



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil
Recursos Hidráulicos (ERIS)

**DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO
EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA, PALENCIA, GUATEMALA**

Hassler Asdrubal Marroquin Rodas

Asesorado por el Msc. Ing. Zenon Much Santos

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACION DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO
EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA, PALENCIA, GUATEMALA**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS)
POR EL INGENIERO

HASSLER ASDRUBAL MARROQUIN RODAS
ASESORADO POR EL MSC. ING. ZENON MUCH SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRÍA (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN CIENCIAS DE INGENIERÍA
SANITARIA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Jose Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

**DIRECTOR DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANÍTARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS**

Msc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

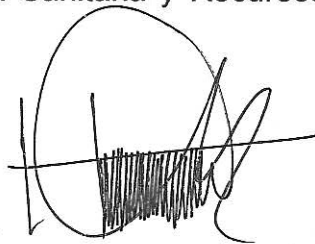
EXAMINADOR	Msc. Ing. Zenon Much Santos
EXAMINADOR	Msc. Ing. Adan Pocasangre
EXAMINADOR	Msc. Ing. Joram Gil Laroj

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA, PALENCIA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), en julio de 2017.



Ing. Hassler Asdrubal Marroquin Rodas



Guatemala 9 de agosto de 2018

M.Sc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre
Coordinador de la Maestría en Ingeniería Sanitaria
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS)
Facultad de ingeniería, USAC

Habiendo revisado el documento titulado:

**DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE
SANEAMIENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA,
PALENCIA, GUATEMALA**

Elaborado por el ingeniero Hassler Asdrubal Marroquin Rodas, como parte de su Estudio Especial, y como requisito para optar al grado académico de Maestro en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, mediante la presente me permito informarle mi satisfacción con su contenido y revisión de lingüística, por lo tanto, le comunico que dicho documento cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo la atención prestada a la presente me suscribo de usted.
Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Ing. Zenón Much Santos
Asesor del estudio





Guatemala 10 de agosto de 2018

Señores Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS):

Respetuosamente les comunico que he revisado y aprobado, en mi calidad de coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el informe final del Estudio Especial titulado:

**DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE
SANEAMIENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA,
PALENCIA, GUATEMALA**

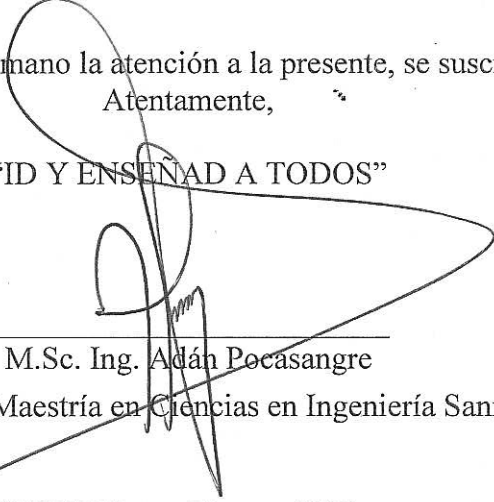
Presentado por el estudiante:

Ing. Hassler Asdrubal Marroquin Rodas

Les manifiesto que el estudiante cumplió en forma satisfactoria con todos los requisitos establecidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS- y por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la realización de su estudio.

Agradeciéndoles de antemano la atención a la presente, se suscribe de ustedes,
Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Ing. Adán Pocasangre
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria



Guatemala 13 de agosto de 2018

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: M.Sc. Ing. Adán Pocasangre, M.Sc. Ing. Joram Gil y, M.Sc. Ing. Zenón Much Santos, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria; M. Sc. Ing. Adán Pocasangre y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Ruth Nohemí Cardona Mazariegos, colegiada No. 12498, al trabajo del estudiante Ing. Hassler Asdrubal Marroquin Rodas, titulado: **DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO Y PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO EN LA CUENCA DE LA LAGUNA MONJA BLANCA, PALENCIA, GUATEMALA.** En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los 13 días del mes de agosto de 2018.

Imprimase

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

DIRECTOR

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	“Todas las cosas por Él fueron hechas, y sin Él nada de lo que ha sido hecho, fue hecho.” Juan 1; 3.
Mis padres	Erick Marroquin y Wendy Rodas, por enseñarme a confiar siempre en Dios, por su amor incondicional.
Mi hermana	Ericka Marroquin, por su apoyo brindado a lo largo de mi carrera.
Mi hermano	Pedro Marroquin, por ser una parte importante en mi vida.
Mi novia	Tamara Mancilla, por su amor y apoyo incondicional.
Mi asesor	Msc. Ing. Zenon Much Santos, por compartir parte de sus conocimientos durante mi educación en ERIS.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por inculcarme los valores de respeto, educación y perseverancia.
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS)	Por ser parte fundamental en mi formación como profesional y por todos los conocimientos brindados.
Municipalidad de Palencia	Por darme la oportunidad de realizar mi estudio de graduación de postgrado.
Mis compañeros de la Facultad de Ingeniería	Por su apoyo incondicional.
Mis compañeros de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS).	Por ser parte de mi formación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
HIPÓTESIS.....	XXV
ANTECEDENTES.....	XXVII
ALCANCES Y LIMITACIONES.....	XXXI
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Importancia de los estudios de los lagos y lagunas.....	1
1.2. Calidad del agua por su uso.....	1
1.3. Calidad del agua.....	1
1.4. Tipos de lagos	2
1.5. Eutrofización de lagos	3
1.5.1. Nutrientes que eutrofizan las aguas	3
1.5.2. Lagos eutróficos	4
1.5.3. Lagos oligotróficos.....	4
1.6. Clasificación del grado trófico, según TSI.....	5
1.7. Clasificación del grado de eutrofia, según OCDE.....	5
1.8. Transparencia.....	6
1.9. Potencial de hidrógeno	6

1.10.	Temperatura.....	7
1.11.	Oxígeno disuelto	7
1.12.	Control de nutrientes	8
1.13.	Municipio de Palencia	8
1.14.	Municipalidad de Palencia.....	8
1.15.	<i>Ranking</i> municipal.....	9
2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
2.1.	Ubicación geográfica.....	11
2.2.	Clima	12
2.3.	Topografía.....	12
2.4.	Suelo	12
2.5.	Caracterización de la cuenca de la laguna.....	13
2.5.1.	Morfometría de la laguna Monja Blanca	14
2.5.2.	Coordenadas de la ubicación del estudio.....	15
2.5.3.	Usos del agua de la laguna	15
2.5.4.	Poblacion.....	15
2.5.5.	Distancia de la Laguna Monja Blanca respecto a la población	16
2.5.6.	Servicio de agua potable	17
2.5.7.	Servicio de saneamiento básico.....	17
2.5.8.	Saneamiento ambiental.....	18
2.5.9.	Sistema de drenajes.....	18
2.5.10.	Desechos sólidos	18
3.	METODOLOGÍA	19
3.1.	Visita preliminar.....	19
3.2.	Recursos humanos	19
3.3.	Método de investigación descriptiva.....	20

3.4.	Cálculo estadístico	20
3.4.1.	Datos para cálculo estadístico	20
3.5.	Normativa	21
3.6.	Toma de muestras para la investigación	22
3.7.	Batimetría	22
3.8.	Profundidad en toma de muestras.....	24
3.9.	Puntos de muestreo	24
3.10.	Equipo utilizado	26
3.11.	Procedimiento de toma de muestras	26
3.12.	Toma de muestras <i>In situ</i>	27
3.13.	Parámetros determinados en el laboratorio.....	27
3.14.	Determinación de estado trófico	28
3.15.	Propuesta de plan de saneamiento	28
4.	RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	29
4.1.	<i>In situ</i>	29
4.2.	Fecha de toma de muestras	29
4.3.	Resultados de fosforo total, transparencia y oxígeno disuelto	30
4.3.1.	Resultados clasificacion TSI	31
4.3.2.	Resultados clasificacion OCDE	32
4.4.	Resultados de parámetros obtenidos en el laboratorio	36
5.	RESULTADOS DE GESTIÓN MUNICIPAL.....	39
5.1.	Misión y visión de la municipalidad de Palencia	40
5.2.	<i>Ranking</i> municipal	40
5.3.	Marco institucional	41
5.4.	Plan de desarrollo municipal de Palencia 2011-2025.....	43
5.5.	Objetivo de PDM	44

5.6.	Análisis FODA.....	45
5.7.	Ejes de desarrollo	46
5.8.	Matrices de planificación del Plan del Desarrollo Municipal de Palencia (PDM).....	49
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
6.1.	Discusión de resultados de estado trófico.....	55
6.1.1.	Fosforo total	55
6.1.1.1.	Fosforo total clasificación TSI.....	56
6.1.1.2.	Fosforo total clasificación OCDE.....	57
6.1.2.	Transparencia	59
6.1.2.1.	Transparencia clasificación TSI.....	60
6.1.2.2.	Transparencia clasificación OCDE	61
6.1.3.	Análisis de estado trofico.....	63
6.2.	Discusión de resultados de parámetros <i>In situ</i>	63
6.2.1.	Oxígeno disuelto	63
6.2.2.	Potencial de hidrógeno.....	70
6.2.3.	Temperatura.....	78
6.2.4.	Conductividad eléctrica	85
6.3.	Discusión de resultados de parámetros de laboratorio	92
6.3.1.	Sólidos suspendidos totales	92
6.3.2.	Nitratos	99
6.3.3.	Nitritos	106
6.3.4.	Fosfatos.....	113
6.3.5.	Turbiedad	120
6.3.6.	Alcalinidad	127
6.3.7.	Cloruros.....	134
6.3.8.	Dureza Total.....	141

7.	PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO	149
7.1.	Propuesta de saneamiento de la cuenca de la laguna Monja Blanca.....	150
7.1.1.	Reforestacion.....	152
7.1.1.1.	La reforestacion se encuentra dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia.....	152
7.1.1.2.	Objetivos centrales del proyecto de reforestación	153
7.1.1.3.	Áreas de interés para reforestacion ...	154
7.1.2.	Educación sanitaria	155
7.1.2.1.	La educación encuentra dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia.....	155
7.1.2.2.	Objetivos centrales del proyecto de Educación Sanitaria.....	156
7.1.2.3.	Estrategia.....	156
7.1.2.4.	Actividades	157
7.1.2.4.1.	Medio masivos de comunicación.....	157
7.1.2.4.2.	Material educativo de información y sensibilización (Folletos, trifoliales)....	158
7.1.2.4.3.	Capacitacion “Cultura del agua, servicios de saneamiento y cuidado al medio ambiente”	158

7.1.3.	Mejoramiento de acceso vial	158
7.1.3.1.	Los mejoramientos de acceso vial se encuentran dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia	159
7.1.3.2.	Objetivos centrales del proyecto de mejoramiento de acceso vial	159
7.1.3.3.	Áreas de interés para mejoramiento de acceso vial.....	160
7.1.4.	Desechos sólidos	160
7.1.4.1.	Recolección de desechos sólidos se encuentran dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia	161
7.1.4.2.	Objetivos centrales de recolección de desechos sólidos.....	162
7.2.	Presupuesto Total	162
7.3.	Propuesta de financiamiento	163
CONCLUSIONES.....		165
RECOMENDACIONES		167
BIBLIOGRAFÍA.....		169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la laguna Monja Blanca, Palencia, Guatemala	13
2.	Forma de la laguna Monja Blanca.....	14
3.	Coordenadas de ubicación de la laguna Monja Blanca.....	15
4.	Población por sexo en el municipio de Palencia	16
5.	Ubicación de la población	16
6.	Gráfico de servicio del agua.....	17
7.	Batimetría y forma de la laguna Monja Blanca	23
8.	Esquema de toma de muestras	24
9.	Localización de puntos de muestreo	25
10.	Estructura para plan de saneamiento.....	39
11.	Histograma de fosforo total	56
12.	Fosforo total en el tiempo comparación TSI.....	57
13.	Fosforo total en el tiempo comparación OCDE	58
14.	Histograma de transparencia	60
15.	Transparencia en el tiempo comparación TSI.....	61
16.	Transparencia en el tiempo comparación OCDE	62
17.	Perfil oxígeno disuelto, punto 1	64
18.	Perfil oxígeno disuelto, punto 2	65
19.	Perfil oxígeno disuelto, punto 3	66
20.	Perfil oxígeno disuelto promedio	67
21.	Histograma de oxígeno disuelto superficial.....	68
22.	Histograma de oxígeno disuelto 1.00 metros	69
23.	Oxígeno disuelto promedio en el tiempo	70

24.	Perfil de potencial de hidrógeno, punto 1.....	71
25.	Perfil de potencial de hidrógeno, punto 2.....	72
26.	Perfil de potencial de hidrógeno, punto 3.....	73
27.	Perfil de promedio de potencial de hidrógeno.....	74
28.	Histograma de potencial de hidrógeno superficial	75
29.	Histograma de potencial de hidrógeno 1.00 metro	76
30.	Potencial de hidrógeno a través del tiempo	77
31.	Perfil de temperatura, punto 1	78
32.	Perfil de temperatura, punto 2	79
33.	Perfil de temperatura, punto 3	80
34.	Perfil de promedio de temperatura.....	81
35.	Histograma de temperatura superficial	82
36.	Histograma de temperatura 1.00 metro	83
37.	Temperatura en el tiempo.....	84
38.	Perfil de conductividad eléctrica, punto 1.....	85
39.	Perfil de conductividad eléctrica, punto 2.....	86
40.	Perfil de conductividad eléctrica, punto 3.....	87
41.	Perfil de promedio de conductividad eléctrica.....	88
42.	Histograma de conductividad eléctrica superficial	89
43.	Histograma de conductividad eléctrica 1.00 metro	90
44.	Conductividad eléctrica en el tiempo	91
45.	Perfil SST, punto 1.....	92
46.	Perfil SST, punto 2.....	93
47.	Perfil SST, Punto 3	94
48.	Perfil de promedio de SST	95
49.	Histograma SST superficial	96
50.	Histograma de SST 1.00 metro	97
51.	SST en el tiempo	98
52.	Perfil nitratos, punto 1	99

