña de monitoreo correspondiente a matriz de sedimento se realiza la toma de parámetros in situ para cada uno de los puntos de monitoreo ubicados en el cuerpo léntico del Lago de Tota. Los parámetros corresponden a temperatura del aire, temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Además, los parámetros atmosféricos. Los resultados para cada parámetro se presentan a continuación relacionando cada punto de monitoreo.

Tabla 3. Resultados de parámetros in situ.

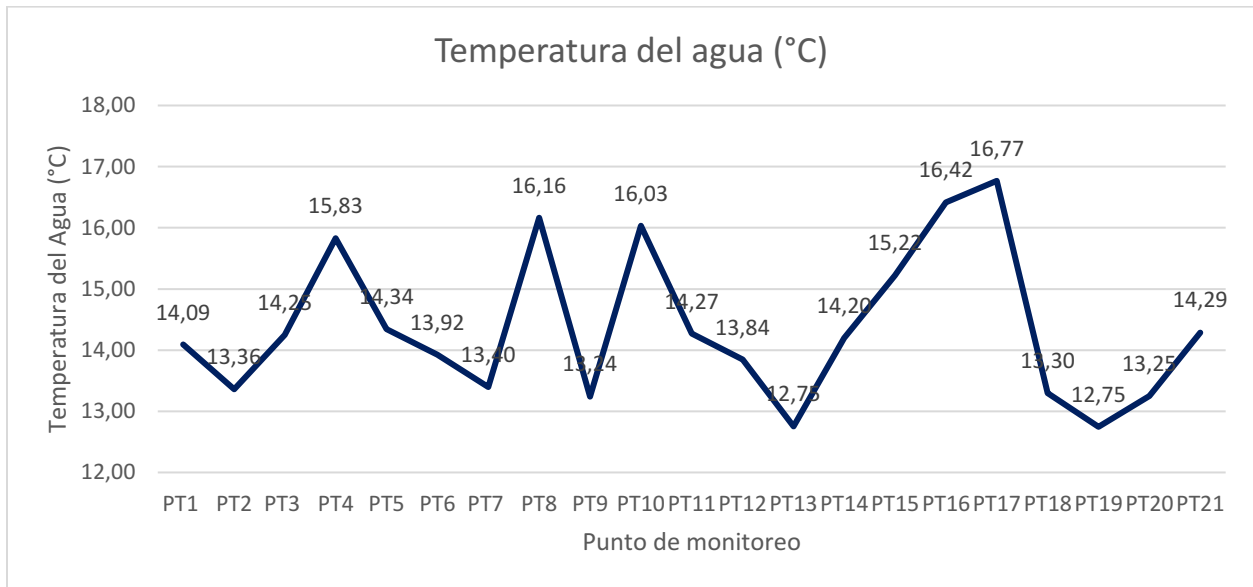
Punto	Cuerpo de agua	Fecha	PH (unidades)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura del aire (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura a punto de rocío (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Cobertura de Nubes	Porcentaje de Sombra	PROFUNDIDAD (m)		
													Zona Fótica	Zona Afótica	Total
PS1	Lago de Tota	19 de octubre de 2023	7,42	117	3,428	14,09	16,40	74,3	11,78	1,4	(5/8)	0	2	-	2
PS2	Lago de Tota	17 de octubre de 2023	6,59	119,6	3,846	13,36	16,76	72,4	12,13	1,8	(5/8)	0	2,5	-	2,5
PS3	Lago de Tota	23 de octubre de 2023	6,96	116,4	3,51	14,25	17,86	64,9	11,12	0,8	(1/8)	0	3	-	3
PS4	Lago de Tota	23 de octubre de 2023	7,31	145,8	3,418	15,83	16,50	67,6	10,44	1,5	(1/8)	0	2	-	2
PS5	Lago de Tota	21 de octubre de 2023	7,30	107,4	3,08	14,34	17,52	71,4	12,25	2,9	(2/8)	0	1,5	-	1,5
PS6	Lago de Tota	17 de octubre de 2023	7,96	115,6	2,804	13,92	17,48	71,8	12,3	1,3	(2/8)	0	7,2	4,3	11,5
PS7	Lago de Tota	17 de octubre de 2023	7,78	117,8	2,944	13,40	15,96	72,3	10,94	1,1	(4/8)	0	7,5	16,5	24
PS8	Lago de Tota	18 de octubre de 2023	6,77	115,6	1,972	16,16	19,36	65,6	12,72	3,9	(6/8)	0	7,1	19,9	27
PS9	Lago de Tota	18 de octubre de 2023	8,31	115	1,34	13,24	16,14	65,6	9,64	0,8	(2/8)	0	7,3	34,7	42
PS10	Lago de Tota	18 de octubre de 2023	8,26	115,2	1,46	16,03	18,92	69,4	13,16	1,7	(1/8)	0	7,5	27,5	35

Punto	Cuerpo de agua	Fecha	PH (unidades)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura del aire (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura a punto de rocío (°C)	Velocidad del viento (m/s)	Cobertura de Nubes	Porcentaje de Sombra	PROFUNDIDAD (m)		
													Zona Fótica	Zona Afótica	Total
PS11	Lago de Tota	19 de octubre de 2023	8,31	115,6	2,736	14,27	17,02	69,4	11,34	1,7	(1/8)	0	7,5	27,5	35
PS12	Lago de Tota	19 de octubre de 2023	6,80	116,4	0,862	13,84	15,76	64,5	9,03	1,4	(6/8)	0	6	-	6
PS13	Lago de Tota	19 de octubre de 2023	6,49	115,6	0,62	12,75	13,80	80,2	10,42	2,2	(4/8)	0	7,4	45,6	53
PS14	Lago de Tota	19 de octubre de 2023	7,26	119,4	1,15	14,20	16,07	67,9	10,1	1,2	(6/8)	0	7,8	7,2	15
PS15	Lago de Tota	20 de octubre de 2023	7,59	115,6	2,318	15,22	17,46	69,5	11,78	1,6	(2/8)	0	7,3	16,7	24
PS16	Lago de Tota	21 de octubre de 2023	8,98	113,8	3,816	16,42	18,70	70,8	13,26	2,3	(2/8)	0	5	-	5
PS17	Lago de Tota	21 de octubre de 2023	8,45	114,4	2,642	16,77	18,42	70,1	12,84	2	(1/8)	0	7,5	9,5	17
PS18	Lago de Tota	21 de octubre de 2023	7,64	115,2	2,614	13,30	15,42	72,7	10,5	3,7	(3/8)	0	7,4	18,6	26
PS19	Lago de Tota	22 de octubre de 2023	8,47	114,6	3,226	12,75	14,80	81,4	11,62	2,1	(2/8)	0	7,5	0	7,5
PS20	Lago de Tota	22 de octubre de 2023	7,94	114,6	3,212	13,25	15,10	83,5	12,3	3,1	(3/8)	0	7,4	8,6	16
PS21	Lago de Tota	20 de octubre de 2023	8,29	114,6	1,128	14,29	16,80	74,9	12,29	0,4	(2/8)	0	7,5	20,5	28

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

A continuación, se relaciona el comportamiento de los parámetros tomados de manera in situ en los puntos ubicados en el cuerpo léntico del Lago de Tota. Cabe destacar, que estos son tomados en la columna de agua de cada punto de monitoreo y los valores asociados en cada gráfica corresponde a los promedios de las 5 submuestras tomadas en campo.

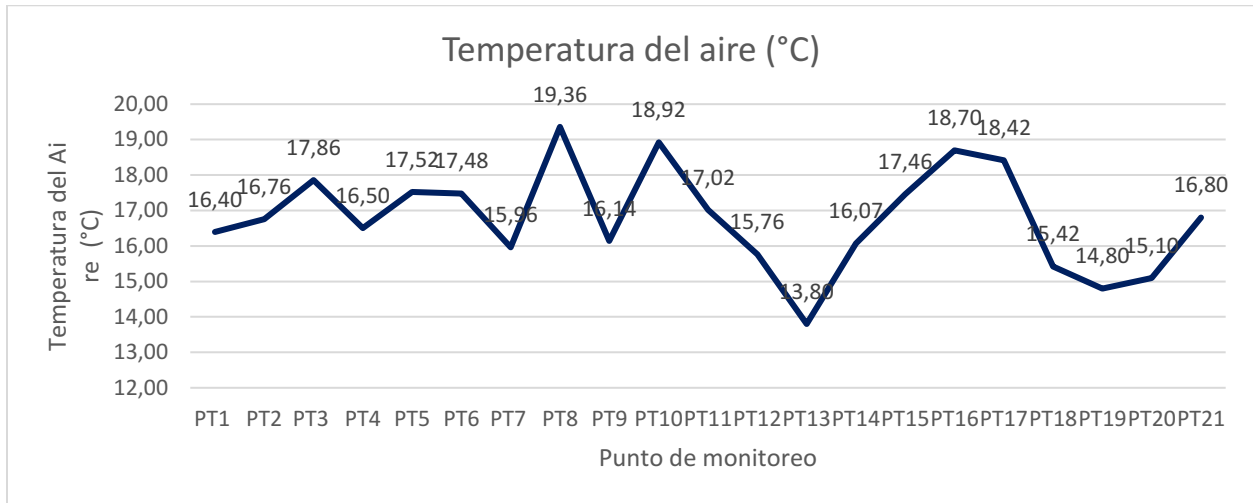
- **TEMPERATURA DEL AGUA (°C)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento de la temperatura del agua en el cuerpo de agua léntico del Lago de Tota. Los valores registrados están condicionados al día y a la hora del monitoreo. Se puede observar que el valor más alto de temperatura se presentó en el punto PS17 monitoreado el 21 de octubre a las 10:30 con 16,77 (°C), también se logra identificar el punto más bajo que corresponde a PS13 monitoreado el 19 de octubre a las 09:00 con un valor de 12,75 (°C).

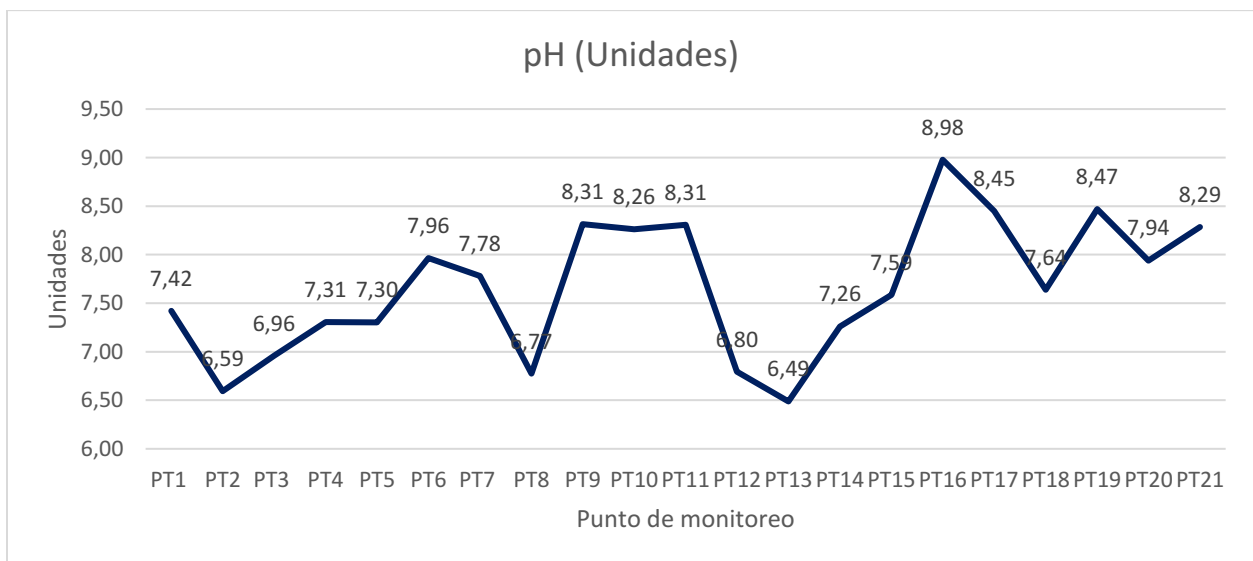
- **TEMPERATURA DEL AIRE (°C)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relacionan los valores correspondientes a la temperatura de aire en los puntos ubicados en el lago de Tota. Los valores obtenidos están condicionados al día y a la hora que se hizo el monitoreo. Se puede observar que todos los datos varían en un rango entre 13 y 19 (°C). Con un punto máximo de 19,36 °C en el punto PS8 monitoreado el 18 de octubre a las 09:00 y un mínimo de 13,80 °C en el punto PS13 monitoreado el 19 de octubre a las 09:00.

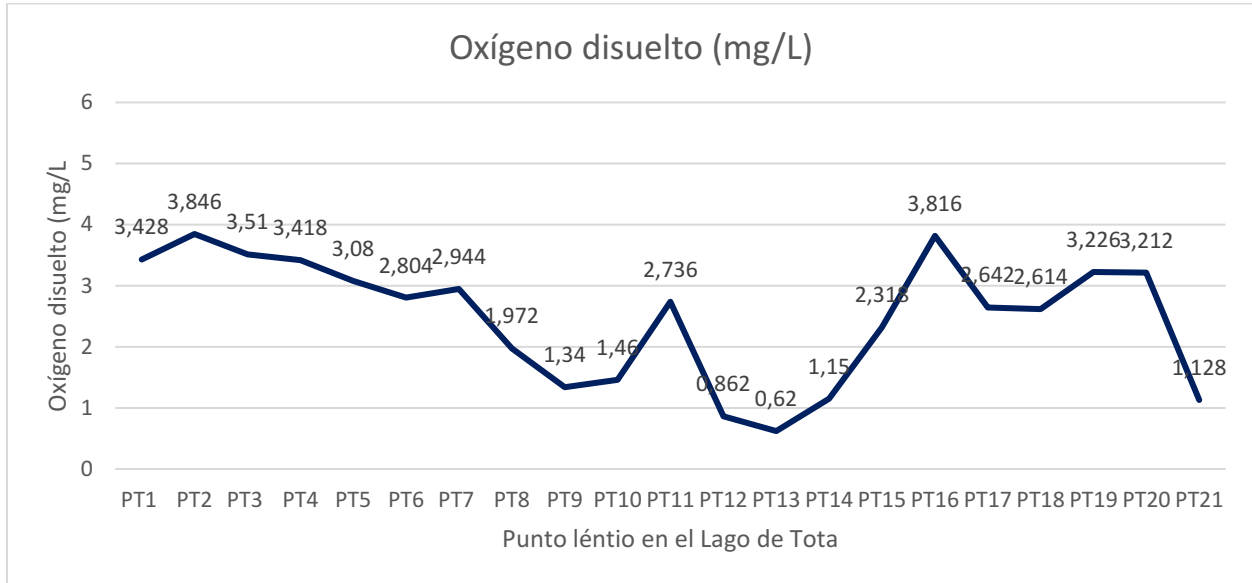
- **pH (Unidades)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los datos de pH en los puntos localizados en el lago de Tota, evidenciando que se encuentran dentro de un rango neutro con un máximo en el punto PS16 con 8,98 unidades y un mínimo de 6,49 unidades que corresponde al punto PS13.