53.	Perfil nitratos, punto 2	100
54.	Perfil nitratos, punto 3	101
55.	Perfil promedio de nitratos	102
56.	Histograma nitratos superficial	103
57.	Histograma de nitratos 1.00 metro	104
58.	Nitratos en el tiempo	105
59.	Perfil nitritos, punto 1.....	106
60.	Perfil nitritos, punto 2.....	107
61.	Perfil nitritos, punto 3.....	108
62.	Perfil promedio de nitritos.....	109
63.	Histograma de nitritos superficial	110
64.	Histograma de nitritos 1.00 metro	111
65.	Nitritos promedio en el tiempo.....	112
66.	Perfil de fosfatos, punto 1.....	113
67.	Perfil fosfatos, punto 2.....	114
68.	Perfil de fosfato, punto 3	115
69.	Perfil de promedio de fosfatos.....	116
70.	Histograma de fosfatos superficial	117
71.	Histograma de fosfatos 1.00 metro	118
72.	Fosfatos en el tiempo	119
73.	Perfil de turbiedad, punto 1	120
74.	Perfil de turbiedad, punto 2	121
75.	Perfil de turbiedad, punto 3	122
76.	Promedio de turbiedad	123
77.	Histograma de turbiedad superficial.....	124
78.	Histograma de turbiedad a 1.00 metro	125
79.	urbiedad en el tiempo.....	126
80.	Perfil de alcalinidad, punto 1	127
81.	Perfil de alcalinidad, punto 2	128

82.	Perfil de alcalinidad, punto 3	129
83.	Perfil promedio de alcalinidad	130
84.	Histograma de alcalinidad en superficial.....	131
85.	Histograma de alcalinidad 1.00 metro.....	132
86.	Alcalinidad en el tiempo	133
87.	Perfil de cloruros, punto 1	134
88.	Perfil de cloruros, punto 2	135
89.	Perfil de cloruros, punto 3	136
90.	Perfil promedio de cloruros	137
91.	Histograma cloruros superficial.....	138
92.	Histograma de cloruro 1.00 metro.....	139
93.	Cloruros en el tiempo.....	140
94.	Perfil de dureza total, punto 1	141
95.	Perfil de dureza total, punto 2	142
96.	Perfil de dureza total, punto 3	143
97.	Perfil de promedio de dureza total	144
98.	Histograma de dureza total superficial.....	145
99.	Histograma de dureza total 1.00 metro.....	146
100.	Dureza total en el tiempo	147
101.	Área de influencia de la cuenca de la laguna Monja Blanca.....	151

TABLAS

I.	Clasificación TSI	5
II.	Clasificación OCDE	6
III.	Identificación de coordenadas de los puntos de muestreo	26
IV.	Toma de muestras	29
V.	Fosforo total, transparencia y oxígeno disuelto en muestreos	30
VI.	Fosforo total y transparencia clasificación TSI.....	31

VII.	Fosforo total y transparencia clasificación OCDE	32
VIII.	Datos <i>in situ</i> , superficial	33
IX.	Datos <i>in situ</i> , 0.50 metros.....	34
X.	Datos <i>in situ</i> , 1.00 metros.....	35
XI.	Datos de laboratorio, superficial	36
XII.	Datos de laboratorio, 0.50 metros	37
XIII.	Datos de laboratorio, 1.00 metros	38
XIV.	Misión y visión de Palencia	40
XV.	<i>Ranking</i> municipal.....	40
XVI.	Análisis FODA.....	45
XVII.	Plan de desarrollo municipal de Palencia.....	47
XVIII.	Objetivos estratégicos	49
XIX.	Datos estadísticos de fosforo total superficial	55
XX.	Datos estadísticos de transparencia	59
XXI.	Comparación de resultados de OCDE y TSI.....	63
XXII.	Resultados estadísticos de oxígeno disuelto superficial	68
XXIII.	Resultados estadísticos de oxígeno disuelto 1.00 metro	69
XXIV.	Resultados estadísticos de potencial de hidrógeno superficial	75
XXV.	Resultados estadísticos de potencial de hidrógeno 1.00 metro	76
XXVI.	Datos estadísticos de temperatura superficial.....	82
XXVII.	Tabla estadística de temperatura 1.00 metro	83
XXVIII.	Datos estadísticos conductividad eléctrica superficial.....	89
XXIX.	Datos estadísticos conductividad eléctrica 1.00 metro.....	90
XXX.	Datos estadísticos SST superficial	96
XXXI.	Datos estadísticos SST 1.00 metro	97
XXXII.	Datos estadísticos nitratos superficial	103
XXXIII.	Datos estadísticos nitratos 1.00 metro	104
XXXIV.	Datos estadísticos nitritos superficial	110
XXXV.	Datos estadísticos de nitritos 1.0 metro	111

XXXVI.	Datos estadísticos fosfatos superficial.....	117
XXXVII.	Datos estadísticos fosfatos 1.00 metro.....	118
XXXVIII.	Datos estadísticos de turbiedad en superficial.....	124
XXXIX.	Datos estadísticos turbiedad a 1.00 metro.....	125
XL.	Datos estadísticos de alcalinidad en superficie.....	131
XLI.	Datos estadísticos alcalinidad 1.00 metro.....	132
XLII.	Datos estadísticos cloruros superficial.....	138
XLIII.	Datos estadísticos de cloruros 1.00 metro.....	139
XLIV.	Datos estadísticos de dureza total superficial.....	145
XLV.	Datos estadísticos de dureza total 1.00 metro.....	146
XLVI.	Presupuesto estimado.....	162

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centimetro
°C	Grados Celsius
Q	Caudal
μs/cm	Microsiemens por centimetro
mg/L	miligramos por litro
OD	Oxígeno Disuelto
pH	Potencial de Hidrógeno
sst	Solidos suspendido totales
Dot	Dotación
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro

GLOSARIO

Afluyente	Corriente de agua que abastece las instalaciones.
Agua contaminada	Es aquella que contiene organismos patógenos.
Agua Residuales	En su aceptación más amplia, el agua suministrada a una población que, habiéndose aprovechado para diversos usos, ha quedado impurificada.
Actividades Antropogénicas	Efectos, procesos o materiales que son resultados de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.
Descarga	Lugar donde se desfogon las aguas residuales provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.
Ecosistema	Sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan.

Histograma	Representación gráfica de una distribución de frecuencia por medio de rectángulos, cuyas anchuras representan intervalos de la clasificación y sus alturas las correspondientes.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismográfica, Vulcanología, Meteorología e Hidráulica.
<i>In situ</i>	Expresión latina que significa en el sitio o lugar.
Sedimento	Materia que habiendo estado suspenda en un líquido, se posa en el fondo con mayor gravedad.
Tratamiento	Proceso por medio del cual se eliminan las impurezas de las aguas residuales

RESUMEN

El presente estudio tiene como objeto determinar el estado trófico de la laguna Monja Blanca, Palencia, Guatemala, por criterios de OCDE y TSI. Además, se pretende contar con una propuesta de plan de saneamiento basado en el plan de Desarrollo Municipal del municipio de Palencia.

El procedimiento de las mediciones *in situ* y la recolección de las muestras, se realizaron de la siguiente manera (superficial, 0.50 metros y 1 metro) de profundidad, para su posterior análisis en Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini.

Los resultados obtenidos de transparencia (0.16 m) y fosforo total (0.767 mg/l) fueron analizados por dos clasificaciones de esta trófico, la primera la TSI y la segunda OCDE.

Se concluyó que laguna Monja Blanca se encuentra en un estado hipertrófico, según las clasificaciones de TSI ($90 \text{ TSI} < 99.94 \text{ TSI} < 100 \text{ TSI}$), por otra parte, la clasificación OCDE ($0.76 \text{ mg/l} > 0.10 \text{ mg/l}$).

Se recomienda a las autoridades Municipales y a la administración encargada restringir la aprobación de licencias de construcción para proyectos habitaciones que pongan en peligro la integridad de la cuenca de la laguna Monja Blanca.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas que abastecen la laguna Monja Blanca provienen de eventos de precipitación y escorrentía superficial. Además, no existe intervención por viviendas cercanas a la laguna.

La deforestación y la erosión de los suelos de la cuenca de la laguna, influyen en la carga de nutrientes, ya que los escurrimientos al pasar por una tierra que no tiene protección, lavan la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes de la misma.

La municipalidad ha manifestado que existe una reducción de turismo, debido a la mala calidad que ha mostrado aparentemente la laguna en los últimos años.

El plan de desarrollo municipal de Palencia (2011-2025), dentro de los ejes de desarrollo municipal, tiene contemplado mejorar, proteger y mantener la laguna Monja Blanca; sin embargo, hasta el momento no existe ninguna acción sobre la laguna.

Actualmente no existen datos limnológicos de la laguna Monja Blanca, por lo tanto, se espera con este estudio, determinar el grado de nutrientes para conocer ¿cuál es el estado trófico actual de la laguna? y además en base al “Plan de Desarrollo Municipal” se pretende dar una propuesta de saneamiento teniendo como referencia los objetivos municipales de Palencia.

JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, existen muchos cuerpos de agua que se han ido deteriorando aceleradamente a causa del hombre, por lo tanto, es muy importante tomar medidas necesarias para la preservación y mejora de los mismos.

La laguna Monja Blanca es una laguna que se abastece de todas aquellas aguas que son generadas por un evento de precipitación, además de toda la escorrentía natural.

Es importante determinar el grado de nutrientes, para ver si las actividades que se están realizando en la cuenca de la Laguna Monja Blanca está afectando el nivel de Trofíco. Actualmente no existen estudios de referencia que determinen el estado trófico de la laguna Monja Blanca, no obstante, el estudio trata de conformar una base técnica de comparación basado en diferentes criterios establecidos.

Se considera pertinente realizar pruebas de fosforo total con base a los resultados obtenidos elaborar una propuesta de plan de saneamiento con base al “Plan de Desarrollo Municipal de Palencia (2011-2025)”.

A pesar de los esfuerzos, la solución parece lejana e inconclusa. Este estudio se realiza para servir como insumo para la Municipalidad de Palencia, así cumplir con la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, el Código Civil y la Constitución Política de la República de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Determinar el estado trófico de la laguna Monja Blanca y conocer las características fisicoquímicas para realizar acciones para mejorarla.

Específicos

1. Realizar las determinaciones de fosforo total para conocer el nivel de nutrientes y la transparencia en la laguna Monja Blanca.
2. Determinar el estado trófico de la laguna Monja Blanca, según la clasificación de TSI y OCDE.
3. Realizar una propuesta de plan de saneamiento en la cuenca de la laguna Monja Blanca, con base al “Plan de Desarrollo Municipal” de Palencia.
4. Caracterización Fisicoquímica de la laguna Monja Blanca.

HIPÓTESIS

Será que el nivel de nutrientes de la Laguna Monja Blanca demuestra que se encuentra en un estado Oligotrófico, según la clasificación de grado de eutrofia de la OCDE y TSI.

ANTECEDENTES

La limnología es la ciencia que se dedica al estudio de las características físicas, químicas, y biológicas de ríos, lagos y lagunas. Además, se preocupa por la calidad sanitaria de las aguas. Las investigaciones limnológicas tienen aplicación inmediata, son fundamentales en la toma de decisiones e indispensables para lograr un manejo integral sustentable de los cuerpos de agua.

La laguna Monja Blanca se formaba años atrás por las corrientes naturales del área, hasta que en el año 1966 el alcalde Jorge Ochoa, dragó el terreno y se tomaron todas las medidas necesarias para que la laguna siempre fuera sostenible durante todo el año. La laguna actualmente se alimenta de las precipitaciones y escorrentías naturales, siendo la época de lluvia la más beneficiosa.

Se realizó una investigación en la laguna de Calderas, municipio de Amatitlán, para evaluar y estimar la producción del recurso pesquero con base a su productividad primaria. El estudio mencionado indica que se pueden obtener mayores ingresos económicos aumentando el esfuerzo de pesca. Teniendo presente que al exceder este esfuerzo se compromete directamente la reproducción y crecimiento de las especies capturadas. La laguna de Calderas en función a la aportación permisible de fósforo tiene la capacidad de sustentar 23.11 TM (Ixquic, 2007).

Actualmente no existen datos limnológicos con los que se pueda contar en relación con las características físicas y químicas de la laguna de Monja Blanca.

Sin embargo, existen estudios previos muy similares en los años 2011, 2013, 2014 y 2015 en la laguna el Pino, Ayarza y Calderas.

Argueta Mayorga (2011). Caracterizó fisicoquímicamente la laguna de Ayarza, en el cual concluye la laguna se encuentra dentro del rango de estado mesotróficos, según la OCDE.