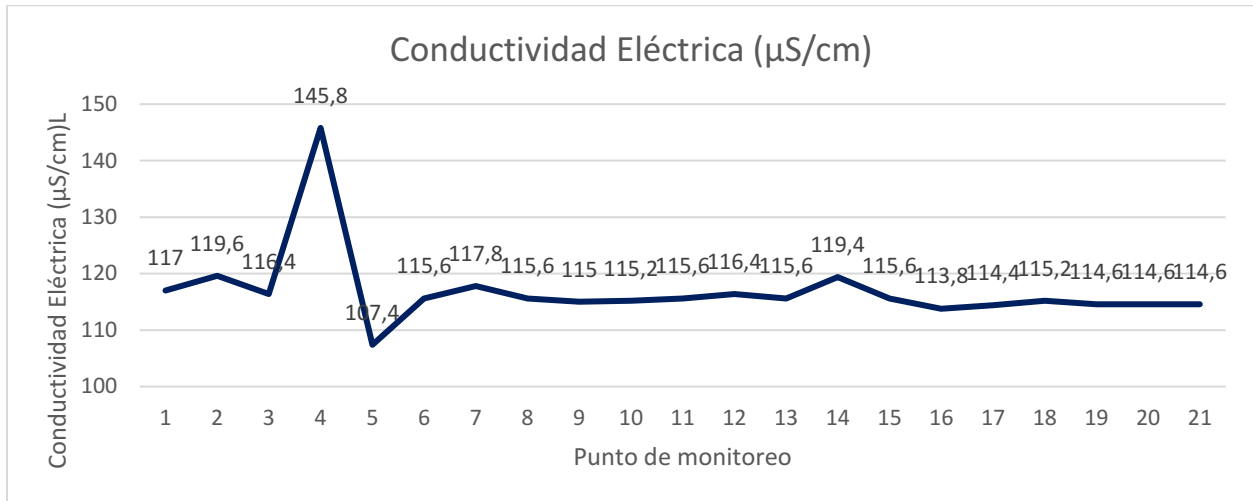
- **Oxígeno Disuelto (mg/L)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a oxígeno disuelto en los puntos ubicados en el lago de Tota. El oxígeno disuelto se considera como la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O_2) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O , por litro) o de su proporción en el agua saturada (porcentaje) (Naciones Unidas, 2005). Cabe destacar que los datos tomados son del fondo del cuerpo de agua, por tanto, se evidencia que son bajos considerando que todos se encuentran por debajo de los 4 mg/l que es el valor mínimo para que los peces puedan subsistir. El punto con el valor mayor de OD corresponde al PS2 con 3,84 mg/l.

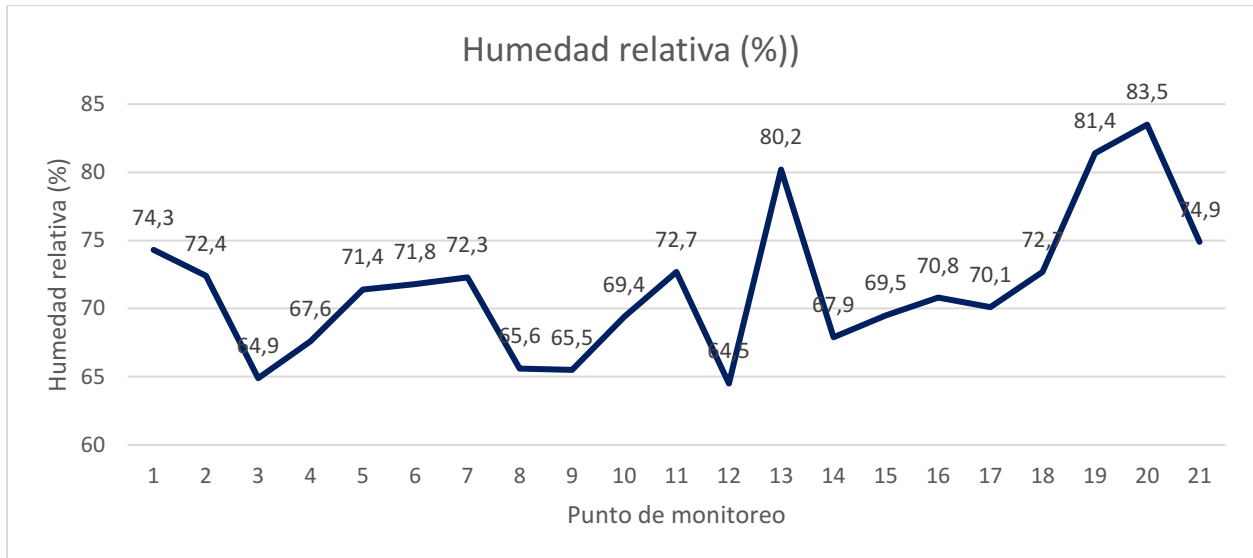
- **Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a conductividad eléctrica en los puntos ubicados en el lago de Tota. Se pueden ver dos valores que se diferencian del promedio entre los puntos monitoreados, inicialmente el PS4 que presenta el máximo con $145,8 \mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual se relaciona principalmente con la carga contaminante que se entrega al Lago por parte de la Quebrada La Mugre, que a su vez, es el cuerpo de agua receptor de los vertimientos del municipio de Aquitania. Por otro lado, el menor valor corresponde a $107,4$ en el punto PS5 ubicado en la desembocadura del Río Olarte, lo que supone que este ingresa con baja conductividad y carga contaminante que luego se estabiliza en coherencia con las demás zonas del Lago.

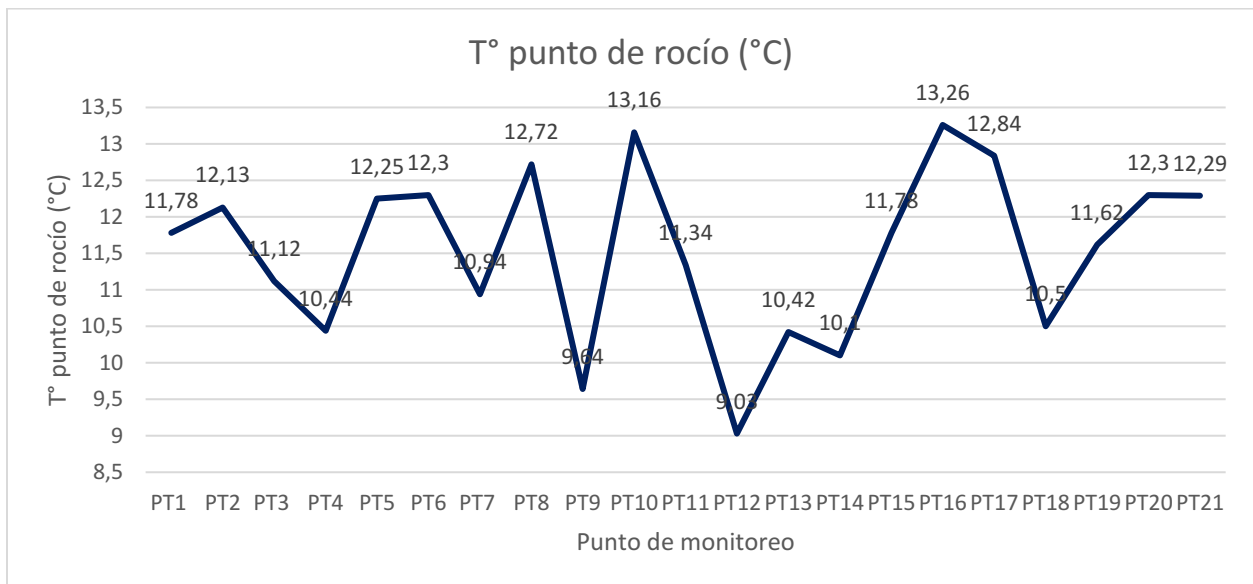
- **Humedad Relativa (%)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a humedad relativa en los puntos ubicados en el lago de Tota, los cuales tienen variaciones considerables siendo el punto PS20 con 83,5% el más alto y el PS12 con 64,5% el valor más bajo.

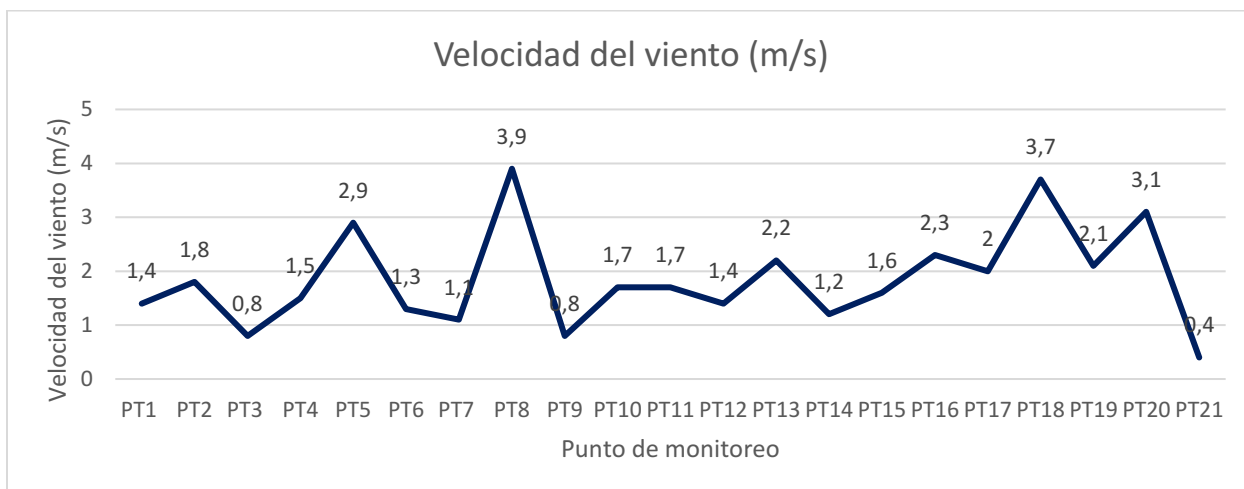
- **Temperatura a Punto de Rocío (°C)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a temperatura de punto de rocío en los puntos ubicados en el lago de Tota, los cuales tienen variaciones considerables siendo el punto PS16 con 13,26 (°C) el más alto y el PS12 con 9,03 el valor más bajo.

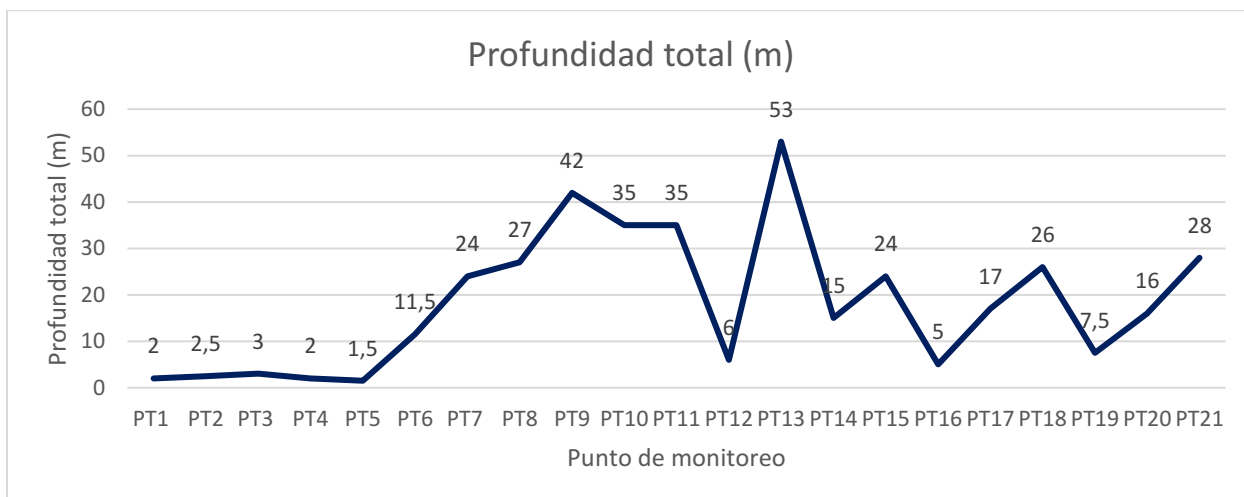
- **Velocidad del viento (m/s)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a la velocidad del viento en los puntos ubicados en el lago de Tota al momento de la toma de muestras, los cuales tienen variaciones considerables siendo el punto PS8 con 3,9 (m/s) el más alto y el PS21 con un valor de 0,4 (m/s) el más bajo.

- **Profundidad (m)**



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar la profundidad de los puntos monitoreados en el lago de Tota, el punto con mayor profundidad es el PS13 con 53m y el más bajo el PS5 con 1,5m.

6.2 Resultados de análisis de laboratorio.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros analizados en laboratorio:

Tabla 4. Resultados de laboratorio para parámetros fisicoquímicos, Muestreo de sedimentos PORH Lago de Tota.

ID	PUNTO	CUERPO DE AGUA	Unidad hidrográfica asociada	UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA
1	PS1	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5010659	2174461	3038
2	PS2	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5012957	2172036	3037
3	PS3	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5012137	2170106	3038
4	PS4	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5011075	2168348	3037
5	PS5	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5007041	2164849	3038
6	PS6	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5012791	2170732	3038
7	PS7	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5012985	2171390	3037
8	PS8	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5011682	2172353	3037
9	PS9	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5010603	2171809	3037
10	PS10	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5011189	2173407	3038
11	PS11	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5011189	2173407	3038
12	PS12	Lago de tota	Lago de tota	Cuítiva	5008804	2175167	3038
13	PS13	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5008638	2173182	3038
14	PS14	Lago de tota	Lago de tota	Cuítiva	5005979	2172582	3038
15	PS15	Lago de tota	Lago de tota	Tota	5006033	2169782	3037
16	PS16	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5003839	2166736	3036
17	PS17	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5005256	2165364	3038
18	PS18	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5008354	2166864	3037
19	PS19	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5009265	2168311	3038
20	PS20	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5009677	2167797	3038
21	PS21	Lago de tota	Lago de tota	Aquitania	5010258	2170416	3038

ID	PUNTO	MATRIZ SEDIMENTOS						
		CARBONATOS %	DBO [mgO ₂ /kg]	DQO [mgO ₂ /kg]	DENSIDAD BULKING [g/cm ³]	DENSIDAD REAL [g/mL]	FÓSFORO TOTAL [mg P/kg]	NITRÓGENO TOTAL [mg/Kg]
1	PS1	<0,1	32346	60161	1,56	2,55	361	836
2	PS2	<0,1	61804	93301	0,88	2,29	948	2448
3	PS3	<0,1	80591	137267	1,31	2,12	1879	2098
4	PS4	<0,1	109615	200187	0,88	1,8	2406	257
5	PS5	<0,1	51386	74854	0,62	2,13	789	3069
6	PS6	<0,1	9237	18238	1,43	2,39	388	657
7	PS7	<0,1	44710	78161	1,06	2,06	933	2393
8	PS8	<0,1	88112	132304	0,76	1,8	414	2232
9	PS9	<0,1	72948	116925	0,86	1,46	219	2595
10	PS10	<0,1	102638	151773	0,75	1,15	615	12252
11	PS11	<0,1	19312	36979	1,92	2,77	166	<257
12	PS12	<0,1	74493	112308	0,77	1,65	548	2783
13	PS13	<0,1	37268	55849	0,92	2,06	1829	4041
14	PS14	<0,1	66825	110383	1,42	2,17	93	3153
15	PS15	<0,1	22586	32240	1,23	2,17	552	1551
16	PS16	<0,1	1092	2089	1,71	2,97	<70	<257
17	PS17	<0,1	79675	117615	1,07	2,03	310	4070
18	PS18	<0,1	159127	253736	0,63	0,89	263	10327
19	PS19	<0,1	33568	55616	1,82	2,64	<70	<257
20	PS20	<0,1	128314	225374	0,91	1,01	119	17076
21	PS21	<0,1	7251	11090	1,68	2,7	112	<257