Duarte Díaz (2014). Caracterizó fisicoquímicamente la laguna El Pino, en el cual concluye que la laguna tiene un enriquecimiento de nutrientes, lo cual contribuye al deterioro del cuerpo lacustre.

Chang Cambara (2009). Planteamiento del proceso de eutrofización de la Laguna de Chichoj en San Cristóbal Verapaz y sugerencia de una metodología para su estudio. Trabajo de graduación de Ing., Químico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar, 70 p.

Chitay Hernández. García Toro (2006). Propuesta de Plan de Saneamiento para la Microcuenca del río Teocinte, Municipio de San José Pínula, Guatemala, Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Delgado, D. (1976). Saneamiento general en una comunidad a orillas de un lago, Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodas Morán, A.E. (2013). Evaluación del estado trófico del lago de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP, Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 167 p.

Martínez Méndez, M. L (2015). Caracterización fisicoquímica de la laguna de Calderas, ubicada entre las aldeas de San José Calderas y San Francisco de Sales del Municipio de San Vicente Pacaya, Departamento de Escuintla, de la República de Guatemala, Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 106 p.

Tetzaguic Car, C.E. (2003). Sistematización de la Información de calidad del agua del lago de Amatitlán con parámetros que determinan su contaminación secuencial, Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 42 p.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

La investigación se enfoca en determinar el estado trófico de la laguna Monja Blanca, también proponer acciones para mejorar sus condiciones.

Limitaciones

No existen estudios previos en la laguna Monja Blanca que puedan servir como base técnica de comparación para ver si el tiempo ha tenido influencia con su calidad.

La propuesta de saneamiento es válida si se tiene un monitoreo y control constante en la cuenca de la laguna Monja Blanca.

Depende de la Municipalidad de Palencia realizar las acciones recomendadas en el siguiente estudio.

INTRODUCCIÓN

Una laguna se define como un cuerpo de agua y recurso natural no renovable, por lo que se determina su gran grado de importancia como recurso nacional al que debe dársele una atención de primer orden, con el objetivo de asegurar su preservación.

El municipio de Palencia posee cerca de 59,000 habitantes, de los cuales aproximadamente el 15.0 % se dedica a la producción pecuaria y el resto a la agricultura. Asimismo, del total de la población el 56.19 % se encuentra en pobreza y el 13.63 % en pobreza extrema, por ello el aprovechamiento de recursos naturales en este municipio es primordial para reducir los niveles de pobreza.

El presente estudio se inicia con un resumen seguido del planteamiento del problema y su justificación donde se realizará la investigación y se explicarán los distintos factores que degradan dicho cuerpo.

En este primer capítulo, se incluyen la caracterización de la cuenca de la laguna Monja Blanca, la importancia de los estudios de lagos y lagunas, calidad del agua, eutrofización de lagos y parámetros de medición.

En los siguientes capítulos se muestran la metodología utilizada para realizar dicho estudio, los análisis de las muestras de agua tomados a profundidad con sus respectivos resultados y su discusión, para determinar el estado de la laguna Monja Blanca.

Seguidamente basado en los resultados y en la discusión de resultados se muestra una propuesta de plan de saneamiento, con el propósito asegurar la preservación de la cuenca de la laguna Monja Blanca.

Por último, se presentarán conclusiones basadas en los resultados obtenidos, partiendo de lo indicado en los objetivos del trabajo y las recomendaciones respectivas que facilitará la interpretación del estudio especial.

En este lugar se ubica la laguna Monja Blanca, además de proveer un paraje ecoturístico, proporciona alimentos altamente nutritivos a las personas que lo necesiten, dentro de estos sobresalen algunos peces y una especie de langostino.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Importancia de los estudios de los lagos y lagunas

El estudio de lagos y lagunas constituye a la Limnología, que es una ciencia que tiene como objeto estudiar toda la actividad biológica de un cuerpo de agua y todos aquellos factores que influyen de manera física, química y microbiológica la calidad del recurso (Ibarra, 2008).

1.2. Calidad del agua por su uso

El agua es un recurso no renovable que tiene uso de maneras diversas por el ser humano y además es fuente de vida para todos los seres vivos del planeta. Dentro de las actividades más comunes que se realizan por medio de este recurso están las actividades agrícolas, industriales, domesticas, alimenticias, recreativas, generación de energía, entre otras (Ibarra, 2008).

1.3. Calidad del agua

La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas (Ibarra, 2008).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la

expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua.

Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales.

1.4. Tipos de lagos

Para la clasificación de los lagos hay diferentes tipos de características que sirven para diferenciarlos unos de los otros, siendo estos:

- **Lagos tectónicos:** Estos se alojan en las depresiones que se forman con los movimientos estructurales del relieve (Plegamientos, fallas, graben, cuencas monoclinales)
- **Lagos glaciares:** Estos son más abundantes y su origen se debe a la sobre excavación de la roca que produce el hielo dentro de los grandes glaciares.
- **Lagos carsticos:** se identifican por depresiones carsticos (dolina, úvala, polje) que se han producido por la disolución de las calizas.

- Lagos de cráter: los lagos de cráter son los que se alojan en el interior de un cono volcánico o de una caldera volcánica.
- Lagos endorreicos: Estos se instalan sobre depresiones de la superficie terrestre que no tienen salida, por lo que forman una pequeña cuenca hidrográfica.

En cuanto a la productividad biológica cabe distinguir dos clases principales: según la abundancia de nutrientes (fosfatos y nitratos), los lagos se pueden clasificar como Eutróficos, cuando presentan una gran cantidad de nutrientes y por lo tanto de plancton y otros organismos, y Oligotróficos en caso contrario aquellos que son pobres en nutrientes (Ibarra, 2008).

1.5. Eutrofización de lagos

Un lago sufre de eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas esten repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más cómodos los seres vivos que en él habitan, pero el problema es que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren comienza el proceso de putrefacción, que en este proceso se consume una gran cantidad de oxígeno disuelto y, por lo tanto, las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos (Moreno Franco, 2010).

1.5.1. Nutrientes que eutrofizan las aguas

Los nutrientes que más influyen en este proceso son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en

la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas.

En el caso del nitrógeno, una elevada proporción llega a través de contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación de amoníaco o por desnitrificación.

En el caso del fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

1.5.2. Lagos eutróficos

Son masas de agua rica en nutrientes que facilitan en gran manera la proliferación de las algas. Cuando las algas mueren son descompuestas por las bacterias en procesos aeróbicos que consumen el oxígeno, por lo que la vida de los organismos aeróbicos no existe. Al terminarse el oxígeno muchos restos orgánicos quedan depositados en el fondo sufriendo procesos anaeróbicos que desprenden H₂S y otros gases (Moreno Franco, 2010).

1.5.3. Lagos oligotróficos

Estos lagos son típicos de montaña y sus aguas son pobres en nutrientes y, por lo tanto, las algas no proliferan excesivamente, normalmente son aguas claras y penetra la luz con facilidad, hay oxígeno en abundancia, la flora y la fauna es típica de agua oxigenadas (Moreno Franco, 2010).

1.6. Clasificación del grado trófico, según TSI

Esta clasificación se basa en una escala de 0 a 100, es decir, de oligotrófico a Hipereutróficos. Se obtiene a través de la transparencia determinada con el disco de Secchi (DS). Este mismo índice puede determinarse a partir de otros parámetros, como la concentración de clorofila (Clorof) y el fósforo total (Pt), cuya relación con la transparencia se ha deducido previamente. (Carson. 1977;1980)

Tabla I. **Clasificación TSI**

Estado de Eutrofia	TSI	Ds (m)	Pt (mg/l)
Oligotrófico	0	64	0.00075
TSI < 30	10	32	0.0015
	20	16	0.003
	30	8	0.006
Mesotrófico	40	4	0.012
30 < TSI < 60	50	2	0.024
	60	1	0.048
Eutrófico	70	0.5	0.096
60 < TSI < 90	80	0.25	0.192
	90	0.12	0.384
Hipereutrófico	100	0.06	0.768
90 < TSI < 100			

Fuente: Protección y conservación de la naturaleza, Pág. 10

1.7. Clasificación del grado de eutrofia, según OCDE

El comité de Eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE) propone una clasificación del grado de eutrofia de lagos y embalses, luego de realizar un estudio de 5 años que abarco 200 ambientes en

22 países de Europa occidental, EE.UU., Japón y Australia. Esta clasificación está basada en los valores que alcanzan las variables clorofilas, profundidad en función de la transparencia por medio del disco Secchi y Fosforo Total.

Tabla II. **Clasificación OCDE**

Categoría Trófica	Pt (mg/l)		Transparencia Ds (m)	
			Media	Mínimo
Ultraoligotróficos	<	0.004	6.0 > 12.0	> 6.0
Oligotrófico	<	0.010	> 6.0	> 3.0
Mesotrófico	0.010	0.035	6.0 - 3.0	1.5 - 0.7
Eutrofico	0.035	0.100	3.0 - 1.5	1.5 - 0.7
Hipertrofico	>	0.100	< 1.5	< 0.7

Fuente: Protección y conservación de la naturaleza, Pág. 11

1.8. Transparencia

Es la cantidad de luz que traspasa en un cuerpo de agua y depende, según el deterioro que tenga en función de las variables que lo causan como: exceso de flora en el cuerpo el cual reduce la cantidad de oxígeno y dificulta la capacidad de penetración. Esta variable ayuda a determinar ciertas características de lagos (tipo de lago, flora, fauna, propiedades del agua, etc).

1.9. Potencial de hidrógeno

El valor de pH varía en el rango de 0 a 14 unidades, donde el valor 7 es el neutro, y valores más bajos a este indican acidez, mientras los valores más altos indican alcalinidad.

Valores extremos de pH pueden afectar o acabar con la vida de organismos acuáticos. Aun cambios moderados sobre los límites considerados aceptables, son perjudiciales para algunas especies; además, la toxicidad de muchas sustancias se incrementa por cambios en el pH.

1.10. Temperatura

Es el factor que más influencia tiene en los lagos, juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos.

Las temperaturas bajas retardan la acción desnitrificante de las bacterias y, por esta razón, los nitratos no son destruidos tan rápidamente y, al permanecer en el agua, son aprovechados por el fitoplancton para la producción de alimentos.

Los cambios de temperatura afectan a la vida, según el caso, proporciona la aparición de poblaciones acuáticas.

1.11. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua proviene de la fotosíntesis que realizan los vegetales con clorofila. Como esta actividad fotosintética es mayor en las capas superiores bien iluminadas, su concentración será mayor a este nivel.

En los niveles próximos al fondo, su concentración es mínima, debido a los procesos de oxidación de la materia orgánica, en la práctica, a menudo se emplea el contenido de oxígeno como índice de fertilidad del lago.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de un lago depende de la temperatura del agua, radiación solar y de la profundidad.

1.12. Control de nutrientes

El fósforo y el nitrógeno son los principales nutrientes de importancia en el vertido de aguas residuales tratadas. Los vertidos que contienen fósforo y nitrógeno pueden acelerar los procesos de eutrofización de lagos y embalses, así como estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas en cursos de aguas poco profundas. Además de resultar estéticamente desagradable la presencia de algas y plantas acuáticas puede interferir con los usos beneficiosos de los recursos hídricos, especialmente cuando se emplean para el abastecimiento de agua, crecimiento ictiológico y recreativo.

El control del fósforo y el nitrógeno son de mucha importancia en la gestión de la calidad del agua y en proyectos de plantas de tratamiento.

1.13. Municipio de Palencia

Palencia es un municipio del departamento de Guatemala, se encuentra a unos 30 kilómetros de la ciudad capital y su acceso principal es por medio de la carretera CA-09-Norte ruta hacia Puerto Barrios y Zacapa. Palencia se caracteriza por tener áreas verdes y boscosas. Además, se considera que es un municipio relativamente joven fundado el 27 de agosto de 1836.

1.14. Municipalidad de Palencia

Según el Código Municipal Decreto 12-2002, en su Artículo nueve establece: “el gobierno municipal corresponde al Concejo Municipal, el cual es responsable de ejercer la autonomía del municipio. Se integra por el alcalde, los síndicos y los concejales, todos electos directamente y popularmente en cada municipio de conformidad con la ley de la materia. El alcalde es el encargado de

ejecutar y dar seguimiento a las políticas, planes, programas y proyectos autorizados por el concejo municipal”.

La municipalidad de Palencia está constituida por el Concejo Municipal, integrado por el alcalde, concejal I, concejal II, concejal III, concejal IV, concejal V, sindico I, sindico II, concejal suplente, sindico suplente, secretario y tesorero, existe un departamento de obras sociales, servicios publicos, ornato y urbanismo, juzgado municipal y la Dirección municipal de planificación, entre otros.

1.15. *Ranking* municipal

La medición de la gestión municipal es un instrumento creado para que las municipalidades de Guatemala y las entidades del nivel nacional de gobierno cuenten anualmente con información precisa acerca de los avances y problemas existentes en los principales temas que, en materia de gestión administrativa, financiera, de servicios públicos básicos, planificación, participación y comunicación con la ciudadanía, competen a las administraciones locales.

La medición se realiza mediante 29 indicadores y 7 índices es analizada la gestión de los municipios, con el objetivo de promover acciones concretas de mejoramiento, y evidenciar el estado de cada uno en materia de cumplimiento de sus responsabilidades.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Ubicación geográfica

Está localizada al Este del departamento de Guatemala, se llega a ella por la Carretera del Atlántico, a 31 kilómetros de la ciudad capital. Anteriormente se llegaba a Palencia por camino de herradura, en la época del coronel Vicente Corado, se inició la construcción de una carretera por el lado de la mortera.