ID	PUNTO	MATRIZ AGUA DE POROS						
		ALCALINIDAD TOTAL [mg CaCO ₃ /L]	CLORUROS [mg Cl-/L]	COLIFORMES TERMOTOLERANTES [NMP/100mL]	COLIFORMES TOTALES [NMP/100mL]	DBO5 [mg O ₂ /L]	DQO [mg O ₂ /L]	E.COLI [NMP/100mL]
1	PS1	42	7,3	2,38x10 ¹	1,733x10 ⁴	<2	<5	1,99x10 ¹
2	PS2	174	13	5,19x10 ⁴	6,93x10 ⁴	16	43	4,82x10 ⁴
3	PS3	363	14,5	9,3	1,935x10 ³	31	55	8,4
4	PS4	418	16	7,2	1,860x10 ³	31	70	6,2
5	PS5	181	2	9,57x10 ¹	3,654x10 ³	21	41	9,13x10 ¹
6	PS6	<6	27,5	2,72x10 ³	7,63x10 ³	41	94	1,41x10 ³
7	PS7	33	10,5	6,2	5,71x10 ¹	3	7	5,1
8	PS8	26	2	2,11x10 ¹	4,786x10 ³	<2	<5	1,75x10 ¹
9	PS9	20	<2,0	1,32x10 ¹	6,63x10 ²	5	14	1,21x10 ¹
10	PS10	452	<2,0	3,28x10 ¹	1,417x10 ²	20	52	2,75x10 ¹
11	PS11	58	4,5	3,1	5,37x10 ¹	19	33	3,1
12	PS12	127	7	4,43x10 ¹	8,42x10 ¹	5	17	3,93x10 ¹
13	PS13	11	2	4,87x10 ¹	1,201x10 ²	<2	<5	4,55x10 ¹
14	PS14	52	4,5	4,48x10 ¹	1,012x10 ²	2	6	4,14x10 ¹
15	PS15	15	4,5	1,89x10 ¹	5,794x10 ³	8	18	1,55x10 ¹
16	PS16	237	5,5	1,44x10 ¹	2,142x10 ³	41	82	1,09x10 ¹
17	PS17	10	4,8	1,81x10 ¹	1,372x10 ³	8	17	1,58x10 ¹
18	PS18	20	6	1,53x10 ¹	2,755x10 ³	12	27	1,31x10 ¹
19	PS19	47	7	1,55x10 ¹	2,014x10 ³	26	46	1,21x10 ¹
20	PS20	23	4,8	8,4	1,95x10 ³	25	51	6,3
21	PS21	79	5,8	1,21x10 ¹	3,873x10 ³	9	19	1,10x10 ¹

ID	PUNTO	MATRIZ AGUA DE POROS							
		NITRATO [mgN/L]	NITRÓGENO AMONIAICAL [mgN/L]	SODIO TOTAL [mg Na/L]	SULFATOS [mg SO ₄ /L]	SULFUROS [mg S/L]	FOSFATOS [mg P/L]	OXÍGENO DISUELTO [mg O ₂ /L]	PH
1	PS1	<0,1	<0,05	5	<10,0	<0,8	0,04	4,89	6,92
2	PS2	0,6	0,69	5,8	<10,0	<0,8	0,21	4,9	7,24
3	PS3	<0,1	1	9	<10,0	<0,8	0,11	3,69	6,94
4	PS4	0,1	3,6	13,1	<10,0	<0,8	0,75	1,96	7,51
5	PS5	<0,1	2	3,1	<10,0	<0,8	<0,03	4,99	6,73
6	PS6	1	<0,05	13,7	<10,0	<0,8	0,07	4,9	2,84
7	PS7	0,7	1,4	16,5	12	<0,8	0,06	4,22	6,37
8	PS8	1	0,31	4,3	25,6	<0,8	0,03	4,36	6,39
9	PS9	0,6	<0,05	6	145,1	<0,8	0,06	4,23	6,22
10	PS10	0,8	0,74	5,2	<10,0	<0,8	3,07	3,64	7,07
11	PS11	<0,1	0,35	6,5	<10,0	<0,8	0,06	33,92	6,83
12	PS12	<0,1	<0,05	5,9	<10,0	<0,8	0,06	5,58	7,63
13	PS13	1	0,31	4,7	126,4	<0,8	0,72	5,35	5,97
14	PS14	0,2	<0,05	3,8	<10,0	<0,8	0,06	5,4	6,9
15	PS15	<0,01	0,84	4,7	37,8	<0,8	<,03	4,91	5,66
16	PS16	0,3	4,8	7,1	<10,0	<0,8	<,03	1,16	6,71
17	PS17	0,1	0,76	3,6	48	<0,8	<0,03	5,72	6,23
18	PS18	<0,1	0,5	4	19,4	<0,8	<0,03	5,44	6,43
19	PS19	<0,1	0,13	5,4	<10,0	<0,8	<0,03	4,53	6,59
20	PS20	<0,1	0,68	2,5	10,3	<0,8	<0,03	5,44	6,55
21	PS21	0,1	0,16	5	<10,0	<0,8	<0,03	4,85	6,43

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

7 COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS – PERFILES DE CALIDAD

En este apartado se presentan los perfiles de calidad que relaciona el comportamiento de cada uno de los parámetros analizados en los puntos de monitoreo para el PORH Lago de Tota para la matriz de sedimentos, los cuales se evidencian en los resultados de análisis de laboratorio (**ANEXO 2. Resultados de laboratorio**).

7.1 Análisis por parámetro.

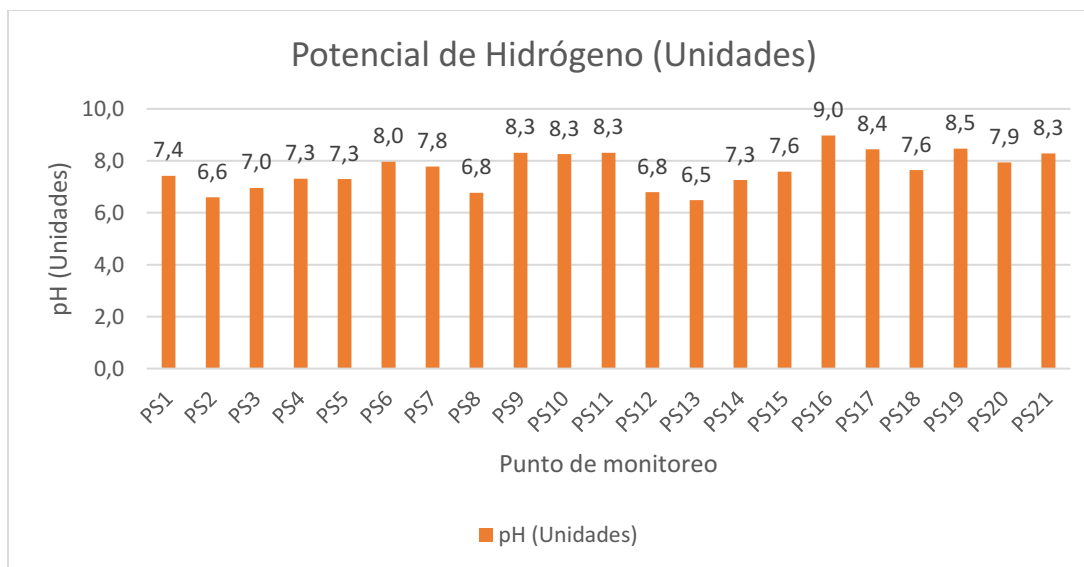
En este numeral se presenta el análisis del comportamiento de cada uno de los parámetros resultado del monitoreo realizado para el PORH Lago de Tota en la matriz de sedimentos.

7.1.1 Parámetros In Situ.

En este numeral se presenta el comportamiento evidenciando por los parámetros in situ tomados a través de una sonda multiparamétrica.

7.1.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

Figura 4. Comportamiento de Potencial de Hidrógeno en la columna de agua.

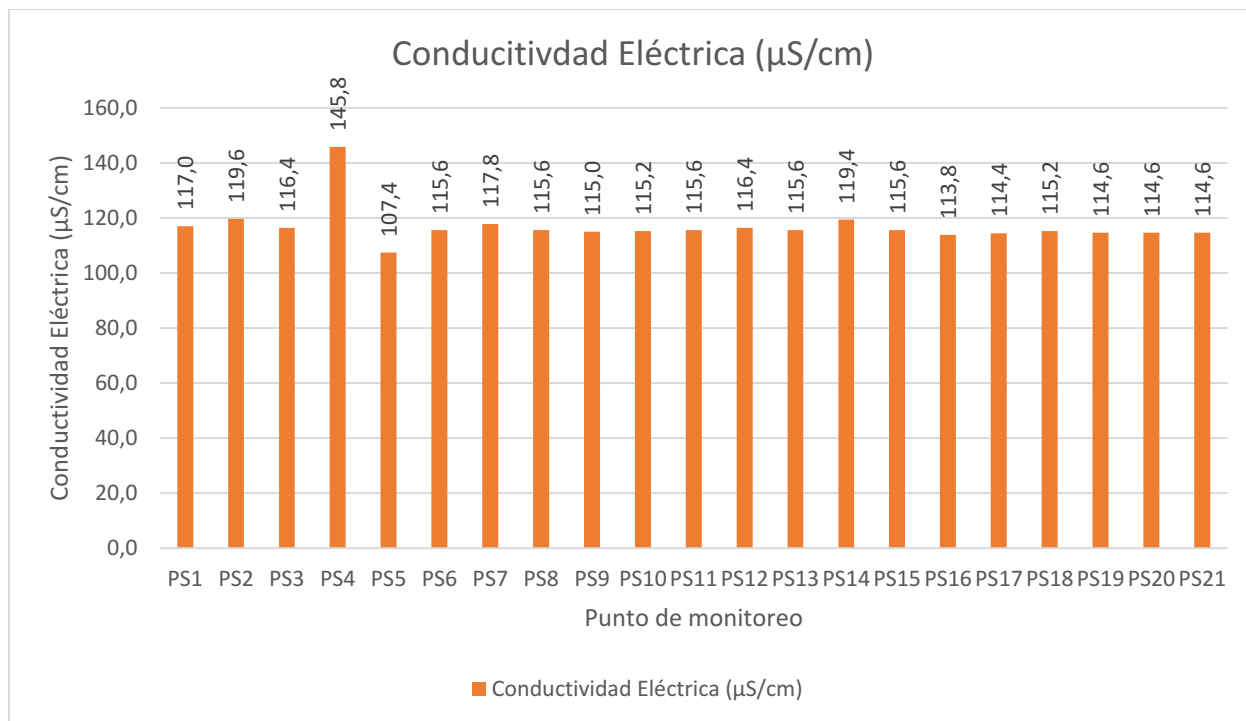


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta los resultados obtenidos de manera in situ para el Potencial de Hidrógeno, evidenciando que los valores se encuentran cercanos a un estado neutro en todos los puntos monitoreados. De igual manera, se identifica que el valor más alto corresponde al punto PS16 con 9,0 unidades, mientras que el valor más bajo hace referencia al punto PS13 con 6,5 unidades de pH.

7.1.1.2 Conductividad Eléctrica (CE)

Figura 5. Comportamiento de Conductividad Eléctrica en la columna de agua.

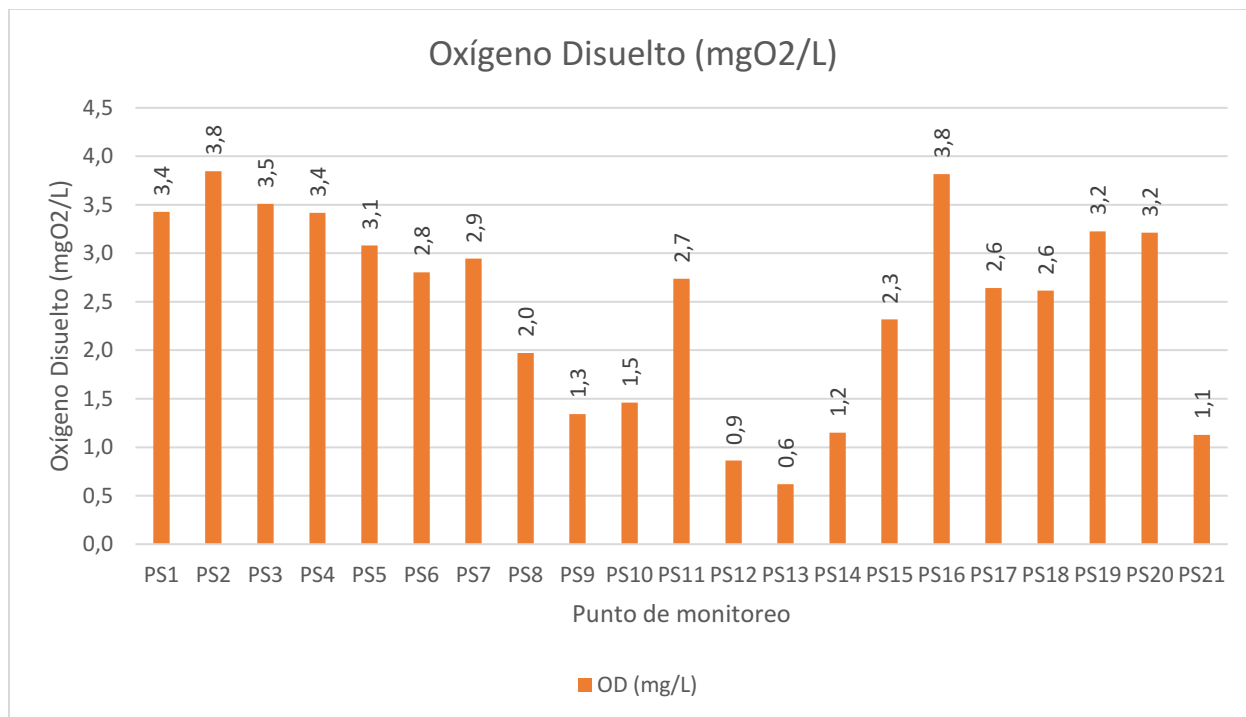


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta los resultados obtenidos de manera in situ para el parámetro de Conductividad Eléctrica en el cuerpo de agua del Lago de Tota. Principalmente se evidencia que la mayoría de los puntos se mantienen con condiciones similares y sin mucha variación, a diferencia del punto PS4 que tiene el valor más alto con 145,8 $\mu\text{S/cm}$, relacionando este punto a la desembocadura de la Quebrada La Mugre en el Lago. Además, el punto PS5 correspondiente a la desembocadura del Río Olarte presenta el valor más bajo del parámetro con 107,4 $\mu\text{S/cm}$.