Con el cambio de autoridades, se suspendió el proyecto de ya unos tres kilómetros. Siendo presidente don Lázaro Chacón, se inicia la construcción de un nuevo tramo y que fue finalizado por el General don Jorge Ubico. Es de allí que se establece el transporte por camioneta, favoreciendo no sólo a la población humana sino también el traslado de productos agrícolas de la región hacia la capital.

Existieron además otras tres vías para llegar a Palencia, por la estación ferroviaria de El Fiscal, por el camino de Lavarreda, Rodriguitos, Los Tecomates y los Mixco y la de San José Pinula. Cabe destacar que Palencia fue un lugar de tránsito de la capital a oriente ya sea Jalapa o Chiquimula, de ahí que surja un incipiente comercio, pero en 1908 estas actividades palencianas se ven afectadas grandemente por el surgimiento del ferrocarril y es en El Fiscal con una magnífica estación a donde llega el auge comercial de la época.

2.2. Clima

Según boletín del INSIVUMEH, la estación meteorológica más cercana ubicada en el municipio de San José Pinula, con período de registro de 1968 a 1989, reporta temperaturas que varían de 11.7 a 22.8 °C, y precipitación pluvial anual de 1,639.30 milímetros, con característica de clima templado.

2.3. Topografía

Palencia alcanza una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar (MSNM), y tiene una extensión territorial de 8 kilómetros cuadrados, unas 20 caballerías, aproximadamente. Posee una topografía accidentada.

2.4. Suelo

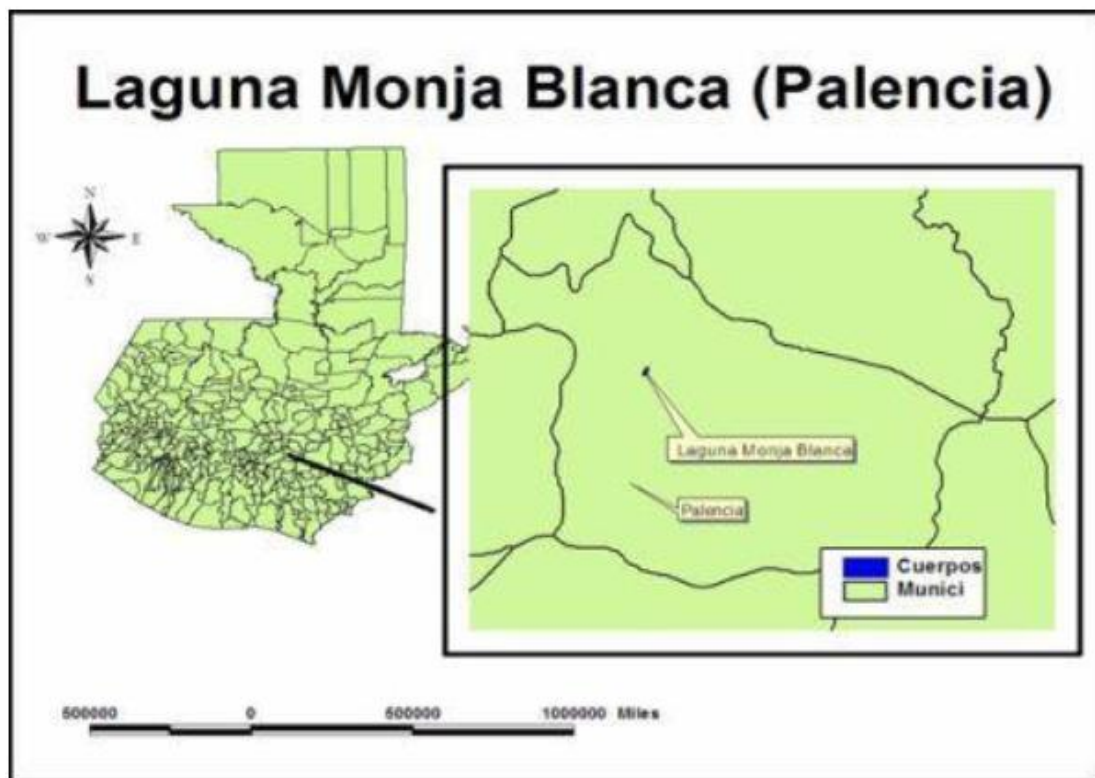
Los suelos del área de Monja Blanca corresponden al tipo de suelos de la altiplanicie central, perteneciente al subgrupo de los suelos poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados, específicamente identificados como: Fraijanes, Jalapa, Jigua y Pinula.

Estos suelos se caracterizan por pendientes escarpadas con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados que no se adaptan para la producción de cultivos limpios, el drenaje interno a través del suelo es rápido y su capacidad de abastecimiento de humedad es baja. Gran parte del área se ha usado para la producción de cultivos con métodos rudimentarios, que han desarrollado una seria erosión en muchos lugares.

2.5. Caracterización de la cuenca de la laguna

Según se comenta por pobladores de la comunidad, la laguna Monja Blanca, ubicada en el Caserío del mismo nombre en el Casco Urbano del municipio de Palencia; se formó al principio como una acumulación de agua que por poca profundidad tendía a enturbiarse por falta de corriente; varias Administraciones Municipales no se preocuparon por brindarle mantenimiento o mejoramiento. Fue hasta la llegada del alcalde Guadalupe Alberto Reyes Aguilar, quien, al observar su abandono, por épocas desérticas y por otras fangosa; decidió trabajar en su recuperación y mejoría.

Figura 1. Mapa de la laguna Monja Blanca, Palencia, Guatemala



Fuente: Ubicación Geográfica (SIG-MAGA-2009)

2.5.1. Morfometría de la laguna Monja Blanca

Las siguientes características de la laguna Monja Blanca, se obtuvieron por medio de la herramienta de dibujo Civil 3D y un mapa escala 1: 50,000 obtenido de la universidad de Texas, USA.

Figura 2. Forma de la laguna Monja Blanca



Fuente: Mapa escala 1:50 0000, Universidad de Texas, EE.UU.

Área de la laguna: 0.07 km²

Ancho de la laguna: 0.11 km

Largo de la laguna: 0.51 km

Profundidad máxima: 1.00 m

Volumen aproximado: 7×10^{-5} km³

2.5.2. Coordenadas de la ubicación del estudio

Figura 3. **Coordenadas de ubicación de la laguna Monja Blanca**

Coordenadas de Laguna Monja Blanca	
14°41'31.2"N	90°21'10.9"W
14.691994	-90.353032

Fuente: Ubicación Geográfica (SIG-MAGA-2009)

2.5.3. Usos del agua de la laguna

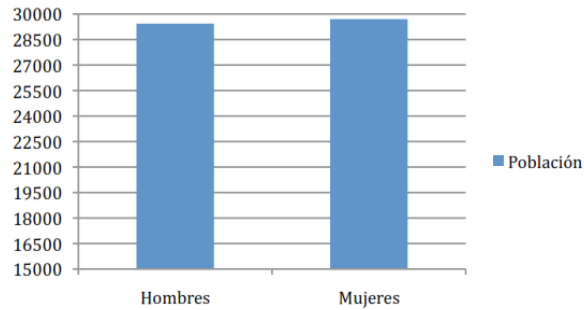
Los usos que se le da al agua de la laguna Monja Blanca son únicamente la práctica de la pesca por parte de los pobladores y turistas.

2.5.4. Poblacion

Según proyección del Instituto Nacional de Estadística, INE, para el año 2011, el municipio de Palencia registra una población de 59,139 habitantes, en donde 29,434 son hombres (49.77 %) y 29,705 mujeres (50.23 %).

A continuación, se muestra la gráfica por sexo de hombre y mujer del municipio de Palencia, Guatemala.

Figura 4. **Población por sexo en el municipio de Palencia**

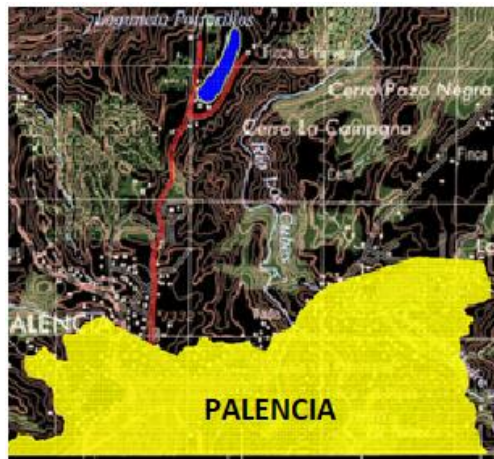


Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Palencia, 2015-2025.

2.5.5. Distancia de la Laguna Monja Blanca respecto a la población

La distancia entre la laguna Monja Blanca y el municipio de Palencia es de 3.00 kilómetros. En la línea roja que se muestra en el mapa anterior, se podrá observar la ruta del municipio a la laguna.

Figura 5. **Ubicación de la población**



Fuente: Mapa escala 1:50 000, Universidad de Texas, USA.

2.5.6. Servicio de agua potable

La mayoría de familias tienen acceso al agua potable, pero todavía se necesita proveer de drenajes a muchas comunidades del municipio.

En el caso urbano se tiene una cobertura de un 80 % y un 70 % en El Fiscal, pero en comunidades como El Paraíso, únicamente se tiene una cobertura del 30 %. La cobertura del servicio de agua potable es de 69 % en el municipio.

Figura 6. **Gráfico de servicio del agua**



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Palencia 2015-2025.

2.5.7. Servicio de saneamiento básico

El municipio tiene una cobertura de 43.30 % de hogares con acceso de servicios de saneamiento y una población cubierta del 40.30 %, lo que indica que se debe enfocar esfuerzo por aumentar la cobertura de tan importante servicio.

2.5.8. Saneamiento ambiental

La explotación irracional de los recursos naturales, el crecimiento población y la falta de conservación y protección de los manantiales, cuenca y sub cuencas en el municipio ha provocado su deterioro en los últimos años. Manifestándose una pérdida acelerada de la productividad de los suelos, debido al establecimiento de sistemas de producción inapropiados, según la clase agrícola.

2.5.9. Sistema de drenajes

El total de hogares en el municipio es de 9,315, los cuales 8,099 disponen de algún tipo de sistema de servicio sanitario. Siendo estos conectados a una red de drenaje, fosa séptica o pozo ciego.

2.5.10. Desechos sólidos

En el área urbana los niveles de contaminación también han impactado el ambiente y la salud de sus habitantes. En el taller de planificación, se consultó si las comunidades contaban con un sistema de manejo de la basura y los métodos utilizados para la disposición de los desechos sólidos.

Los actores clave respondieron que en el municipio existen comités para que sus habitantes sean responsables del manejo de la basura domiciliar. Se consultó también como son tratados los desechos sólidos.

Las conclusiones indican que el 80 % de las comunidades no cuentan con una estrategia definida para el manejo de los desechos sólidos y las comunidades no cuentan con una entidad que dirija las acciones a tomar para el manejo de los mismos.

3. METODOLOGÍA

3.1. Visita preliminar

En la visita realizada el 5 abril 2017, en la cual se contactó a personas de la municipalidad para ver qué posibilidad habría de realizar un estudio limnológico en la laguna Monja Blanca, el encargado del área de medio ambiente en la municipalidad de Palencia es el Sr. Ítalo Marciscoberete, por lo tanto, el dio vía libre para realizar dicho estudio.

Adicional a esto también dio información de ciertos lugares cercanos a la laguna que podían proporcionar un bote o lancha para realizar la toma de mediciones, debido a que en los últimos años ha bajado el turismo, muchos de ellos decidieron venderlos o transportarlos a otro lugar, situación que hizo variar la modificación ampliamente del presupuesto inicial que se tenía para realizarlo, ya que se tuvo que realizar la compra de un bote “ZODIAC”.

Adicional, la municipalidad solicitó ya finalizado el estudio en la laguna Monja Blanca, una copia del estudio, ya que para ellos es muy importante tener dicha información para base de datos y así tomar medidas de prevención o mitigación basada en los resultados obtenidos del estudio.

3.2. Recursos humanos

- Investigado: Ing. Hassler Marroquin Rodas
- Asesor: Msc. Ing. Zenón Much Santos

3.3. Método de investigación descriptiva

La metodología para la toma de muestras en la laguna Monja Blanca se realizó, según las siguientes condiciones:

- Estructura geográfica de la laguna.
- Extensión o área (volumen)

3.4. Cálculo estadístico

Para determinar el número de muestras necesarias para realizar el estudio de la laguna Monja Blanca, se calculó el siguiente método estadístico basado en las siguientes características:

- Confiabilidad = 95 %
- Variables = Multivariable
- Precisión: $\frac{1}{4}$ desviación estándar

3.4.1. Datos para cálculo estadístico

- NC: Confiabilidad
- Z (95%) = 1.96
- Δ = Precisión
- σ^2 = Varianza

$$n = \frac{N C^2 \sigma^2}{\Delta^2}$$

$$n = \frac{N C^2 \sigma^2}{\left(\frac{\sigma}{4}\right)^2}$$

$$n = 4^2 (1.96)^2$$

n = 62 minimo de muestras

Según el cálculo estadístico se necesitarán 62 muestras como mínimo para obtener datos precisos y reales de la laguna Monja Blanca.

3.5. Normativa

La normativa utilizada para los puntos de muestreo y la toma de muestras es la (COGUANOR NTG/ISO 5667-4).

Esta norma establece los procedimientos de recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras de agua, desde su fuente hasta su ingreso al laboratorio, para el análisis de los parámetros. Y establece lo siguiente:

- Un punto de muestreo ubicado sobre la parte más profunda del lago es suficiente para los lagos que no muestran heterogeneidades en dirección horizontal.
- La frecuencia y tiempo de muestreo será una vez por mes en un período largo, de preferencia que se realice en época de invierno y época de verano para identificar las variedades en la calidad del agua.

- Los puntos muestreo deberán ser seleccionados, según las características del cuerpo de agua. De preferencia las muestras deberán ser tomadas al centro.

3.6. Toma de muestras para la investigación

Se realizarán 10 visitas para la toma de muestras, eso con el objeto de tener datos que puedan proporcionar información precisa.

Para la toma de muestras, se seleccionarán 3 puntos de muestreo al centro de la laguna. A cada punto de muestreo se le tomará muestras de agua a 3 profundidades distintas (superficial, perfil medio, perfil profundo).

- n = total de muestras
- V = visitas
- P = puntos de muestreo
- p = muestras a diferente profundidad

N Total de muestras = V visitas x P muestreo x P profundidades

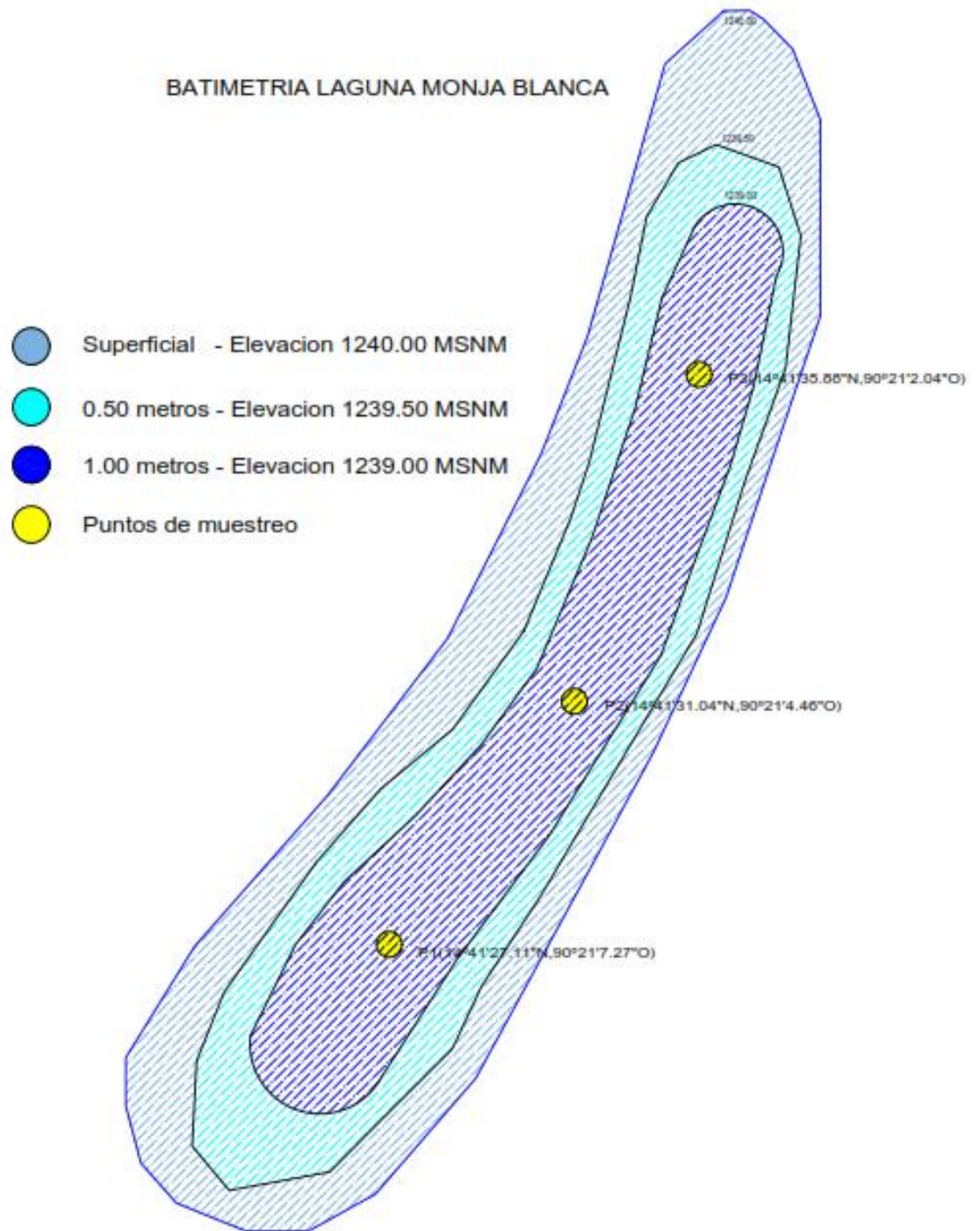
$$\mathbf{N = 10 \times 3 \times 3}$$

$$\mathbf{N= 90 \text{ muestras}}$$

3.7. Batimetría

En la siguiente imagen se muestra la batimetría de la laguna Monja Blanca, y la ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras.

Figura 7. **Batimetría y forma de la laguna Monja Blanca**



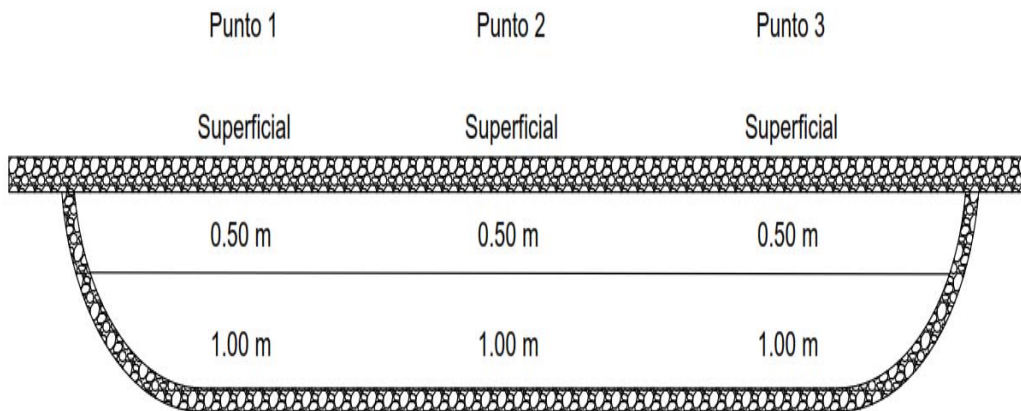
Fuente: elaboración propia.

3.8. Profundidad en toma de muestras

La profundidad máxima de la laguna Monja Blanca es de 1.00 metro de profundidad, por lo tanto, para la toma de muestras, se seleccionaron tres puntos de muestreo distintos a tres diferentes profundidades. Las profundidades analizadas fueron:

- Superficial
- 0.50 metros
- 1.00 metros

Figura 8. Esquema de toma de muestras



Fuente: elaboración propia.

3.9. Puntos de muestreo

Según la ubicación del estudio a realizar se decidió tomar como referencia tres puntos, estos se encuentran identificados en la imagen que se muestra continuación. Como la laguna únicamente cuenta con 0.07 km² (Relativamente

pequeña a comparación de otras) ubicaron los puntos en las áreas con más influencia dentro de la laguna. Estos puntos seleccionados son representativos de acuerdo con la ubicación de la laguna.

Figura 9. **Localización de puntos de muestreo**



Fuente: Google Earth Pro, consulta 5/6/2018

Tabla III. **Identificación de coordenadas de los puntos de muestreo**

Muestreo		
Punto	Latitud	Longitud
1	14°41'27.11"N	90°21'7.27"O
2	14°41'31.04"N	90°21'4.46"O
3	14°41'35.88"N	90°21'2.04"O

Fuente: elaboración propia.

3.10. Equipo utilizado

A continuación, se registra el equipo utilizado para captar muestras que serían examinadas posteriormente en el laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Dra. Alba Tabarini.

- Lancha
- 90 recipientes vacíos de 2 litro cada uno (9 por cada visita)
- Hielera para transporte de muestras
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Captador de muestras a profundidad según diseño
- Disco secchi
- Equipo Hach HQ 40d multiparametros

3.11. Procedimiento de toma de muestras

Se contó con un GPS para la información respectiva de cada punto, para crear rutas a seguir y ubicar los puntos.

Las muestras deben ser lo más homogéneas y representativas posible, y que en el momento de la extracción no se modifiquen las propiedades del agua que será analizada. Para un análisis fisicoquímico se requieren como mínimo dos litros de agua.

Se captó el agua en recipientes de dos litros, destapándolo y llenándolo rápidamente, sumergiéndolo a profundidades de 0, 50 y 100 centímetros. Inmediatamente se llenaron los recipientes, se taparon y se analizaron en menos de 24 horas en laboratorio, para obtener datos más confiables.

3.12. Toma de muestras *In situ*

Para determinar los parámetros *in situ* se utilizó un sistema Multi-Sonda YSI 556 (MPS). Los puntos en los cuales se sumergía la sonda son exactamente los mismos puntos en los cuales se captó el agua para análisis en laboratorio.

En cada punto se captó una muestra de agua a cada metro de profundidad para análisis posterior en el laboratorio, con el fin de determinar la variación de los nutrientes en el agua.

3.13. Parámetros determinados en el laboratorio

Los parámetros determinados en el laboratorio fueron: fósforo total, fosfatos, nitratos, nitritos, sólidos totales, sólidos suspendidos, cloruros, dureza total y alcalinidad total.

Debido a que se realizaron varios ensayos o análisis de laboratorio, fue necesaria la utilización del equipo solicitado según el parámetro que se requería determinar. En este caso se siguió el procedimiento establecido en el manual de

laboratorio de Química del curso de Química y Microbiología del Agua de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS).

3.14. Determinación de estado trófico

El estado trófico de la laguna Monja Blanca, se obtendrá por medio de la clasificación de OCDE y TSI.

Para la clasificación de OCDE se utilizará la tabla No. 2 en la página 6 y para la clasificación de TSI, se utilizará la tabla No.1 de la página 5 y las siguientes formulas en función de fosforo total y transparencia.

Claridad del agua (D_s)(m)	$TSI_{D_s} = 60 - 14.41Ln(D_s)$
Fosforo total (P_t) (mg/l)	$TSI_{P_t} = 14.42Ln(P_t) + 4.15$

3.15. Propuesta de plan de saneamiento

La metodología del plan de saneamiento tendrá como base el “Plan de Desarrollo Municipal 2011-2025” de Palencia y se enfocará en proponer acciones que estén enfocadas con los objetivos de desarrollo y los programas de acción.

Los objetivos y los programas de acción a las diferentes areas de desarrollo estarán sujetas a instituciones como (INAB, PINPEP, MARN, entre otros) y tendrán como objeto mantener el bienestar de la cuenca de la laguna Monja Blanca.

4. RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

4.1. *In situ*

Los resultados de las mediciones de parámetros in situ fueron tomados por medio de la sonda Hach 40d multiparametros. Fueron 10 muestreos realizados en 3 puntos distintos de la laguna. Los parámetros medidos In situ fueron:

- pH
- Conductividad eléctrica
- Temperatura
- Oxígeno disuelto

4.2. Fecha de toma de muestras

Tabla IV. Toma de muestras

Muestreo	Fecha	Estación
1	7/05/2017	Invierno
2	4/06/2017	Invierno
3	2/07/2017	Invierno
4	6/08/2017	Invierno
5	3/09/2017	Invierno
6	8/10/2017	Verano
7	22/10/2017	Verano
8	4/02/2018	Verano
9	18/02/2018	Verano
10	4/03/2018	Verano

Fuente: elaboración propia.

La toma de muestras se realizó en época de verano e invierno. Los muestreos realizados en época de invierno fueron (muestreo 1, muestreo 2, muestreo 3, muestreo 4 y muestreo 5) y los tomados en época de verano fueron (muestreo 6, muestreo 7, muestreo 8, muestreo 9 y muestreo 10)

4.3. Resultados de fósforo total, transparencia y oxígeno disuelto

Datos de los parámetros de fósforo total, transparencia y oxígeno disuelto de los muestreos realizados en la laguna Monja Blanca de manera superficial.

Tabla V. **Fósforo total, transparencia y oxígeno disuelto en muestreos**

Muestreo	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	Fósforo Total (mg/l)	Transparencia (m)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Transparencia (m)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Transparencia (m)	Oxígeno disuelto (mg/l)
1	0.80	0.10	5.62	0.83	0.10	5.75	0.81	0.10	5.71
2	0.78	0.10	5.48	0.75	0.15	5.36	0.73	0.15	5.52
3	0.75	0.15	5.36	0.72	0.15	5.31	0.71	0.15	5.45
4	0.70	0.15	5.42	0.74	0.15	5.36	0.73	0.15	5.38
5	0.67	0.15	5.44	0.64	0.15	5.39	0.66	0.15	5.37
6	0.66	0.20	6.40	0.71	0.20	6.65	0.69	0.20	6.20
7	0.69	0.20	6.50	0.74	0.25	6.60	0.77	0.25	6.40
8	0.89	0.25	6.30	0.90	0.25	6.35	0.79	0.15	6.40
9	0.92	0.15	6.18	0.89	0.15	6.05	0.82	0.15	5.90
10	0.89	0.15	5.37	0.85	0.15	5.48	0.79	0.15	5.53
Mínimos	0.66	0.10	5.36	0.64	0.10	5.31	0.66	0.10	5.37
Máximos	0.92	0.25	6.50	0.90	0.25	6.65	0.82	0.25	6.40
Promedio	0.78	0.16	5.81	0.78	0.17	5.83	0.75	0.16	5.79

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Resultados clasificacion TSI

A continuación, se muestra la tabla de resultado en función el fosforo total (mg/l) y transparencia (m) en la clasificación de Carson (TSI).