7.1.1.3 Oxígeno Disuelto (OD)

Figura 6. Comportamiento de Oxígeno Disuelto en la columna de agua.



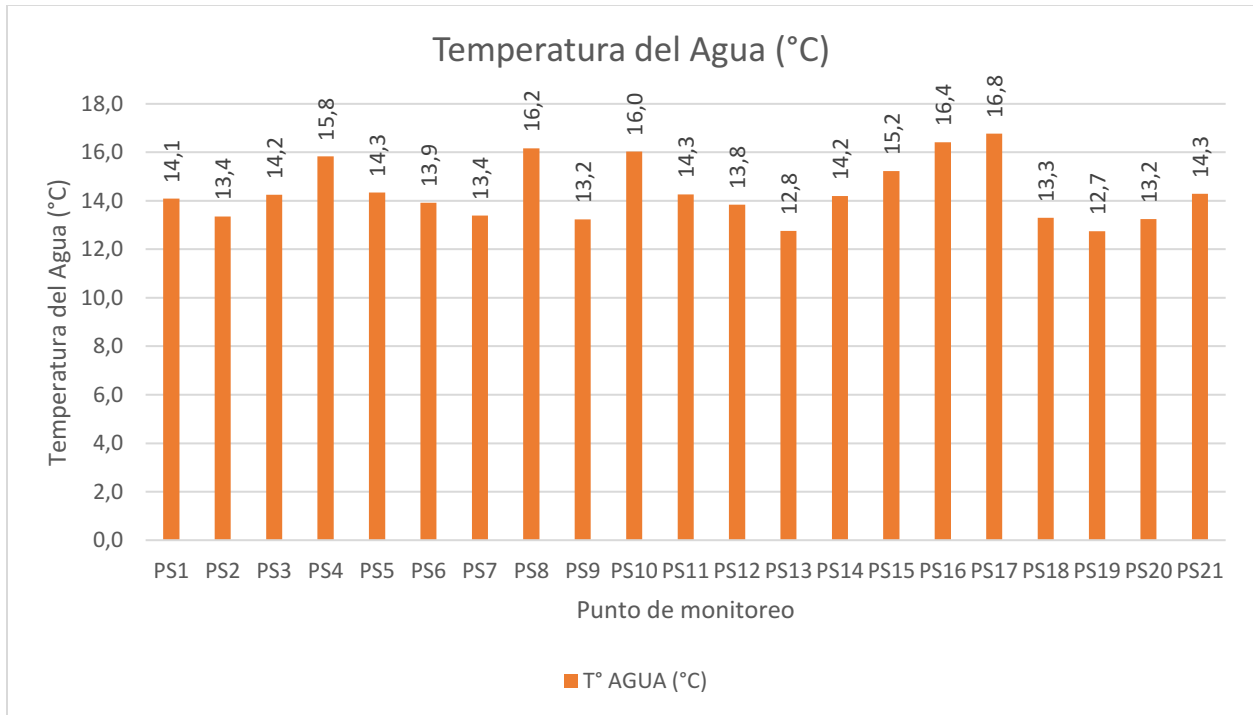
Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la figura anterior se evidencia el comportamiento del parámetro de Oxígeno Disuelto en el fondo del Lago para los puntos monitoreados. Inicialmente se evidencia que los valores presentan variaciones considerables relacionadas principalmente a la profundidad de la toma de muestras, ya que, en profundidades mayores a 8-10 metros donde inicia la zona afótica del Lago, se reduce la presencia de oxígeno disuelto principalmente por la ausencia de vegetación.

Por otro lado, se destaca que el valor más alto se presenta en los puntos PS2 y PS16, que corresponden a la desembocadura de la Quebrada Los Pozos y a Playa Blanca respectivamente, con un valor de 3,8 mgO₂/L. De otra parte, el menor valor para el parámetro se presenta en el punto PS13, el cual a su vez corresponde al punto más profundo de los monitoreados.

7.1.1.4 Temperatura del agua.

Figura 7. Comportamiento de Temperatura en la columna de agua.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

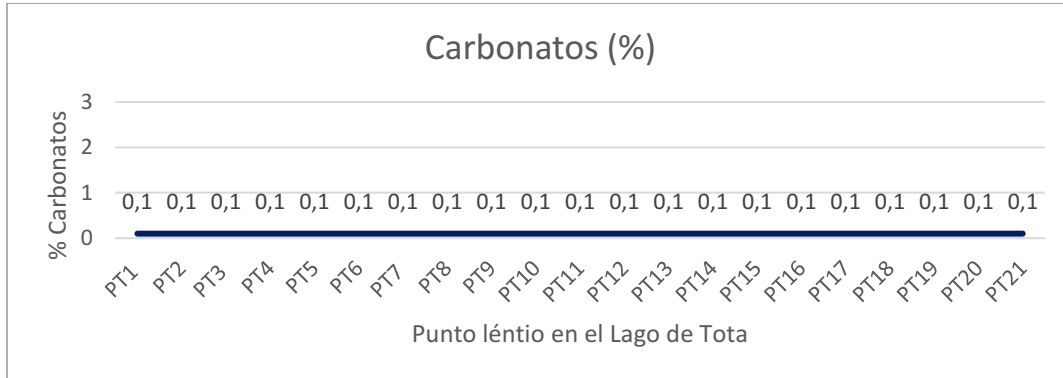
La figura anterior presenta los resultados obtenidos de manera in situ para el parámetro de Temperatura en el agua para el cuerpo de agua del Lago de Tota. Principalmente se evidencia que la mayoría de los puntos se mantienen con condiciones similares y sin mucha variación. El valor más alto se presentó en el punto PS17 con 16,8°C y el más bajo corresponde al punto PS19 con 12,7°C.

7.1.2 Parámetros en sedimento

En este numeral se presenta el comportamiento obtenido por los resultados de laboratorio para la matriz de sedimento.

7.1.2.1 Carbonatos

Figura 8. Comportamiento de Carbonatos en sedimentos.

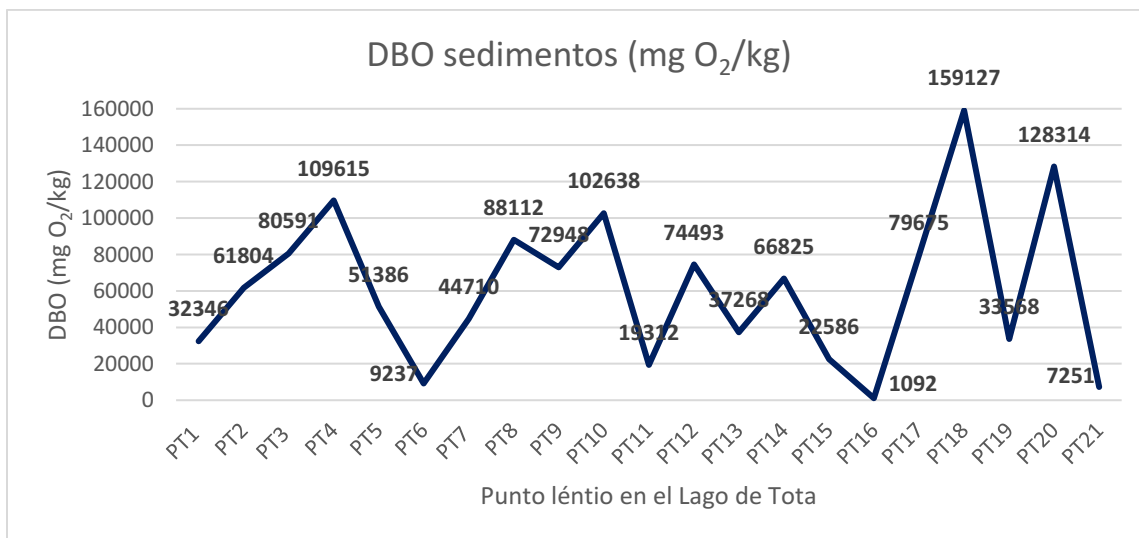


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento del parámetro de Carbonatos en los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se evidencia que ningún punto de muestreo de sedimentos presenta porcentajes considerables de carbonatos, pues ninguno supera el 0,1% el cual es el límite mínimo de cuantificación del análisis empleado en el laboratorio.

7.1.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Figura 9. Comportamiento de DBO en sedimentos.

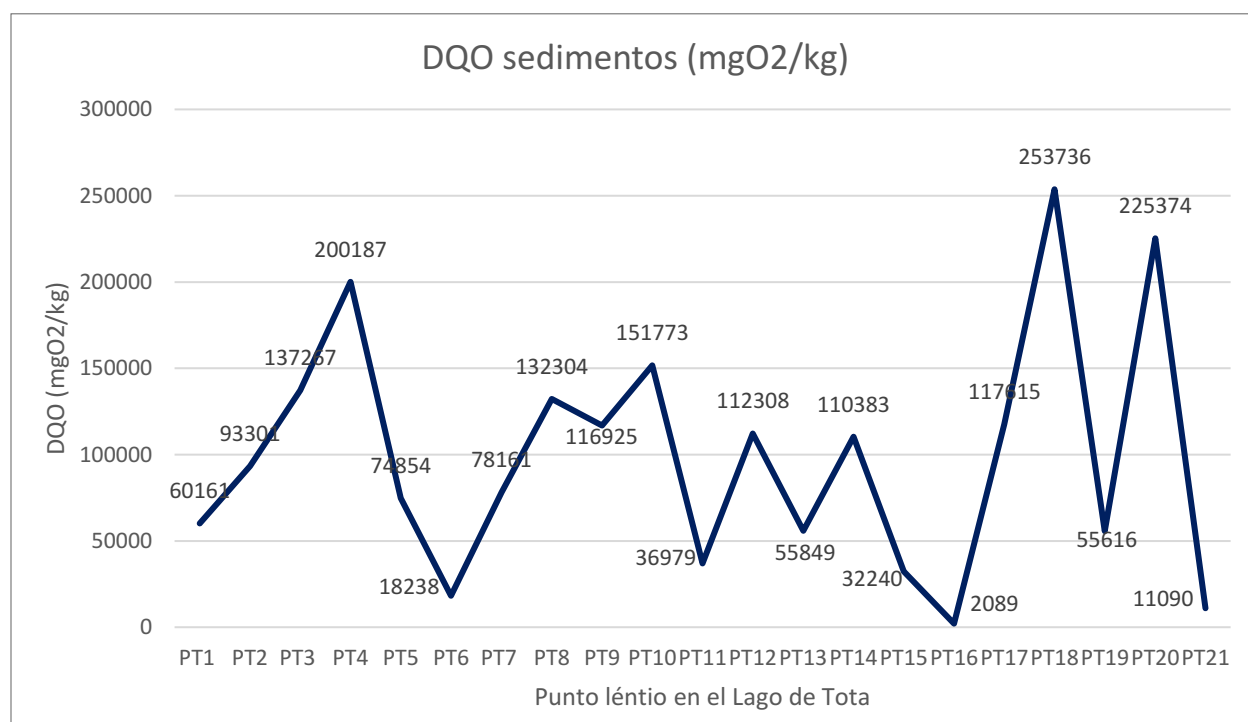


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de DBO, que va desde los 1.092 mgO₂/kg hasta los 159.125 mg O₂/kg. Los valores más bajos de DBO se presentan en los puntos PS16 (1.092 mgO₂/kg), PS21 (7.251 mgO₂/kg) y PS6 (9.237 mgO₂/kg). Los valores más altos de DBO se presentan en los puntos PS18 y PS20 con 159.127 mgO₂/kg y 128.314 mgO₂/kg respectivamente.

7.1.2.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Figura 10. Comportamiento de DQO en sedimentos.

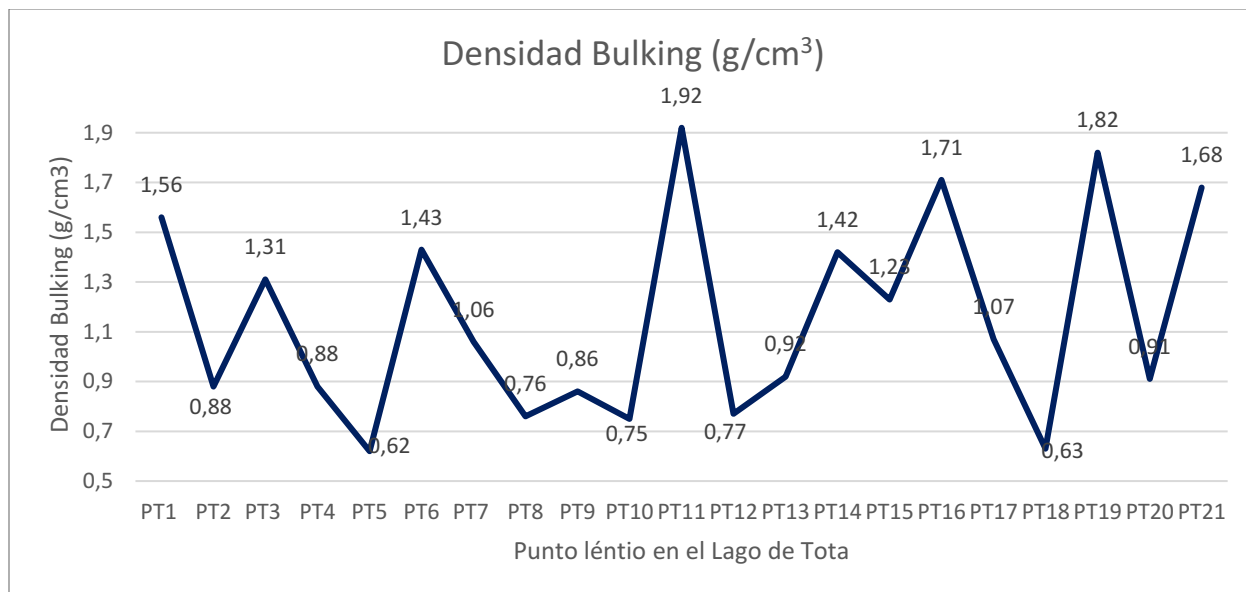


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a la demanda química de oxígeno en los correspondientes puntos de muestreo de sedimentos del fondo del lago. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de DQO, que va desde los 2.089 mgO₂/kg hasta los 253.736 mgO₂/kg. Los valores más bajos de DBO se presentan en los puntos PS16 (2.089 mgO₂/kg), PS21 (11.090 mgO₂/kg) y PS6 (18.238 mgO₂/kg). Los valores más altos de DQO se presentan en los puntos PS18 y PS20 con 253.736 mgO₂/kg y 225.374 mgO₂/kg respectivamente.

7.1.2.4 Densidad bulking

Figura 11. Comportamiento de Densidad Bulking en sedimentos.