Tabla VI. **Fosforo total y transparencia clasificación TSI**

Dato	Fosforo Total (mg/l)	TSI	Grado Trofico
Punto 1			
Mínimos	0.66	97.77	Hipertrofico
Máximos	0.92	102.56	Hipertrofico
Promedio	0.775	100.08	Hipertrofico
Punto 2			
Mínimos	0.64	97.32	Hipertrofico
Maximos	0.9	102.24	Hipertrofico
Promedio	0.777	100.12	Hipertrofico
Punto 3			
Minimos	0.66	97.77	Hipertrofico
Maximos	0.82	100.90	Hipertrofico
Promedio	0.75	99.61	Hipertrofico

Dato	Transparencia (m)	TSI	Grado Trofico
Punto 1			
Minimos	0.1	93.18	Hipertrofico
Maximos	0.25	79.98	Eutrofico
Promedio	0.16	86.41	Eutrofico
Punto 2			
Minimos	0.1	93.18	Hipertrofico
Maximos	0.25	79.98	Eutrofico
Promedio	0.17	85.53	Eutrofico
Punto 3			
Minimos	0.1	93.18	Hipertrofico
Maximos	0.25	79.98	Eutrofico
Promedio	0.16	86.41	Eutrofico

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Resultados clasificacion OCDE

A Continuación, se muestra la tabla de resultado en función el fosforo total (mg/l) y transparencia (m) en la clasificación de OCDE.

Tabla VII. **Fosforo total y transparencia clasificación OCDE**

Dato	Fosforo Total (mg/l)	OCDE	Grado Trofico
Punto 1			
Minimos	0.66	> 0.10	Hipertrofico
Maximos	0.92	> 0.10	Hipertrofico
Promedio	0.775	> 0.10	Hipertrofico
Punto 2			
Minimos	0.64	> 0.10	Hipertrofico
Maximos	0.9	> 0.10	Hipertrofico
Promedio	0.777	> 0.10	Hipertrofico
Punto 3			
Minimos	0.66	> 0.10	Hipertrofico
Maximos	0.82	> 0.10	Hipertrofico
Promedio	0.75	> 0.10	Hipertrofico
Dato	Transparencia (m)	OCDE	Grado Trofico
Punto 1			
Minimos	0.1	< 0.7	Hipertrofico
Maximos	0.25	< 0.7	Hipertrofico
Promedio	0.16	< 0.7	Hipertrofico
Punto 2			
Minimos	0.1	< 0.7	Hipertrofico
Maximos	0.25	< 0.7	Hipertrofico
Promedio	0.17	< 0.7	Hipertrofico
Punto 3			
Minimos	0.1	< 0.7	Hipertrofico
Maximos	0.25	< 0.7	Hipertrofico
Promedio	0.16	< 0.7	Hipertrofico

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Datos *in situ*, superficial

Parametros Insitu	Unidades	7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018
PUNTO 1											
ph	U	7.4	7.36	7.34	7.5	7.41	7.38	7.6	7.5	7.52	7.62
conductividad Electrica	uS/cm	165.9	166.41	131.25	130.25	131.15	121.4	121.3	122	123	152
Temperatura	°C	30.7	30.5	29.7	30.4	30.2	29.4	30.4	30	30.6	30.1
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.52	5.62	5.48	5.36	5.42	5.44	6.4	6.5	6.3	6.18
PUNTO 2											
ph	U	7.42	7.41	7.51	7.55	7.52	7.53	7.48	7.6	7.58	7.56
conductividad Electrica	uS/cm	169.4	166.18	130.85	131.1	131.25	122.4	195.5	196	197	156
Temperatura	°C	30.2	30.3	29.5	30.5	30.4	29.6	30.5	30.2	30.4	30.5
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.83	5.75	5.36	5.31	5.36	5.39	6.65	6.6	6.35	6.05
PUNTO 3											
ph	U	7.36	7.39	7.42	7.6	7.38	7.42	7.42	7.45	7.5	7.48
conductividad Electrica	uS/cm	168.48	167.1	130.7	130.55	130.95	122.6	165.3	174.5	185	161
Temperatura	°C	29.8	30.4	30.1	30.2	30.1	29.5	30.2	30.3	30.6	30.7
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.72	5.71	5.52	5.45	5.38	5.37	6.2	6.4	6.4	5.9

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Datos *in situ*, 0.50 metros

Parametros Insitu	Unidades	7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018
PUNTO 1											
ph	U	7.6	7.51	7.65	7.75	7.72	7.67	7.68	7.7	7.68	7.73
conductividad Electrica	uS/cm	166.1	166.15	129.31	130.31	130.35	121.5	121.2	122.2	122.9	161
Temperatura	°C	27.3	27.4	27.7	28.8	28.7	27.6	28.8	28.7	28.8	28.1
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.3	5.36	4.59	4.55	4.62	4.89	5.46	5.5	5.4	5.8
PUNTO 2											
ph	U	7.58	7.46	7.62	7.72	7.68	7.71	7.66	7.65	7.65	7.68
conductividad Electrica	uS/cm	169.2	168.25	130.3	130.6	130.75	122.7	197.1	197.7	197.5	168
Temperatura	°C	27.3	27.3	27.4	28.4	28.5	27.7	28.4	28.5	28.7	28.4
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.45	5.42	4.89	4.82	4.77	4.75	5.99	5.6	5.5	5.6
PUNTO 3											
ph	U	7.52	7.49	7.56	7.68	7.65	7.68	7.58	7.6	7.62	7.61
conductividad Electrica	uS/cm	169.39	168.39	129.71	130.71	130.6	122.5	171.2	174	190	170
Temperatura	°C	27.4	27.6	27.9	28.1	28.3	27.6	28.1	28.3	28.7	28.5
Oxigeno Disuelto	mg/L	5.38	5.39	4.95	4.91	4.81	4.84	5.85	5.7	5.4	5.35

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Datos *in situ*, 1.00 metros

Parametros Insitu	Unidades	7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018
PUNTO 1											
ph	U	7.64	7.58	7.74	7.7	7.75	7.72	7.71	7.7	7.74	7.81
conductividad Electrica	uS/cm	165.6	166.28	130.6	131.62	131.65	122.5	121.4	121.9	122	172
Temperatura	°C	25.3	25.2	25.6	25.7	25.5	25.7	25.7	25.6	25.7	25.4
Oxigeno Disuelto	mg/L	4.57	4.37	4.38	4.34	4.38	4.42	5.35	5.15	5	4.7
PUNTO 2											
ph	U	7.61	7.63	7.78	7.76	7.66	7.73	7.62	7.67	7.71	7.78
conductividad Electrica	uS/cm	168.3	167.3	130.71	130.75	130.85	122.8	194	195.6	197.6	185
Temperatura	°C	25.6	25.4	25.4	25.5	25.8	25.6	25.5	25.4	25.6	25.2
Oxigeno Disuelto	mg/L	4.81	4.55	4.75	4.65	4.62	4.65	5.55	5.2	4.9	4.9
PUNTO 3											
ph	U	7.62	7.48	7.62	7.71	7.56	7.6	7.64	7.58	7.7	7.72
conductividad Electrica	uS/cm	167.56	167.52	130.58	131.72	130.55	122.9	174.2	175	192	190
Temperatura	°C	25.1	25.3	25.5	25.8	25.3	25.4	25.8	25.9	25.7	25.5
Oxigeno Disuelto	mg/L	4.75	4.32	4.81	4.72	4.56	4.72	5.25	5.3	5.1	4.89

Fuente: elaboración propia.

4.4. Resultados de parámetros obtenidos en el laboratorio

Tabla XI. Datos de laboratorio, superficial

Punto	Parámetros	Unidades	Superficial											
			7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018		
1	dureza total	mg/l	100.00	70.00	50.00	44.00	70.00	70.00	64.00	62.00	66.00	68.00		
	cloruros	mg/l	25.00	19.00	14.00	12.50	15.00	16.00	15.00	14.50	16.50	14.50		
	alcalinidad	Bicarbonatos	52.00	48.00	50.00	54.00	44.00	50.00	46.00	48.00	52.00	50.00		
	nitratos	mg//NO3	0.44	0.53	35.64	36.08	19.36	24.64	19.80	18.48	16.72	17.16		
	fosfatos	mg//PO4	0.73	0.69	0.74	0.33	0.37	0.42	0.96	0.84	0.60	0.52		
	nitritos	mg//NO2	0.11	0.10	0.07	0.11	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11		
2	turbiedad	UTN	611.00	537.00	230.00	193.00	176.00	143.00	106.00	110.00	115.00	109.00		
	dureza total	mg/l	80.00	80.00	50.00	48.00	60.00	64.00	66.00	62.00	68.00	66.00		
	cloruros	mg/l	27.50	20.50	15.00	13.00	15.50	15.00	16.00	15.00	15.50	13.50		
	alcalinidad	Bicarbonatos	48.00	46.00	48.00	50.00	48.00	48.00	48.00	48.00	54.00	50.00		
	nitratos	mg//NO3	0.35	0.44	36.96	32.56	18.48	22.44	22.44	18.04	16.94	18.04		
	fosfatos	mg//PO4	0.58	0.60	1.55	0.27	0.30	0.38	0.38	0.40	0.56	0.42		
3	nitritos	mg//NO2	0.17	0.16	0.08	0.10	0.05	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10		
	turbiedad	UTN	613.00	525.00	224.00	198.00	173.00	142.00	107.00	105.00	110.00	111.00		
	dureza total	mg/l	100.00	70.00	50.00	50.00	40.00	56.00	58.00	60.00	64.00	62.00		
	cloruros	mg/l	22.50	18.00	14.00	12.50	15.00	15.50	15.50	14.50	15.50	11.00		
	alcalinidad	Bicarbonatos	50.00	48.00	44.00	48.00	44.00	52.00	42.00	44.00	50.00	54.00		
	nitratos	mg//NO3	0.26	0.40	32.56	27.72	25.08	23.32	21.12	18.26	16.94	17.60		
	fosfatos	mg//PO4	0.82	0.80	1.72	0.37	0.38	0.34	0.44	0.46	0.50	0.60		
	nitritos	mg//NO2	0.14	0.15	0.13	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10		
	turbiedad	UTN	612.00	518.00	233.00	195.00	174.00	145.00	105.00	106.00	109.00	112.00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Datos de laboratorio, 0.50 metros

Punto	Parametros	Unidades	0.50 m de profundidad											
			7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018		
1	dureza total	mg/l	110.00	90.00	50.00	48.00	60.00	64.00	56.00	60.00	62.00	72.00		
	cloruros	mg/l	25.00	20.00	16.00	12.50	16.50	16.00	17.50	16.50	17.50	15.50		
	alcalinidad	Bicarbonatos	50.00	46.00	48.00	55.00	50.00	50.00	52.00	50.00	56.00	52.00		
	nitratos	mg/l NO3	0.53	0.48	38.28	29.92	11.00	21.56	12.76	13.20	13.86	14.30		
	fosfatos	mg/l PO4	0.95	0.92	1.31	0.48	0.31	0.33	0.55	0.52	0.48	0.42		
	nitritos	mg/l NO2	0.06	0.06	0.11	0.06	0.08	0.07	0.10	0.10	0.12	0.14		
2	turbiedad	UTN	620.00	572.00	236.00	198.00	175.00	146.00	107.00	115.00	116.00	115.00		
	dureza total	mg/l	90.00	80.00	60.00	50.00	56.00	60.00	62.00	60.00	62.00	72.00		
	cloruros	mg/l	25.00	18.00	17.50	12.00	16.00	15.50	17.00	16.50	18.00	15.00		
	alcalinidad	Bicarbonatos	47.00	48.00	46.00	52.00	54.00	46.00	50.00	48.00	56.00	58.00		
	nitratos	mg/l NO3	0.48	0.48	36.96	25.96	12.32	20.24	14.08	13.64	14.08	16.94		
	fosfatos	mg/l PO4	1.05	1.02	1.72	0.29	0.57	0.37	0.82	0.78	0.68	0.40		
3	nitritos	mg/l NO2	0.13	0.13	0.15	0.12	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13		
	turbiedad	UTN	629.00	535.00	231.00	195.00	180.00	145.00	109.00	112.00	118.00	118.00		
	dureza total	mg/l	100.00	80.00	40.00	54.00	62.00	60.00	60.00	62.00	60.00	68.00		
	cloruros	mg/l	20.00	18.50	15.00	13.00	16.00	15.50	16.50	16.00	18.50	15.00		
	alcalinidad	Bicarbonatos	48.00	46.00	46.00	50.00	48.00	50.00	50.00	48.00	58.00	52.00		
	nitratos	mg/l NO3	0.44	0.53	35.64	27.28	15.40	20.68	16.72	14.52	13.64	16.28		
fosfatos	mg/l PO4	0.85	0.95	0.52	0.58	0.42	0.40	0.48	0.54	0.64	0.56			
nitritos	mg/l NO2	0.09	0.10	0.13	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.12	0.12			
turbiedad	UTN	618.00	524.00	236.00	200.00	178.00	145.00	108.00	111.00	117.00	119.00			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Datos de laboratorio, 1.00 metros