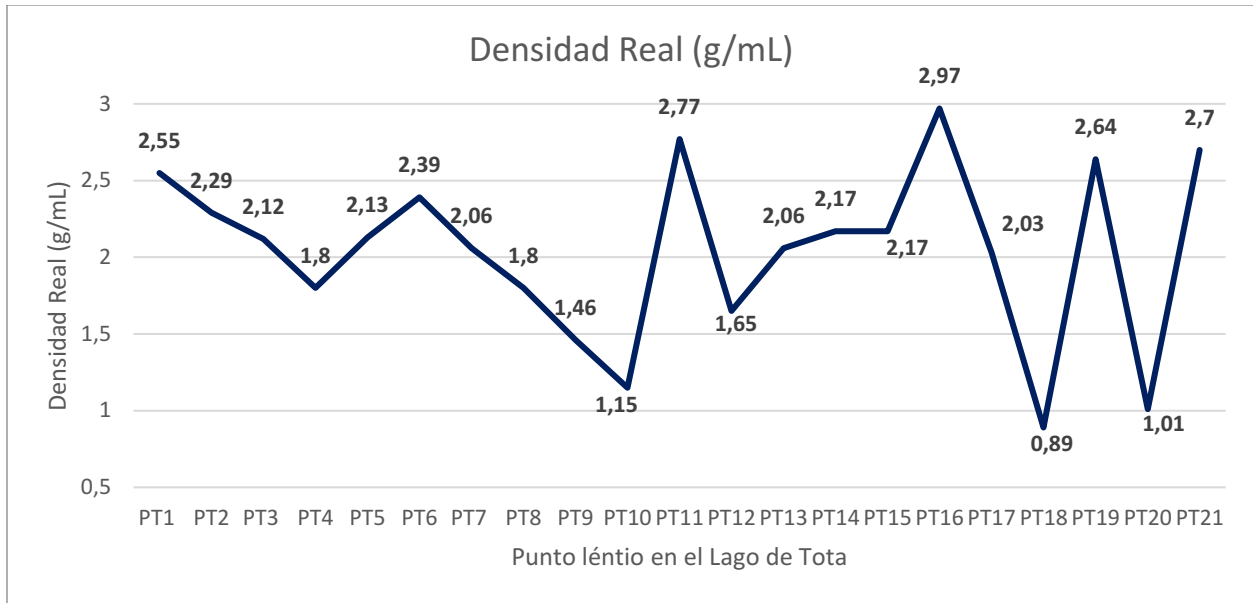


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar las densidades Bulking de cada muestra de sedimentos del fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que existe un rango de densidades Bulking que va desde los 0,62 g/cm³ hasta los 1,92 g/cm³. Los puntos con densidades más bajas corresponden a PS5 y PS18 con 0,62 y 0,63 g/cm³ respectivamente. Las densidades Bulking más altas corresponden a los puntos PS10, PS19 y PS16 con 1,92 g/cm³, 1,82 g/cm³ y 1,71 g/cm³ respectivamente.

7.1.2.5 Densidad real

Figura 12. Comportamiento de Densidad Real en sedimentos.

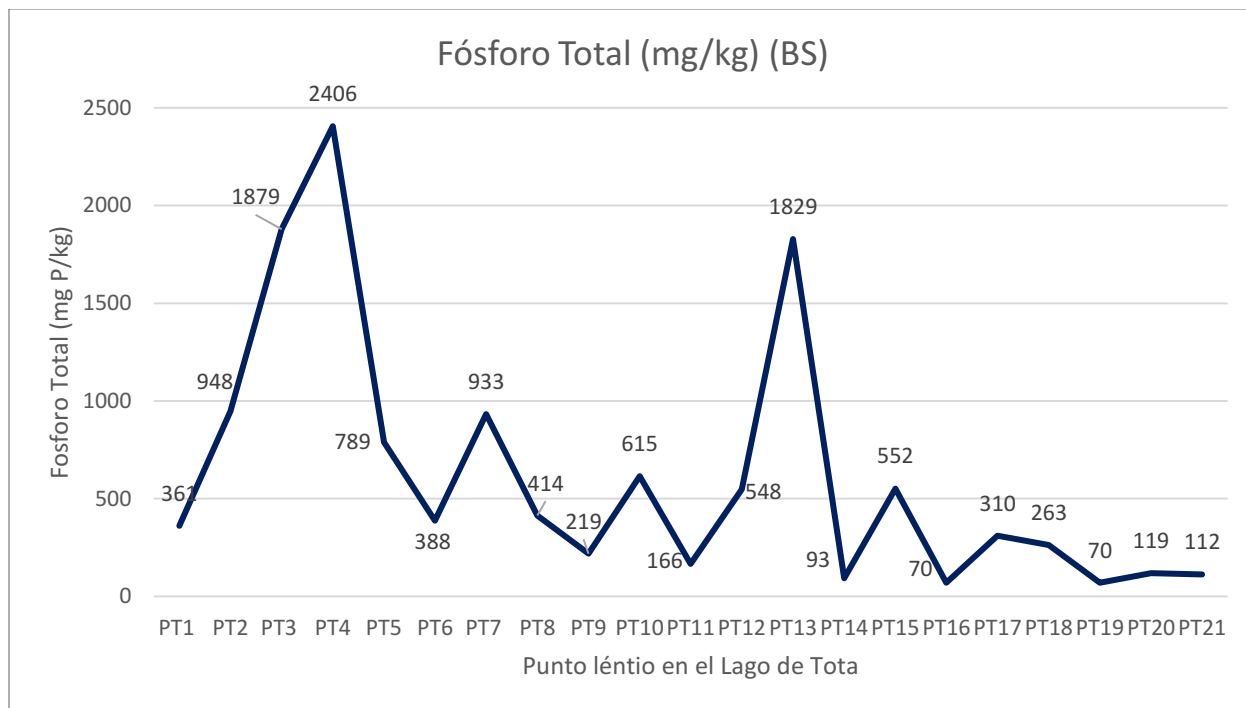


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar el valor de la densidad real de cada muestra de sedimentos del fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que existe un rango de densidad real que va desde los 0,89 g/mL hasta los 2,97 g/mL. Los puntos con densidad real más baja corresponden a PS18, PS20 y PS10 con 0,89 g/mL, 1,01 g/mL y 1,15 g/mL respectivamente. Las densidades más altas corresponden a los puntos PS16, PS11, PS21 y PS19 con 2,97 g/mL, 2,77 g/mL, 2,70 g/mL y 2,64 g/mL respectivamente.

7.1.2.6 Fósforo Total

Figura 13. Comportamiento de Fósforo Total en sedimentos.

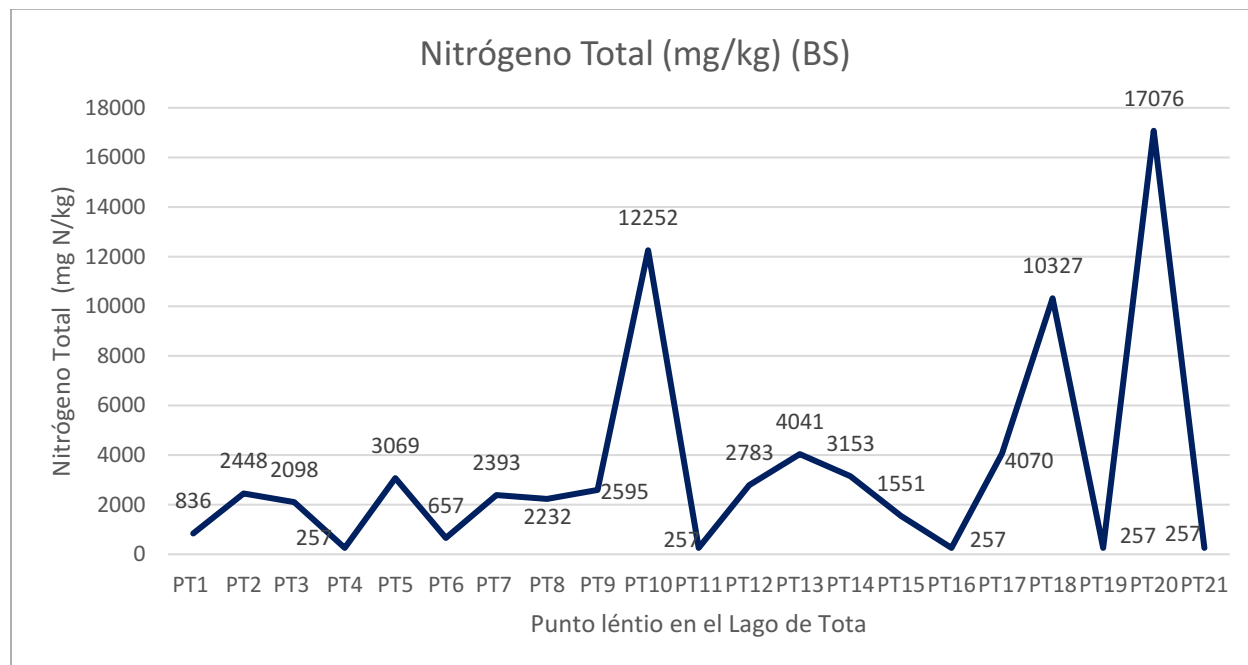


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes al fósforo total presente en las muestras de sedimentos de fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de concentración de fósforo, que va desde puntos que presentan menos de 70 mg/kg de fósforo, hasta puntos con 2.406 mg/kg. Las concentraciones más bajas de fósforo total (menor a 70 mg/kg) se presentan en los puntos PS16 y PS19. El punto con mayor concentración de fósforo total es el PS4 con 2.406 mg/kg, seguido del PS3 con 1.879 mg/kg, y del PS13 con 1.829 mg/kg.

7.1.2.7 Nitrógeno Total

Figura 14. Comportamiento de Nitrógeno Total en sedimentos.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

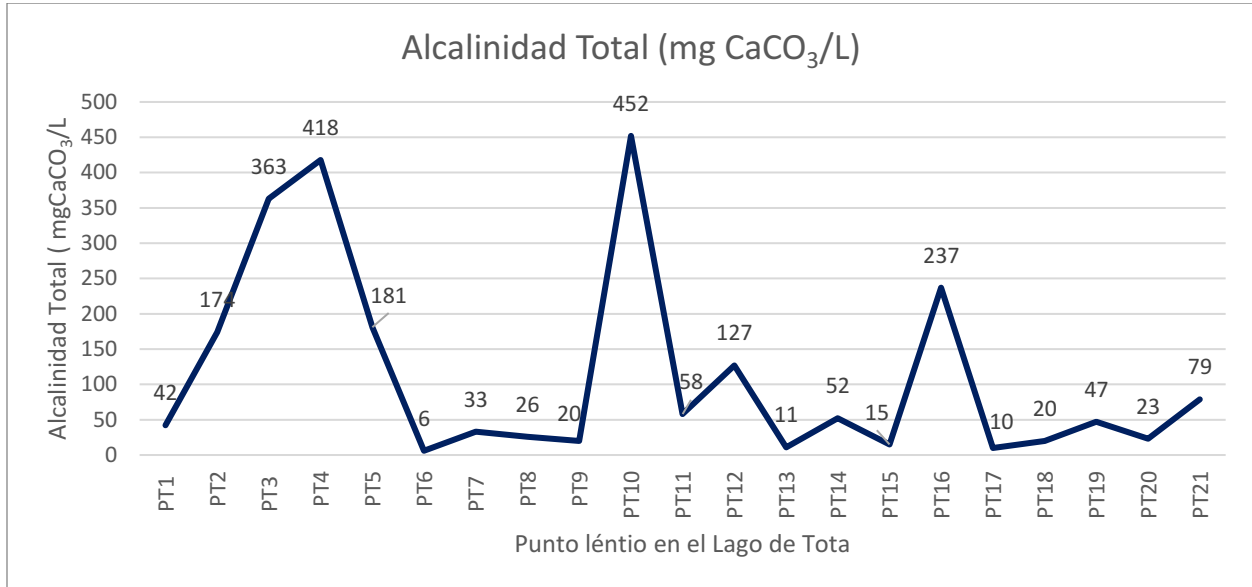
La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes al nitrógeno total presente en las muestras de sedimentos de fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de concentración de nitrógeno, que va desde puntos que presentan menos de 257 mg/kg de nitrógeno total, hasta puntos con 17.076 mg/kg. Las concentraciones más bajas de nitrógeno (menor a 257 mg/kg) se presentan en los puntos PS4, PS11, PS16, PS19 y PS21. El punto con mayor concentración de nitrógeno total es el PS20 con 17.076 mg/kg, seguido del PS10 con 12.252 mg/kg, y del PS18 con 10.327 mg/kg.

7.1.3 Parámetros en agua de poros

En este numeral se presenta el comportamiento obtenido por los resultados de laboratorio para la matriz de agua de poros.

7.1.3.1 Alcalinidad total

Figura 15. Comportamiento de Alcalinidad Total en el agua de poros.

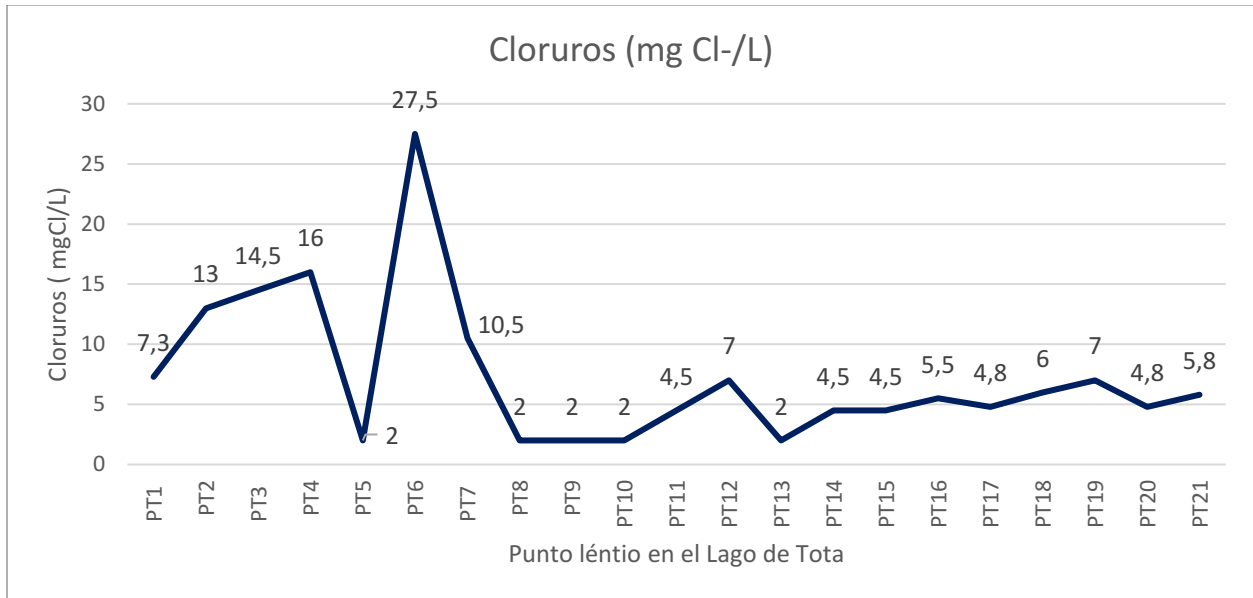


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a la alcalinidad total de las muestras de agua de poros de los sedimentos del fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de concentración de CaCO₃, pues existen puntos que presentan menos de 6 mg/L de CaCO₃ (límite mínimo de cuantificación del análisis empleado en laboratorio), hasta puntos con 452 mg/L de CaCO₃. Las alcalinidades más bajas se presentan en los puntos PS6, PS17, PS13, PS15 con <6 mg/L, 10 mg/L, 11 mg/L y 15 mg/L respectivamente. Los puntos con mayor alcalinidad son PS10, PS14, PS3 y PS16 con 453 mg/L, 418 mg/L, 363 mg/L y 237 mg/L respectivamente.

7.1.3.2 Cloruros

Figura 16. Comportamiento de Cloruros en el agua de poros.

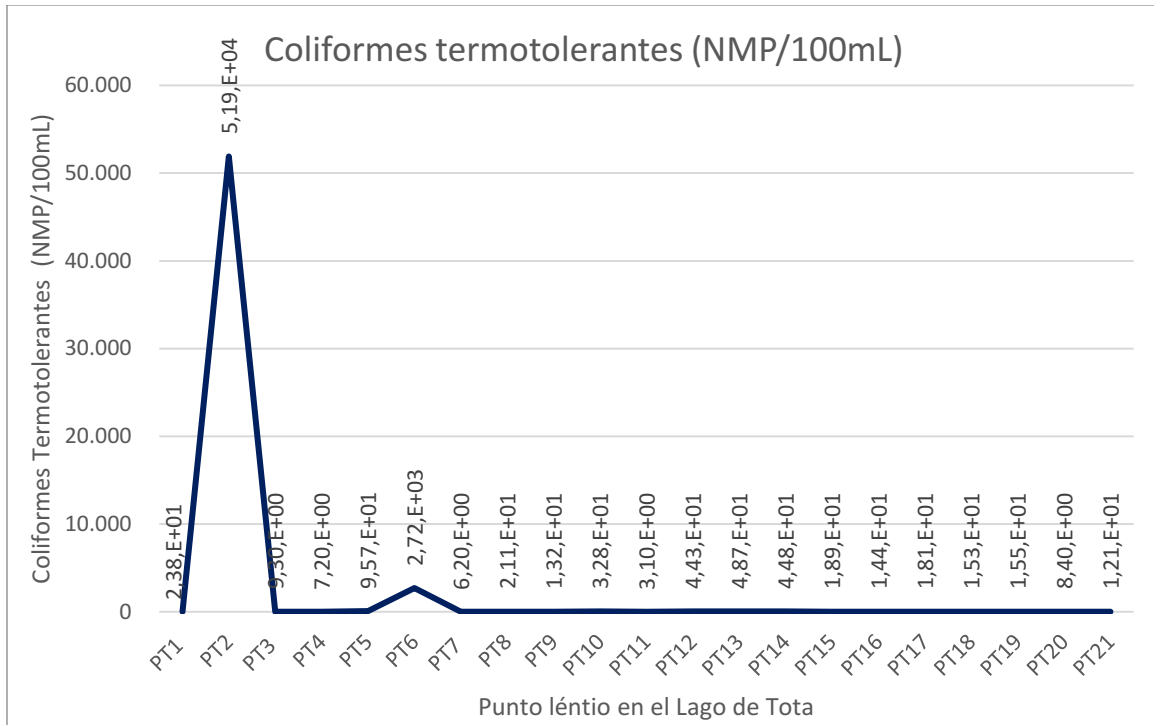


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los valores correspondientes a la concentración del ion cloruro (Cl^-) en las muestras de agua de poros de los sedimentos del fondo del lago correspondientes a cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un rango de concentración de Cl^- que va desde los 2 mg/L, hasta los 27,5 mg/L. Las concentraciones de cloruros más bajas se presentan en los puntos PS5, PS8, PS9, PS10 y PS13, todas con 2 mg/L. Los puntos con mayor presencia de cloruros son PS6, PS5, PS3 y PS2 con 27,5 mg/L, 16 mg/L, 14,5 mg/L y 13 mg/L respectivamente.

7.1.3.3 Coliformes termotolerantes

Figura 17. Comportamiento de Coliformes Termotolerantes en el agua de poros.

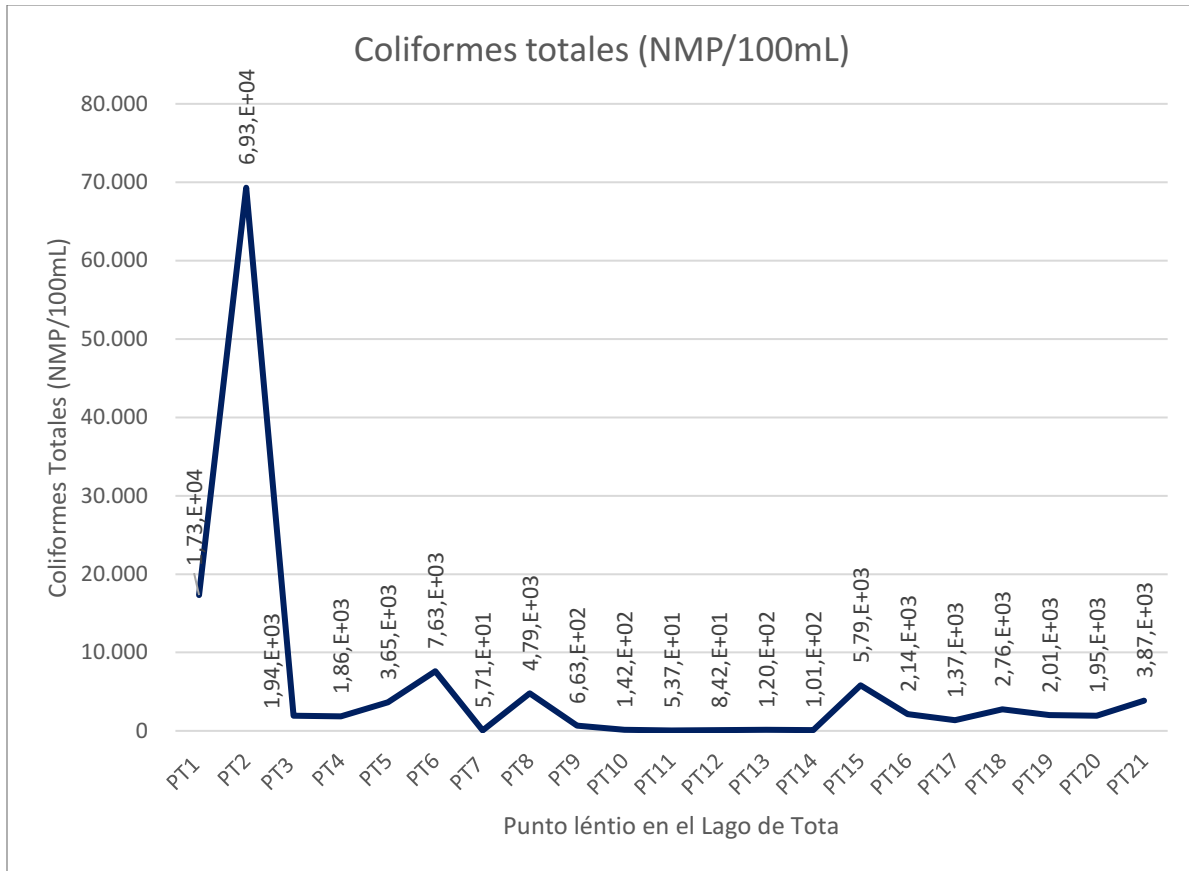


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Coliformes Termotolerantes en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde al punto PS2 ubicado en la desembocadura de la Quebrada Los Pozos con $5,19 \times 10^4$ NMP/100mL, mientras que el valor más bajo se presenta en el punto PS11 con 3,10 NMP/100mL.

7.1.3.4 Coliformes totales

Figura 18. Comportamiento de Coliformes Totales en el agua de poros.

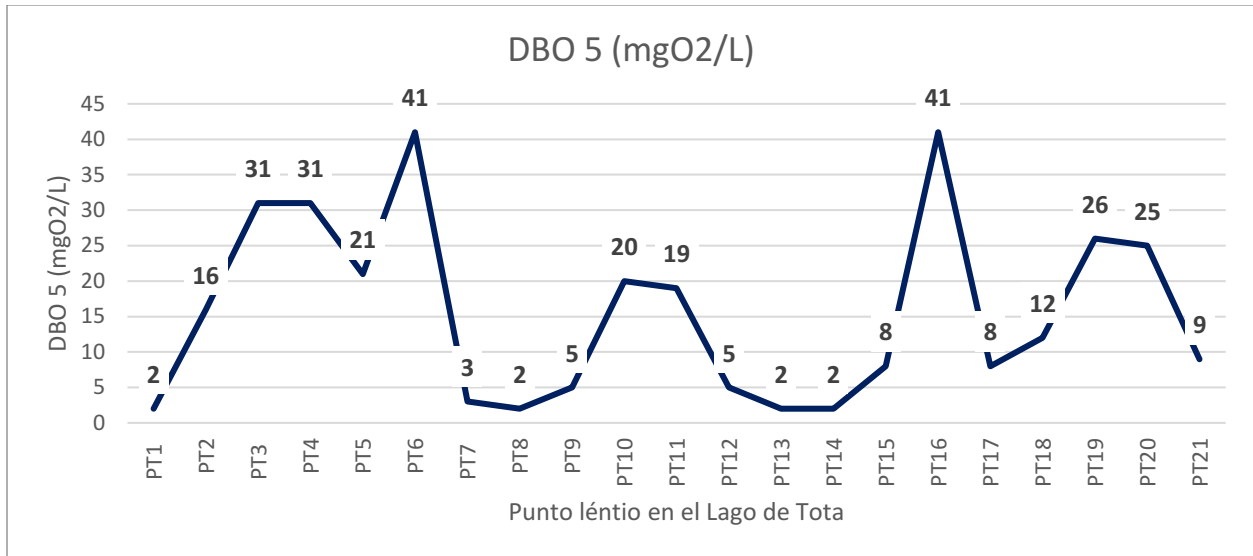


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Coliformes Totales en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde al punto PS2 ubicado en la desembocadura de la Quebrada Los Pozos con $6,93 \cdot 10^4$ NMP/100mL, mientras que el valor más bajo se presenta en el punto PS11 con 5,37 NMP/100mL.

7.1.3.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Figura 19. Comportamiento de DBO en el agua de poros.

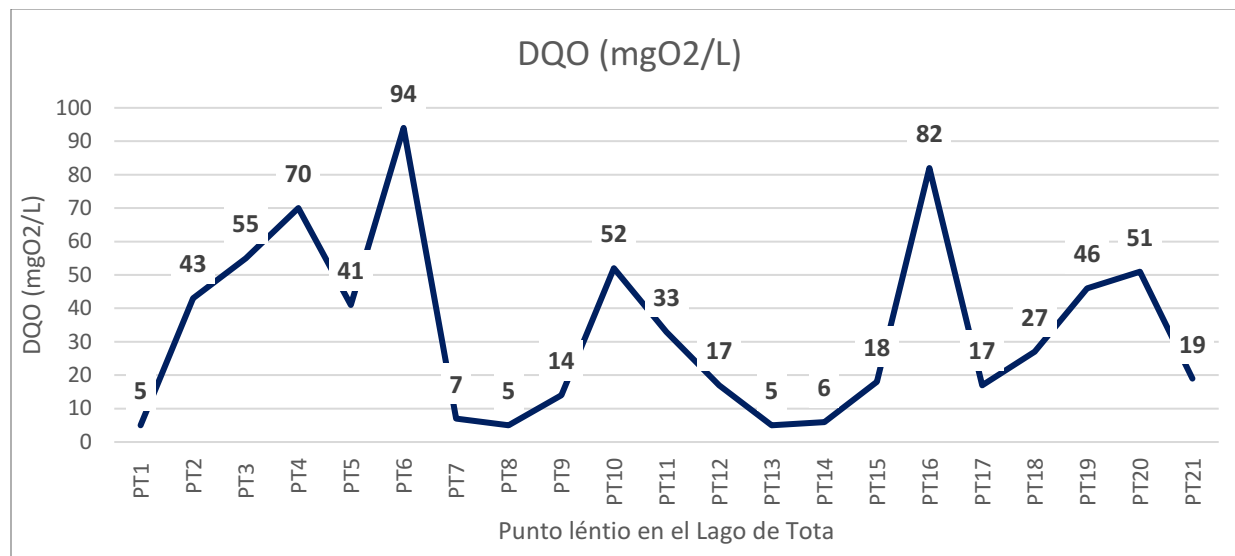


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del agua de poros de los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un amplio rango de DBO, que va desde menos de 2 mgO₂/L (límite mínimo de cuantificación del análisis empleado en laboratorio) hasta los 41 mg O₂/L. Los valores más bajos de DBO₅ se presentan en los puntos PS1, PS8 y PS13, todos con menos de 2 mg/L de DBO₅. Los valores más altos de DBO₅ se presentan en los puntos PS6 y PS16 ambos con 41 mg/L, seguidos de los puntos PS3 y PS4, ambos con 31 mg/L.

7.1.3.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Figura 20. Comportamiento de DQO en el agua de poros.

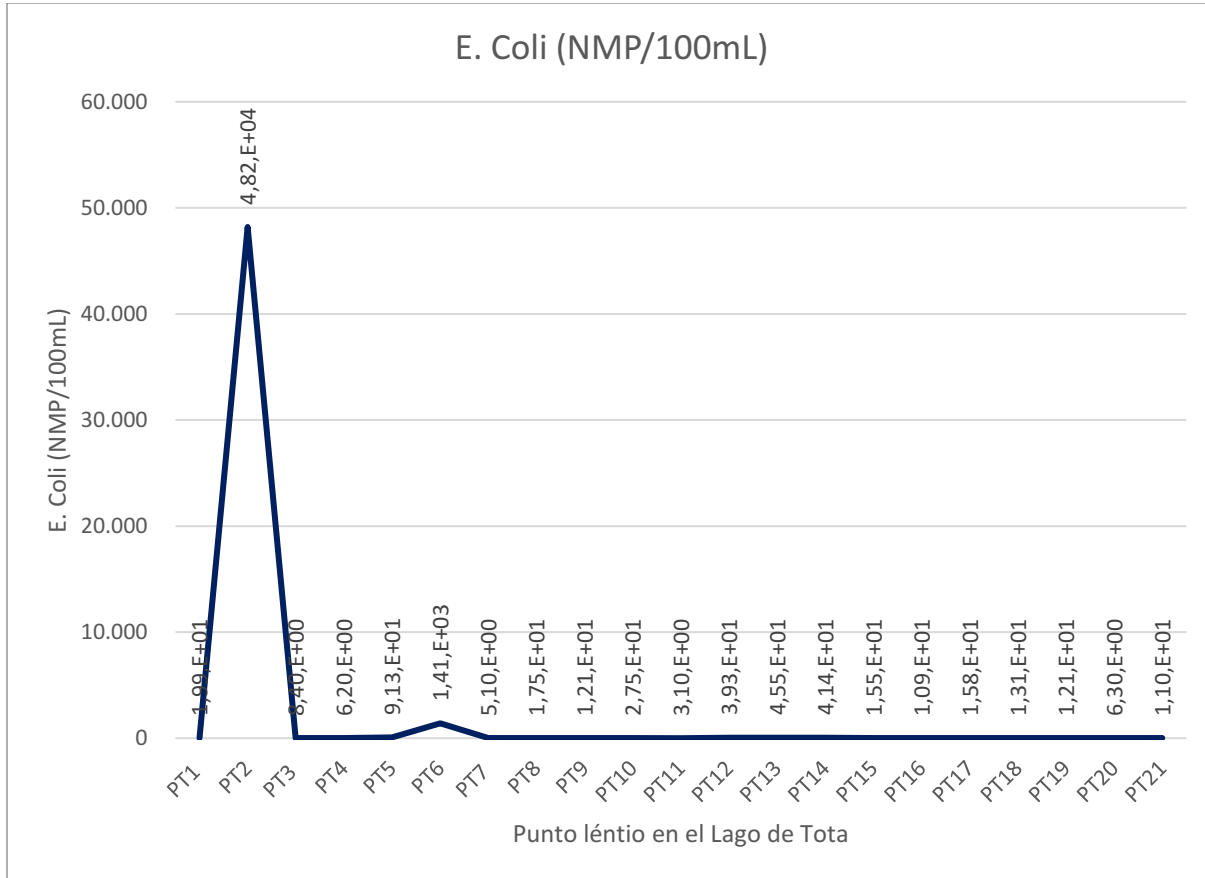


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) del agua de poros de los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un rango de DQO, que va desde menos de 5 mgO₂/L (límite mínimo de cuantificación del análisis empleado en laboratorio) hasta los 94 mgO₂/L. Los valores más bajos de DQO se presentan en los puntos PS1, PS8 y PS13, todos con menos de 5 mg/L de DBO₅. Los valores más altos de DBO₅ se presentan en los puntos PS6 y PS16 con 94 mg/L y 83 mg/L respectivamente.