		1.00 m de profundidad											
Punto	Parametros	Unidades	7/05/2017	4/06/2017	2/07/2017	6/08/2017	3/09/2017	8/10/2017	22/10/2017	4/02/2018	18/02/2018	4/03/2018	
1	dureza total	mg/l	120.00	100.00	60.00	56.00	64.00	60.00	60.00	62.00	66.00	76.00	
	cloruros	mg/l	20.00	21.00	15.00	12.50	16.00	16.50	17.50	16.50	17.00	18.00	
	alcalinidad	Bicarbonatos	48.00	50.00	44.00	56.00	54.00	48.00	52.00	50.00	58.00	54.00	
	nitratos	mg/l NO3	0.66	0.62	36.52	30.80	30.36	18.92	6.16	8.80	9.24	10.34	
	fosfatos	mg/l PO4	1.08	1.10	2.21	0.55	0.94	0.26	0.27	0.31	0.36	0.37	
	nitritos	mg/l NO2	0.10	0.09	0.15	0.07	0.19	0.12	0.19	0.20	0.20	0.18	
	turbiedad	UTN	659.00	588.00	244.00	200.00	180.00	146.00	110.00	116.00	121.00	124.00	
2	dureza total	mg/l	100.00	90.00	70.00	58.00	60.00	60.00	62.00	62.00	66.00	72.00	
	cloruros	mg/l	22.50	19.50	15.00	12.50	16.00	15.00	17.00	16.00	16.50	17.00	
	alcalinidad	Bicarbonatos	44.00	46.00	40.00	54.00	56.00	44.00	58.00	56.00	60.00	58.00	
	nitratos	mg/l NO3	0.57	0.53	31.24	26.40	17.60	19.36	9.68	10.12	8.80	13.20	
	fosfatos	mg/l PO4	1.64	1.62	2.49	0.37	0.92	0.32	0.41	0.36	0.38	0.32	
	nitritos	mg/l NO2	0.13	0.12	0.14	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.21	0.15	
	turbiedad	UTN	636.00	562.00	240.00	202.00	187.00	149.00	114.00	115.00	123.00	126.00	
3	dureza total	mg/l	120.00	100.00	50.00	60.00	58.00	60.00	64.00	60.00	68.00	76.00	
	cloruros	mg/l	20.00	19.00	16.00	13.00	16.00	16.50	17.00	16.00	17.00	16.50	
	alcalinidad	Bicarbonatos	46.00	48.00	42.00	50.00	52.00	46.00	54.00	52.00	58.00	54.00	
	nitratos	mg/l NO3	0.53	0.53	32.12	21.56	21.12	18.48	14.52	10.56	10.12	12.76	
	fosfatos	mg/l SO4	0.97	1.05	2.71	0.33	0.88	0.56	0.52	0.38	0.42	0.51	
	nitritos	mg/l NO2	0.11	0.11	0.13	0.06	0.19	0.11	0.17	0.10	0.20	0.17	
	turbiedad	UTN	620.00	552.00	242.00	205.00	181.00	147.00	109.00	114.00	123.00	128.00	

Fuente: elaboración propia.

5. RESULTADOS DE GESTIÓN MUNICIPAL

Para generar un plan estratégico e integral deben considerarse componentes técnicos, científicos, sociales, culturales y económicos que permitan la ejecución y validación del mismo con pertinencia, permitiendo así, que la propuesta se ejecute y sirva como base para mejorar el desarrollo y bienestar del municipio de Palencia.

La propuesta de saneamiento de la cuenca de la laguna Monja Blanca, se basa principalmente de la misión y visión municipal que ha llevado a desarrollar el Plan de Desarrollo Municipal de Palencia 2011-2025 (PDM).

Figura 10. **Estructura para plan de saneamiento**



Fuente: elaboración propia, con base al PDM de Palencia.

5.1. Misión y visión de la municipalidad de Palencia

Tabla XIV. **Misión y visión de Palencia**

Misión	Visión
Somos una Administración Municipal que trabaja por la gente y para la gente, sin discriminación de raza o credo religioso, con un equipo de trabajo con experiencia, capaz, honrado, transparente y con vocación de servicio comunitario, para que los recursos sean dirigidos para atender las necesidades de la población de Palencia.	Ser una Administración que haga el cambio positivo en Palencia, promoviendo que los servicios de salud lleguen a cada comunidad , reduciendo la desnutrición infantil, que la calidad de vida de los pobladores mejore, a través de vías de acceso dignas, con servicios de agua potable, drenajes sanitarios y ornato , así mismo promover la educación en todos los niveles académicos, contribuir con proyectos productivos que permita a nuestros agricultores crecer en su economía e incentivar a la población a reforestar para tener un Municipio verde.

Fuente: elaboración propia, con base al PDM de Palencia.

5.2. Ranking municipal

Tabla XV. **Ranking municipal**

Índice de gestion municipal	R-45
Participacion ciudadana	R-175
Información a la ciudadanía	R-161
Servicios publicos	R-85
Gestion administrativa	R-16
Gestion Financiera	R-45
Gestion Estratégica	R-142

Fuente: elaboración propia, con base ranking municipal de Palencia.

En el cuadro anterior, se describen los resultados de la medición de la gestión municipal, mostrando los valores obtenidos en cada área y los resultados de la posición ocupada por la municipalidad de Palencia.

5.3. Marco institucional

Se identifican los siguientes actores de gestión, cada uno con atribuciones específicas dentro de su accionar mandatorio o reglamentario:

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde proteger la laguna Monja Blanca, la cual ha tenido un deterioro en sus características como cuerpo de agua y se encargara de verificar que se dé el cumplimiento de los reglamentos, a través de la Dirección General de Cumplimiento Legal, la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales y la Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales, la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas Hidrográficas.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social velará por la propuesta y el cumplimiento de la normativa de saneamiento ambiental y la capacitación continua y efectiva del inspector de saneamiento ambiental.

El Instituto de Fomento Municipal deberá fortalecer las capacidades técnicas y sociales de la Municipalidad de Palencia para que se transforme y pueda ser más eficiente, auto sostenible, que priorice y optimice los recursos.

El Instituto Nacional de Bosques, deberá promover y fomentar el desarrollo forestal en el municipio de Palencia, mediante el manejo sostenible de los bosques, reducir la deforestación de tierras de vocación forestal, promover la

reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, e incrementar su productividad.

El programa de Incentivos Forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal, tendrá como objeto dirigirse a personas que poseen terrenos menores a 15 Hectáreas y pagarles por sembrar árboles o dar manejo a los bosques naturales.

El Instituto Guatemalteco de Turismo, tendrá como objeto Impulsar el fortalecimiento y diversificación del turismo en la laguna Monja Blanca, de acuerdo al ordenamiento del espacio turístico nacional, establecido en el Plan Maestro de Turismo Sostenible de Guatemala 2015-2025.

La Municipalidad de Palencia será el ente rector de la toma de decisiones, a través del Consejo Municipal y el alcalde municipal, con el apoyo y colaboración del síndico, la Dirección de Obra Pública, el inspector de saneamiento ambiental y Ambiental siendo estas últimas, responsables de abanderar el desarrollo de todo el proyecto con enfoque preventivo.

Los centros educativos ubicados en el municipio de Palencia, se les brindará información por medio charlas y talleres sobre la importancia de la educación sanitaria en un municipio y el ente responsable de coordinar las actividades pertinentes será la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, (ERIS).

institucionalización de enfoques de racionalidad sustentable frente a las amenazas naturales, el manejo integral de los recursos Hidricos y la adaptación al cambio climático

5.4. Plan de desarrollo municipal de Palencia 2011-2025

La descripción del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia 2011-2025 (PDM) es la siguiente:

Para el 2025, el municipio de Palencia, se caracteriza por poseer una mejor cobertura y calidad de los servicios públicos, en donde la mayoría de la población tiene acceso a buenos servicios de salud y excelentes niveles educativos, lo que permite contar con mujeres y hombres agentes del desarrollo, con altos perfiles, comprometidos al mantenimiento y sostenimiento de políticas sociales, ambientales y económicas, se cuenta con una cultura de respeto hacia los recursos naturales.

La cobertura de drenajes se ha duplicado, por lo que los niveles de contaminación se han reducido, así como las tasas de morbilidad. Además, los índices de pobreza general y extrema han disminuido considerablemente, la brecha municipal se ha reducido, la tasa de escolaridad en el nivel primario continua al 100 % y la del nivel básico es de 95 % y diversificado es de 70 %, se tiene accesos a una buena educación técnica y superior. Todo lo anterior, obedece a las diferentes acciones emprendidas en los aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales. Las mejoras al sector salud, que incluyen la ampliación de la infraestructura, servicios y equipamiento, han permitido mantener en 0 la tasa de mortalidad materna, así como la de mortalidad infantil.

Existe una continua capacitación y asesoramiento hacia hombres y mujeres por parte de instituciones gubernamentales, no gubernamentales, privadas y educativas que han contribuido a potenciar el capital humano para generar desarrollo integral.

La recuperación y mantenimiento del nacimiento de agua, lagunas y ríos, hace que estos ya no presenten grados de contaminación. Lo anterior ha venido respondiendo al esfuerzo realizado por el municipio, el gobierno local, por contribuir a las metas de país vinculadas con los ODM.

Con las continuas campañas de reforestación y prácticas de reciclaje, se han hecho del ambiente un ambiente sano, de bienestar para sus pobladores. Las zonas boscosas han sido recuperadas.

Se cuenta con un municipio con una economía competitiva, impulsando tanto por las dinámicas comerciales que generan los centros de convergencia, así como el corredor turístico, proporcionando multiplicadores económicos en las distintas comunidades.

El buen funcionamiento del gobierno municipal e instituciones garantizan el beneficio de toda y todos sus habitantes, lo anterior potencializado principalmente por la desconcentración de los servicios públicos en micro regiones, que permite una eficaz y eficiente administración municipal.

Finalmente, la alta participación ciudadana, permite hacer Palencia un territorio con mejores niveles de vida, respetuoso de los derechos de sus pobladores, que constantemente genera más y mejores fuentes de empleo.

5.5. Objetivo de PDM

Contar con un instrumento de planificación con enfoque territorial y participativo que recoge la problemática social, económica, ambiental e institucional del municipio y, de forma priorizada, provea de la orientación estratégica necesario para alcanzar la superación de los ODM; así como, el

conocimiento social de lo local, el acondicionamiento básico y la instrumentación para la institucionalización de enfoques de racionalidad sustentable frente a las amenazas naturales, el manejo integral de los recursos hídricos y la adaptación al cambio climático.

5.6. Análisis FODA

El análisis FODA significa hacer una revisión y análisis de las fortalezas oportunidades, debilidades y amenazas de la situación ambiental actual de Municipio de Palencia. Este análisis, idealmente se realiza con representantes de las diferentes zonas del Municipio.

Tabla XVI. Análisis FODA

Fortalezas	Debilidades
<p>F1: La municipalidad de Palencia tiene autonomía en sus funciones por lo que se puede desarrollar diversos esfuerzos para mejorar los servicios.</p> <p>F2: Cuentan con un plan de desarrollo Municipal de Palencia donde abarcan diversos objetivos estratégicos a favor de mejorar el municipio.</p> <p>F3: Tiene garantizado un porcentaje de presupuesto anual proveniente del estado.</p> <p>F4: El alcalde y los miembros del Concejal Municipal son electos democráticamente para que velen por las necesidades ambientales del municipio.</p> <p>F5: Cuentan con muchos recursos naturales.</p>	<p>D1: La cobertura de los servicios básicos presenta déficit, sobre todo en drenaje y servicios de agua.</p> <p>D2: La cobertura de los servicios básicos presenta déficit, sobre todo en drenaje y servicios de agua.</p> <p>D3: Deficientes sistemas y controles en el cobro de las tarifas de los servicios.</p> <p>D4: Falta de cultura y educación sanitaria.</p> <p>D5: Poco apoyo del gobierno de Guatemala.</p> <p>D6: Falta de participación comunal.</p> <p>D7: Falta de mantenimiento a y protección a los recursos hidricos (lagunas y ríos).</p> <p>D8: Falta de mantenimiento a las calles de y accesos del municipio.</p>

<p>F6: Se cuenta con lugares ecoturísticos, los cuales pueden ser ingresos para el municipio de Palencia.</p> <p>F7: Se cuenta con muchas áreas verdes y boscosas.</p> <p>F8: Áreas de recreación para turismo.</p>	
Oportunidades	Amenazas
<p>O1: Reducción de desechos sólidos a nivel municipal.</p> <p>O2: Establecer un programa de reciclaje con separación de desechos.</p> <p>O3: Crear programas de educación sanitaria para la población del municipio, en especial para la población escolar.</p> <p>O4: Búsqueda de fuentes de financiamiento.</p> <p>O5: Reducción de contaminación ambiental.</p> <p>O6: Recuperación y protección de la laguna Monja Blanca.</p> <p>O7: Sitios de disposición final.</p> <p>O8: Diversas áreas para reforestación.</p>	<p>A1: Caminos en mal estado.</p> <p>A2: Desmejora la calidad de vida de los habitantes, afectándose principios legales como el derecho a tener un ambiente sano en armonía con la naturaleza.</p> <p>A3: Contaminación en general.</p> <p>A4: El manejo inadecuado de los desechos sólidos atenta contra la salud pública.</p> <p>A5: Contaminación de la laguna Monja Blanca.</p> <p>A6: Reducción de turismo al municipio.</p> <p>A7: Falta de conocimiento sobre el cuidado de medio ambiente.</p> <p>A8: No existe un manejo adecuado de la cuenca de la laguna Monja Blanca.</p> <p>A9: Deforestación que provoca escorrentías superficiales y deslaves, derrumbes, debilitación de recarga hídrica.</p>

Fuente: elaboración propia, con base al PDM de Palencia.