7.1.3.7 E.Coli

Figura 21. Comportamiento de E.Coli en el agua de poros.

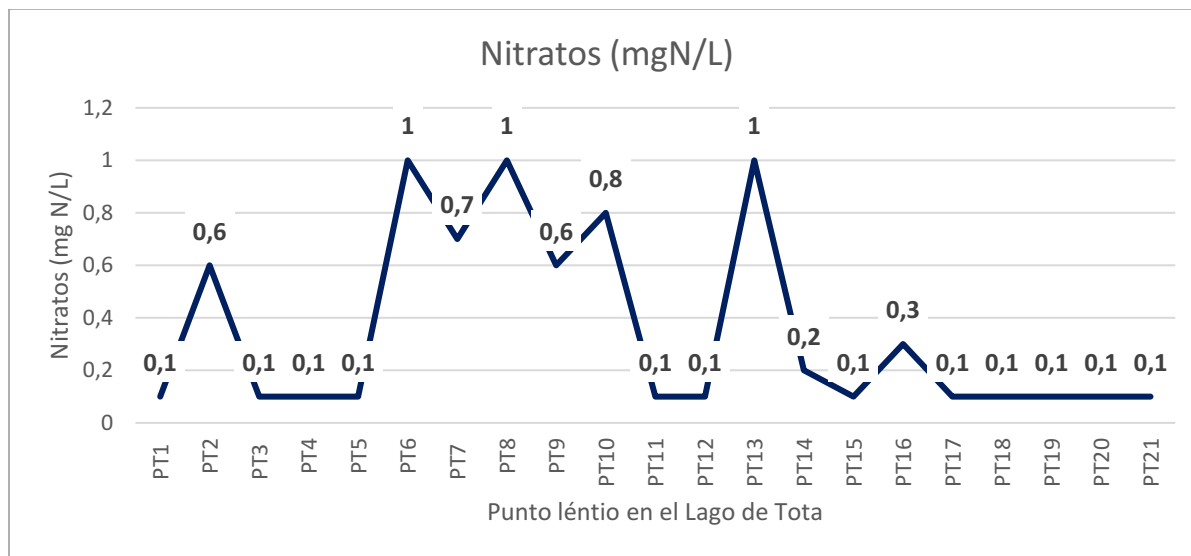


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de E.Coli en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde al punto PS2 ubicado en la desembocadura de la Quebrada Los Pozos con $4,82 \cdot 10^4$ NMP/100mL, mientras que el valor más bajo se presenta en el punto PS11 con 3,10 NMP/100mL

7.1.3.8 Nitratos

Figura 22. Comportamiento de Nitratos en el agua de poros.

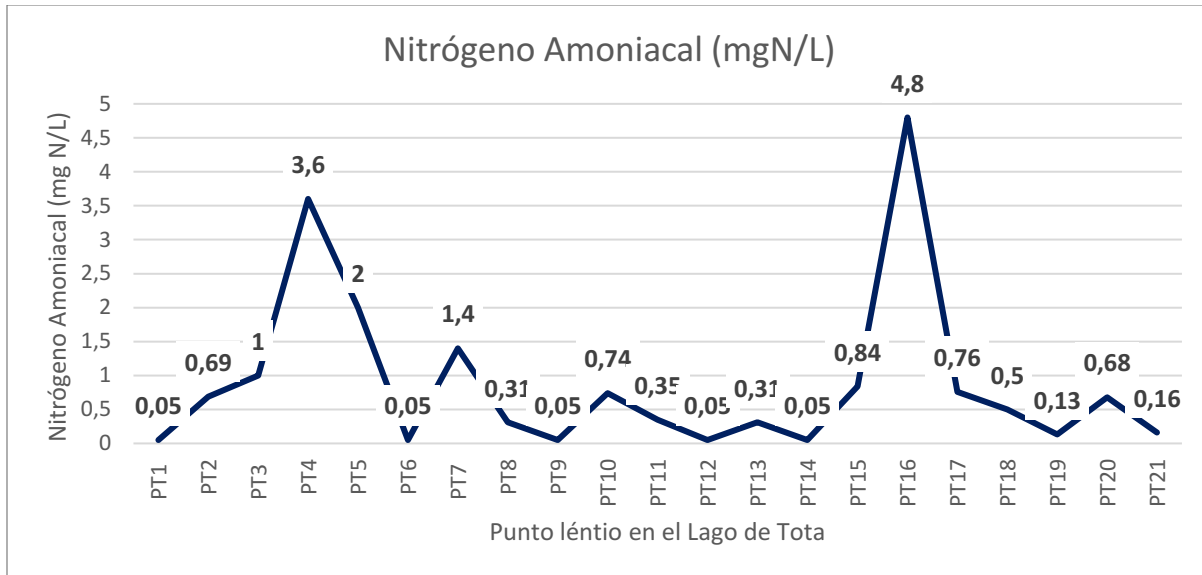


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Nitratos en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde a 1 mg/L en los puntos PS6, PS8 y PS13, mientras que el valor más bajo corresponde a valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio que es de 0,1 mg/L y se presenta en los puntos PS1, PS3, PS5, PS11, PS12, PS15, PS18, PS19 y PS20.

7.1.3.9 Nitrógeno amoniacal

Figura 23. Comportamiento de Nitrógeno Amoniacal en el agua de poros.

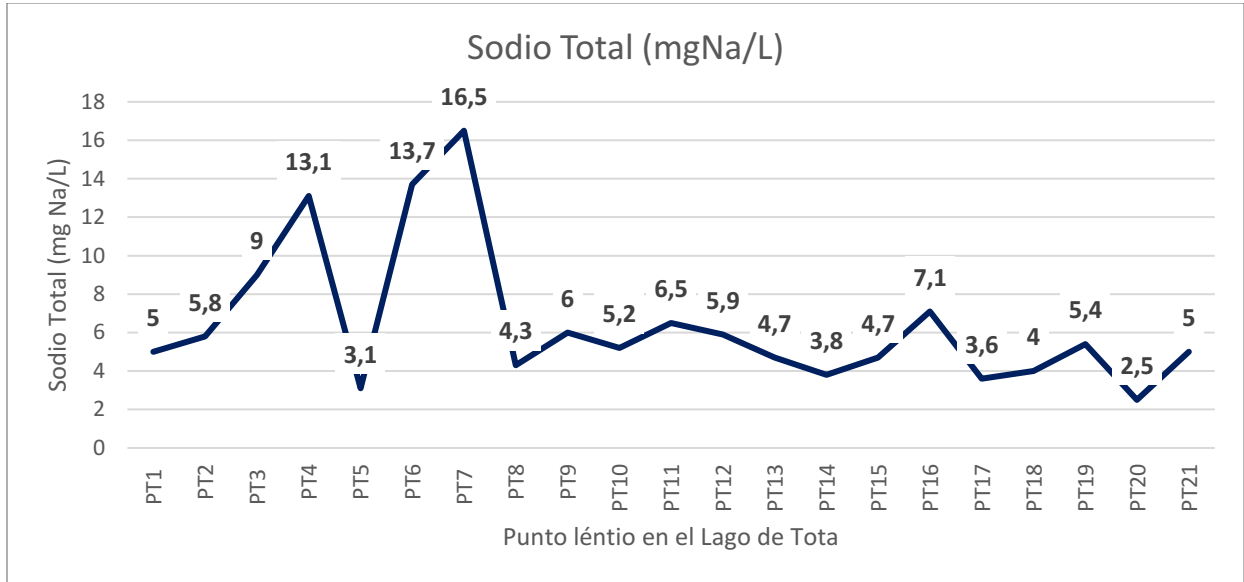


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Nitrógeno amoniacal en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde a 4,8 mg/L que se presenta en el punto PS16 ubicado en Playa Blanca, mientras que el valor más bajo corresponde a valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio que es de 0,5 mg/L y se presenta en los puntos PS1, PS6, PS9, PS12 y PS14.

7.1.3.10 Sodio Total

Figura 24. Comportamiento de Sodio Total en el agua de poros.

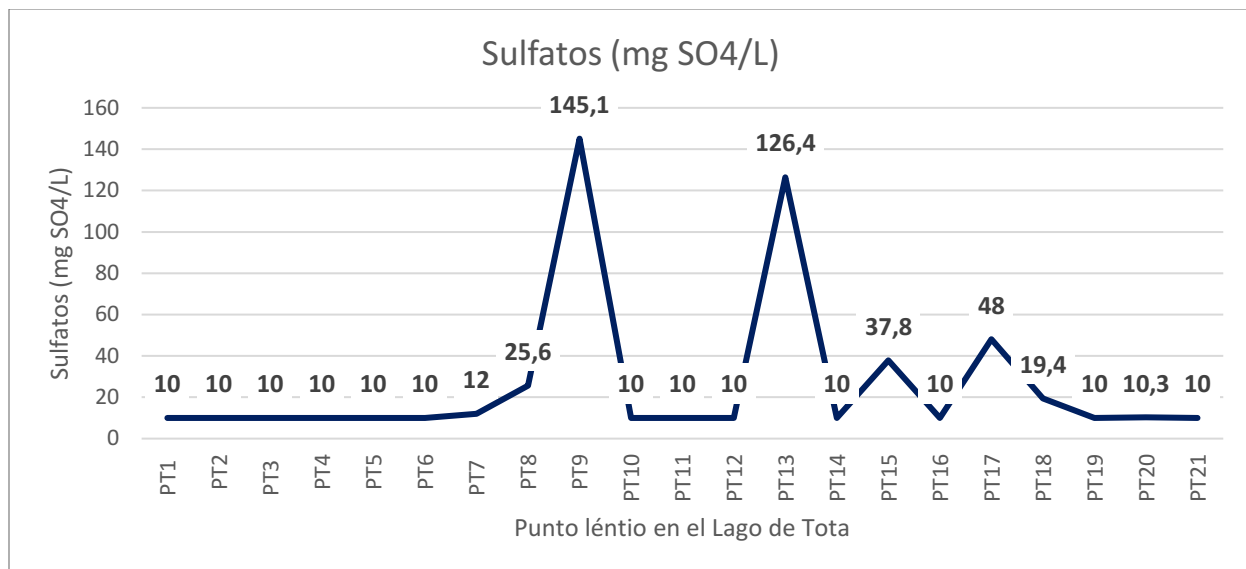


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Sodio Total en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto corresponde al punto PS7 ubicado en el sector de Santa Inés en cercanías de un criadero de truchas, con 16,5 mg/L, mientras que el valor más bajo se presenta en el punto PS20 con 2,5 NMP/100mL

7.1.3.11 Sulfatos

Figura 25. Comportamiento de Sulfatos en el agua de poros.

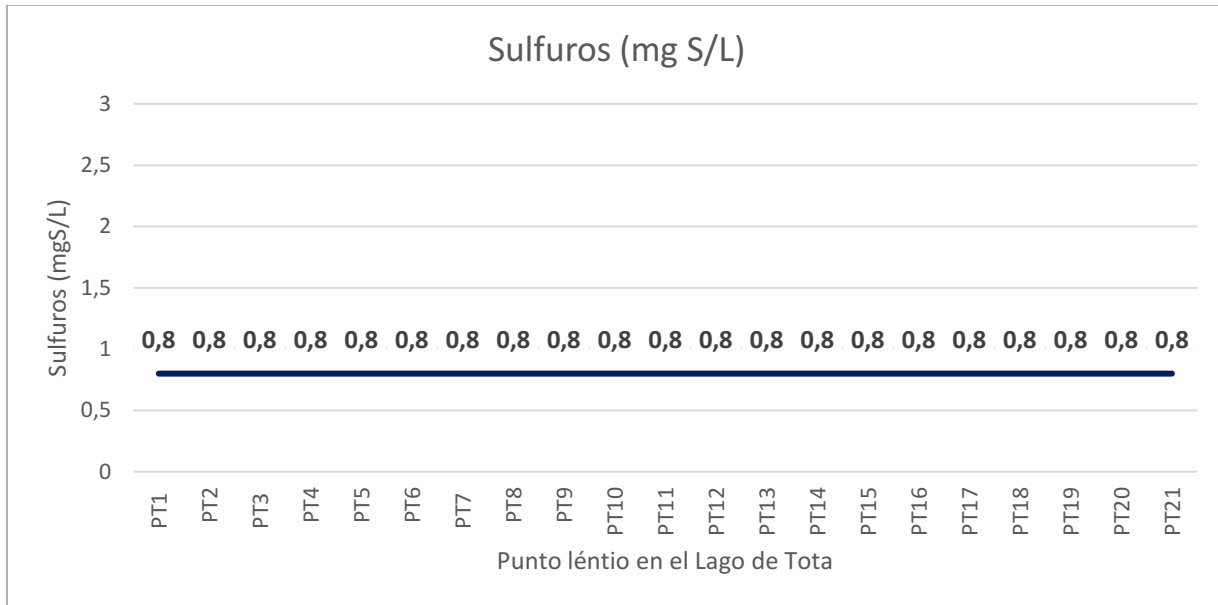


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Sulfatos en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto se presenta en el punto PS9 con 145,1 mg/L, mientras que el valor más bajo corresponde a valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio que es de 10 mg/L y se presenta en los puntos PS1, PS2, PS3, PS4, PS5, PS6, PS10, PS11, PS12, PS14, PS16, PS19 y PS21.

7.1.3.12 Sulfuros

Figura 26. Comportamiento de Sulfuros en el agua de poros.

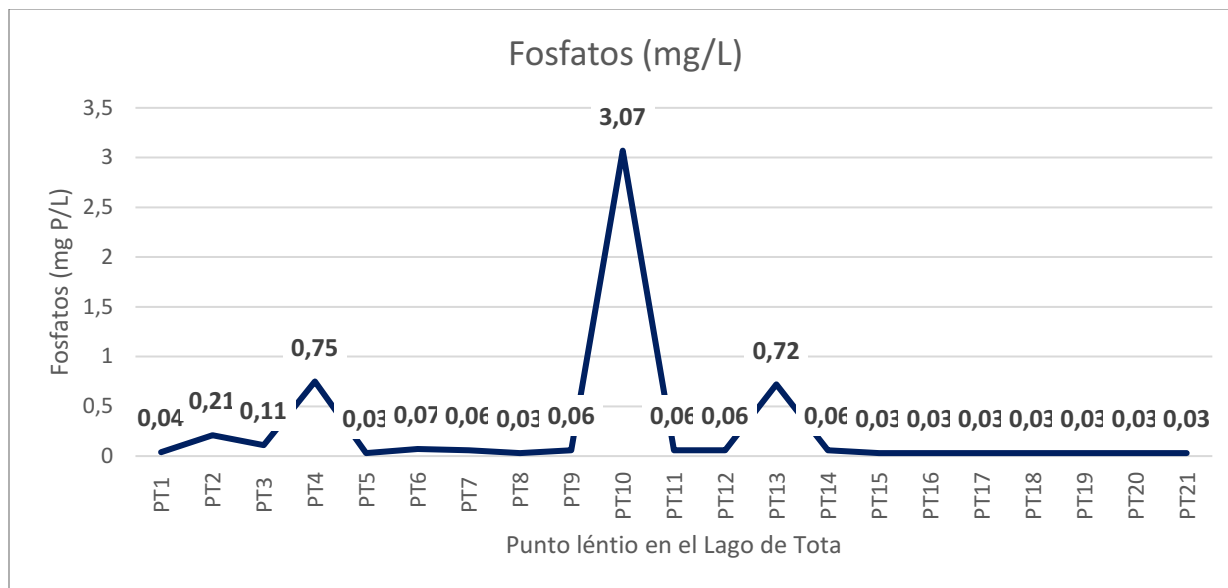


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona el comportamiento del parámetro de Sulfuros en el agua de poros de los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se evidencia que ningún punto de muestreo presenta valores superiores a 0,8 mg/L, el cual es el límite mínimo de cuantificación del análisis empleado en el laboratorio.

7.1.3.13 Fosfatos

Figura 27. Comportamiento de Fosfatos en el agua de poros.

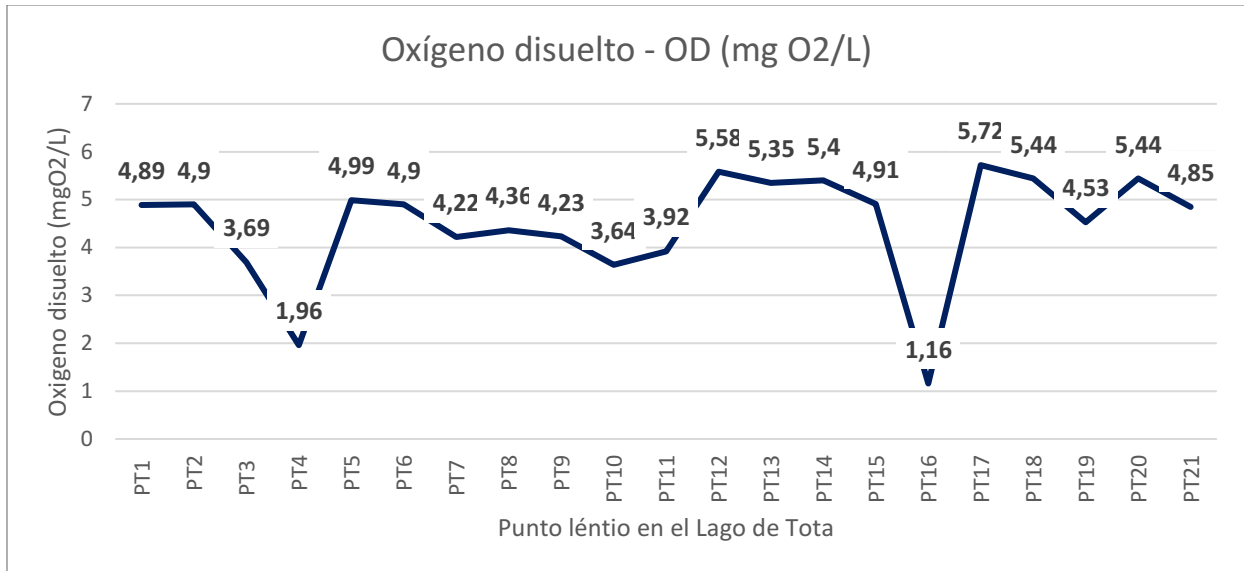


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior presenta el comportamiento del parámetro de Fosfatos en la matriz de agua de poros para los puntos monitoreados en el Lago de Tota. Inicialmente se destaca que el valor más alto se presenta en el punto PS10 con 3,07 mg/L, mientras que el valor más bajo corresponde a valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio que es de 0,03 mg/L y se presenta en los puntos PS5, PS15, PS16, PS17, PS18, PS19, PS20 y PS21.

7.1.3.14 Oxígeno Disuelto

Figura 28. Comportamiento de Oxígeno Disuelto en el agua de poros.

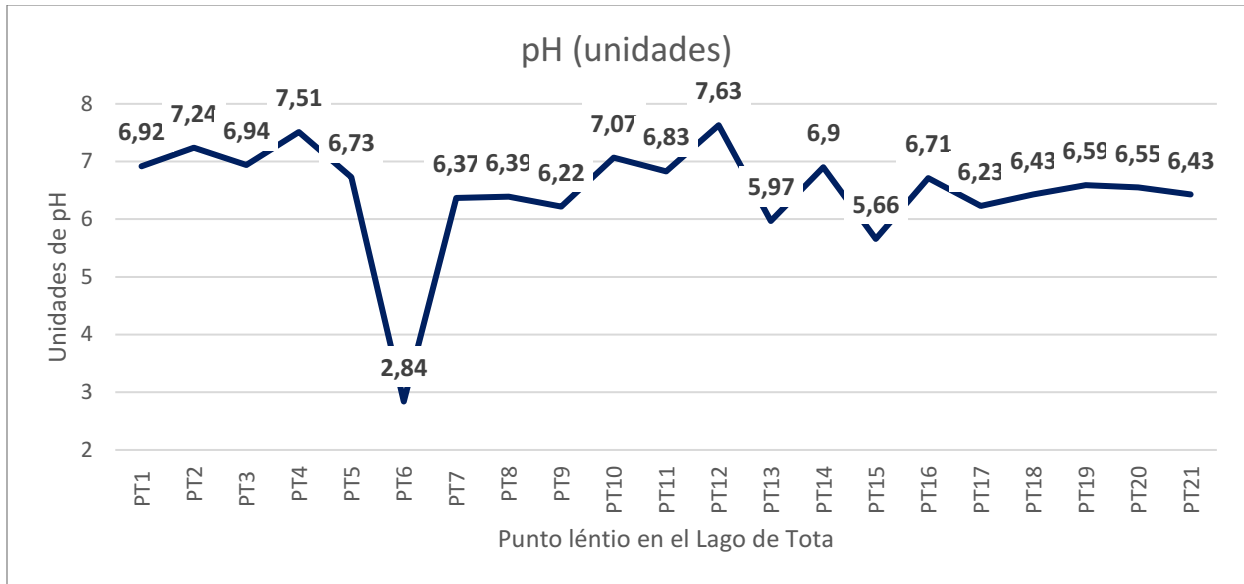


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

En la anterior gráfica se relaciona la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua de poros de los sedimentos extraídos del fondo del lago en cada punto de muestreo. Se puede observar que entre los puntos de muestreo existe un rango de OD, que va desde 1,16 mgO₂/L hasta los 5,72 mgO₂/L. Los valores más bajos de OD se presentan en los puntos PS16 y PS4, con 1,16 mg/L y 1,96 mg/L de OD. Los valores más altos de OD se presentan en los puntos PS17, PS12 y PS16 y PS12, con 5,72 mg/L y 5,58 mg/L seguidos de los puntos PS18 y PS20, ambos con 5,44 mg/L de oxígeno disuelto.

7.1.3.15 Potencial de Hidrógeno (pH)

Figura 29. Comportamiento de Potencial de Hidrógeno en el agua de poros.



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

La figura anterior permite evidenciar los datos de pH en el agua de poro de las muestras de sedimentos tomadas en los correspondientes puntos del lago de Tota, evidenciando que la mayoría (a excepción del punto PS6), se encuentran dentro de un rango neutro con un máximo en el punto PS12 con 7,63 unidades y un mínimo de 5,66 unidades que corresponde al punto PS15. El único punto con pH atípico es el PS6, el cual se encuentra en un rango ácido con un valor de 2,84 unidades.

8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE MATRIZ AGUA Y SEDIMENTOS

En este numeral se pretende realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos para la matriz sedimento con respecto a los resultados obtenidos para la matriz agua en las 2 jornadas de monitoreo efectuadas.

Inicialmente se destaca que la definición de los puntos de monitoreo para la toma de sedimentos se realizó con la intención de ejecutar las actividades en los mismos puntos de la matriz agua en la medida de lo posible, presentándose algunos puntos en conjunto que compartían ubicación en la misma zona del Lago y condiciones de calidad de agua similares. Así las cosas, a continuación se presenta el relacionamiento de los puntos para ambas matrices:

Tabla 5. Relación de puntos en matriz agua y sedimento.

Punto de monitoreo Sedimento	Punto de monitoreo Agua
PS1	No Aplica
PS2	No Aplica
PS3	PT13
PS4	PT19
PS5	No Aplica
PS6	PT21
PS7	PT1
PS8	PT2
PS9	PT15
PS10	PT3
PS11	PT4
PS12	PT5, PT6
PS13	PT18
PS14	PT7, PT8
PS15	PT9, PT17
PS16	PT20
PS17	PT10
PS18	PT11
PS19	PT16
PS20	PT12
PS21	PT14

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota.

Cabe recalcar que para los puntos en donde se relaciona que “No Aplica” corresponden a puntos nuevos que se definieron para el muestreo de sedimentos teniendo en cuenta que corresponden a las entradas al Lago de los principales afluentes.

Los resultados de laboratorio permiten evidenciar de manera clara que los valores más altos para los parámetros de DBO, DQO, Nitrógeno y Fósforo, se presentan concentrados hacia las zonas donde se identificaron principalmente la influencia de criaderos de truchas, como por ejemplo en el Sector Hatolaguna, donde se encuentra el punto PS10 donde los valores representan el cuarto más alto para DBO (102638 mg O₂/kg) y DQO (151773 mg O₂/kg) y, el segundo más alto para Nitrógeno total (12252 mg N/kg) y Fósforo total (615 mg P/kg). Esto se relaciona en coherencia con los resultados obtenidos para la matriz agua en el punto PT3, el cuál presenta altos valores para DQO (36 mg O₂/L) para la época de bajas precipitaciones (más crítica), mientras que el resto de los parámetros en comparación se presentan por debajo del límite de cuantificación, sin embargo, es de destacar que esta situación se presenta para todas las zonas del Lago, asumiendo que la capacidad de este cuerpo de agua para asimilar carga contaminante es buena.

De otra parte se identifica que, tanto para las jornadas de monitoreo en ambas épocas como para la toma de muestras de sedimentos, la zona más contaminada corresponde al Sector La Custodia, influenciado principalmente por la presencia cercana del casco urbano del municipio de Aquitania y sus vertimientos domésticos en la Quebrada La Mugre. De igual manera, en este sector del Lago se concentra en su mayoría la actividad agrícola de cultivos de cebolla, lo cuál también por procesos de escorrentía aportan una carga contaminante considerable en el cuerpo de agua léntico. Así las cosas, en el sector La Custodia se encuentran los puntos PS3, PS4 y PS20, los cuales presentaron valores muy altos para DBO (80591 mg O₂/kg, 109615 mg O₂/kg y 128314 mg O₂/kg respectivamente) y DQO (137267 mg O₂/kg, 200187 mg O₂/kg y 225374 mg O₂/kg respectivamente), así mismo, en el punto PS20 se presentó el valor más alto para el parámetro de Nitrógeno total con 17076 mg N/L, asociado principalmente a la acumulación de nutrientes provenientes de la actividad agrícola que por procesos de corriente se estacionan en este sector.

Por último, teniendo en cuenta el abastecimiento del recurso hídrico por parte del Lago de Tota, se identifica el punto PS6 que corresponde a la bocatoma del acueducto de Aquitania en el sector Santa Inés, el cual presentó para la matriz sedimento uno de los valores más bajos para DBO (9237 mg O₂/kg) y DQO (18238 mg O₂/kg), considerándose esta como una zona de baja contaminación si se tiene en cuenta que para la época de bajas precipitaciones en el punto PT21 los resultados de la matriz agua arrojaron que, para los parámetros de DBO, Nitrógeno Total y Fósforo Total, se encuentran por debajo de los límites de cuantificación del método de laboratorio.

9 Conclusiones

La misma condición estacionaria y las bajas velocidades que se evidencian en el cuerpo léntico del Lago de Tota, favorece el asentamiento y la sedimentación de las cargas contaminantes que ingresan al cuerpo de agua, relacionado con el aporte asociado a las entradas de sus principales efluentes como lo son los Ríos Hatolaguna, Tobal y Olarte y, las Quebradas Los Pozos y La Mugre. Este último en mención, se considera como el cuerpo de agua que aporta más contaminación al Lago de Tota, principalmente por ser el receptor de los vertimientos generados en el casco urbano del municipio de Aquitania sin ningún tratamiento previo, hasta no se inicie la operación de la PTAR.

Por otro lado, el sedimento del fondo del Lago presenta diferentes composiciones relacionando diferentes tipos de suelo, además, en un área amplia se ve influenciado por la proliferación de vegetación como la Elodea.

Los valores más altos para los resultados de análisis de laboratorio en los sedimentos se presentan en los parámetros de Nitrógeno Total y Fósforo Total, relacionado principalmente al desarrollo de las actividades socioeconómicas que se realizan en el área de estudio como lo son la actividad agrícola en gran medida y la actividad pecuaria en una menor medida, las cuales por acción de procesos de escorrentía y precipitación, aportan la carga contaminante correspondiente para estos altos valores.

De igual manera, se presentan valores altos para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, lo cual puede relacionar que se presenta una contaminación considerable en el sedimento, favorecido principalmente por todos los aportes contaminantes que llegan al cuerpo de agua, principalmente por la actividad acuícola que se desarrolla directamente en el Lago, además, de las actividades agrícolas y pecuarias y, por último, los vertimientos de origen domésticos en los cuerpos de agua afluentes de este.

Por otra parte, se destaca que los resultados obtenidos de la actividad de monitoreo de sedimentos permiten abordar de forma complementaria e integral el modelo de calidad del agua para el cuerpo léntico del Lago de Tota, considerando que es un insumo importante para conocer la dinámica contaminante de esta fuente hídrica.

En Colombia se tiene conocimiento científico débil para el análisis de la calidad de los sedimentos, incluso, no se tiene oficialmente un índice que permita categorizarlo y asociarlo con una calidad descriptiva.

El desarrollo de esta actividad y los resultados obtenidos, permiten establecer una línea base con la cual no se contaba, sobre la composición del sedimento del fondo del Lago y conocer las características fisicoquímicas y bacteriológicas.