5.7. Ejes de desarrollo

El panorama municipal esquematizado a continuación es extraído del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia 2011-2025 (PDM), donde indica literalmente

los ejes de desarrollo, objetivos operativos, indicadores, programas, proyectos en los que se basara el Plan de Saneamiento propuesto posteriormente.

Tabla XVII. **Plan de desarrollo municipal de Palencia**

Plan de Desarrollo Municipal de Palencia 2011-2025 (PDM)
Ejes de desarrollo
<p align="center">Crecimiento y ordenamiento territorial</p> <p>La implementación de este eje responde al crecimiento acelerado, y acceso inmediato a la CA-09, lo que propicia que sea una ciudad dormitorio, trayendo consigo una mayor demanda de los servicios básicos, equipamiento urbano, áreas recreativas y áreas verdes para la convivencia social.</p> <p>La falta de conocimiento en el uso del suelo ha ocasionado que el cinturón agrícola se expande hacia áreas forestales provocando deforestación y erosión del suelo.</p> <p>Es entonces, por medio del abordaje de este eje, donde se implementará el ordenamiento territorial de Palencia, el cual respeta el cinturón del crecimiento urbano y agrícola, así como la estructura urbana, además prevé las áreas de circulación para peatones y vehículos son viabilidades en buen estado y nuevos accesos al municipio. Con la ejecución del Reglamento de construcción se regulan las edificaciones en cuanto al índice de construcción y ocupación, donde el paisaje urbano es complementario al entorno natural del municipio, optimizando los servicios básicos y equipamiento urbano.</p>
<p align="center">Servicios públicos de calidad y fortalecimiento institucional</p> <p>Este eje responde a las problemáticas y potencialidades principalmente en los sectores salud, educación, servicios básicos principalmente relacionados al limitado acceso, servicios de saneamiento, ya que estos servicios en su mayoría están concentrados en el área urbana, por lo que también se considera parte importante del planteamiento del desarrollo.</p> <p>Este eje es de importancia, debido a que a través del mismo se pretende dar respuestas a las necesidades básicas y fundamentales para garantizar el desarrollo integral, demandas que debido al crecimiento demográfico que enfrenta el municipio cada vez están en aumento.</p> <p>Es entonces a través de este eje en donde se pretende avanzar, como parte mayor, en bajar los índices de pobreza extrema. Por tanto, este eje asume el reto de reducir la pobreza desde una óptica social, mejorando el acceso a servicios básicos y sociales, los</p>

cuales implican competencias institucionales compartidas, algunas de dominio municipal y otras de entidades centrales.

Conservación y manejo del medio ambiente con gestión de riesgos

Este eje tiene implícito desarrollar acciones eficaces e innovadoras que implican promover el cuidado de los activos ambientales, mediante proyectos de saneamiento , protección y recuperación de recursos hídricos, gestión de riesgo, es decir, un plan de prevención y mitigación de riesgos y amenazas ante desastre naturales y antrópicos, principalmente en lo relacionado a la organización y capacitación de la población, responsabilidad ambiental, manejo sostenible de actividades productivas en lugares sensibles, así como la promoción del uso adecuado del agua entre la población y agentes económicos. Así mismo, se buscará el involucramiento de los sectores privados, sociales en la creación de atractivos turísticos de carácter urbano y rural.

Con el establecimiento de programas de educación ambiental y participación social que fomenten las conciencia ecológica se buscará la protección de fuentes de agua, conservación de suelos, bosques, contribuyendo como ya se mencionó al cumplimiento del ODM 7, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, específicamente a la meta 9 de país.

Fuente: elaboración propia, con base al PDM de Palencia.

5.8. Matrices de planificación del Plan del Desarrollo Municipal de Palencia (PDM)

El siguiente cuadro muestre los objetivos estratégicos del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia.

Tabla XVIII. **Objetivos estratégicos**

OBJETIVO ESTRATÉGICO 1.1					
Orientar el crecimiento de la población de Palencia, propiciando el mejor uso del territorio municipal de forma sostenible e integral					
No.	Objetivo Operativo	Indicador	Programas	Proyectos	Ubicación
1.1.1	Socializar una propuesta de cambios de uso de suelo a futuro con los actores que intervienen en la producción del municipio.	Para el año 2015, política de uso de suelo implementada	Programa de concientización y socialización del Plan Comprensivo.	Plan de usos de suelos	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraiso, El Triunfo, La Concepcion, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.
OBJETIVO ESTRATÉGICO 1.2					
Crear el mejor acceso y la mayor vialidad que permita el uso óptimo y adecuado de las vías de circulación y favorezca las dinámicas económicas del municipio					
No.	Objetivo Operativo	Indicador	Programas	Proyectos	Ubicación

1.2.5	Fortalecer la red vial del municipio	Puente construido para el año 2015	Mejorando nuestras vías de acceso	Construcción de Puente	Sacasbatal
		Avance de 50% anual a partir del año 2014.		Construcción de periferico La Joya-Palencia	La joya a Palencia
		El 10% de caminos vecinales anuales mejorados 2012.		Mejorar los caminos vecinales	Casco Urbano
		Acceso al municipio mejorado cada año a partir de 2011		Mejoramiento de calles de acceso al municipio	Casco Urbano
		Calle Real Mejorada		Ampliación de Calle Real en Palencia	Casco Urbano

OBJETIVO ESTRATÉGICO 2.1

Promover la dotación de servicios públicos de calidad así como la infraestructura básica fortaleciendo la institucionalidad pública en beneficio de los habitantes

No.	Objetivo Operativo	Indicador	Programas	Proyectos	Ubicación
2.1.10	Mejorar las condiciones de infraestructura básica propiciando el	Una planta de tratamiento por año, a partir del año 2012	Mejorando la calidad de los servicios	Construcción de plan de desechos sólidos	Cantón Agua Tibia, El Ojo de Agua, El Rincón de la Piedra, El Fiscal, Lomas de Azacualpilla, Los Mixcos, Potrero Grande, Sansur, El Triunfo

	acceso a servicios	una planta de tratamiento o por año a partir del año 2012		Construcción de plan de desechos líquidos	Cantón Agua Tibia, El Ojo de Agua, El Rincón de la Piedra, El Fiscal, Lomas de Azacualpilla, Los Mixcos, Potrero Grande, Sansur, El Triunfo
		Aumento del 10 % de cobertura anual en red de agua potable		Ampliación de redes de cobertura de agua potable	Cabecera municipal, Potrero Grande, El Paraíso, Marillanos, Tecomates, Lomas de Azacualpilla, Los Mixcos, El Triunfo.
		Planta Potabilizadora construida 2016		Construcción de planta potabilizadora	Casco Urbano
2.1.11	Satisfacer la necesidad de recolección de desechos sólidos de los lugares poblados del municipio	Tren de aseo implementado para el año 2016	Palencia limpia	Implementación de tren de aseo municipal	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraíso, El Triunfo, La Concepción, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.

OBJETIVO ESTRATÉGICO 3.1					
Utilizar de forma sostenible los recursos naturales renovables					
No.	Objetivo Operativo	Indicador	Programas	Proyectos	Ubicación
3.1.2	proteger el recurso forestal del municipio	Vivero construido 2016	Cuidando nuestros recursos naturales	Construcción de vivero forestal	Área con potencial forestal
		Bomberos funcionando para el año 2016		Habilitación de bombero forestales voluntarios	Área con potencial forestal
3.1.3	Capacitar a la población en edad escolar la importancia de conservación de los recursos naturales	25 % de establecimientos educativos emparten el curso a partir del año 2012		Difusión del curso (Teórico y Práctico) ambiental en los niveles primario, básico y diversificado.	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraíso, El Triunfo, La Concepción, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.
3.1.4	Implementar el control en el uso y manejo del agua en Palencia	Oficina capacitada	Capacitación de Personal para el monitoreo y evaluación de la calidad del agua	Oficina del agua	

3.1.5	Proteger las tierras con potencial forestal de Palencia	Area delimitada y registrada		Delimitación, recuperación, formulación y ejecución del plan de manejo del área boscosa del municipio	Áreas con potencial forestal
3.1.6	Proteger los atractivos naturales en el municipio de Palencia	1 Laguneta recuperada, protegida y manejada a partir del año 2016	Protejam os nuestro entorno natural	Proteccion y manejo de Laguna Monja Blanca	Caserio Monja Blanca
				Proteccion y manejo de Laguna El Manantial	Aldea El Manantial
				Proteccion y manejo de Laguna Potrero Grande	Aldea Los Mixcos
3.1.7	Proteger las areas forestales de Palencia	10% anual de area reforestada		Proyecto de reforestacion	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraiso, El Triunfo, La Concepción, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.

3.1.8	Implementar la siembra de árboles frutales como alternativas de generación de ingresos	2 comunidades anuales capacitadas para la siembra de árboles frutales	Diversificando nuestros cultivos	Programa de siembra de árboles frutales a las familias de Palencia	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraiso, El Triunfo, La Concepcion, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.
3.1.9	10% de comunidades capacitadas anuales a partir del año 2012	10% de comunidades capacitadas anuales a partir del año 2012	Palencia Alerta	Capacitacion a la poblacion para la gestion de riesgos	Casco urbano de Palencia y aldeas Azacualpilla, Buena Vista, El Bejucal, El Fiscal, El Manantial, El Manzanote, El Paraiso, El triunfo, La Concepcion, Lo De Silva, Los Anonos, Los Cubes, Los Mixcos, Los Planes, Los Tecomates, Marillanos, Piel de Cerro, Plan Grande, Primera Joya, Sanguayaba, Sansur y Yerbabuena.

Fuente: elaboración propia, con base al PDM de Palencia.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Discusión de resultados de estado trófico

A continuación, se muestran los datos estadísticos y la discusión de resultados de fosforo total y transparencia para determinación del estado trófico de la laguna Monja Blanca.

6.1.1. Fosforo total

Los resultados de fosforo total se encuentran en la tabla V y fueron comparados por dos clasificaciones de eutrofización (TSI y OCDE).

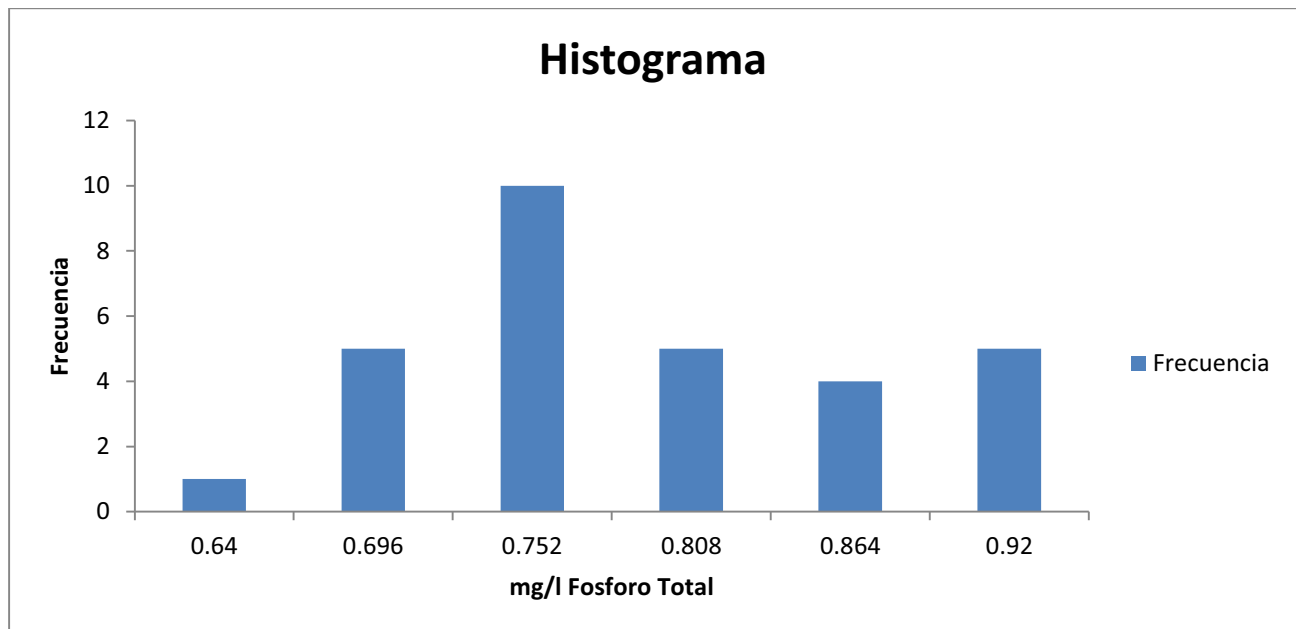
Tabla XIX. **Datos estadísticos de fosforo total superficial**

<i>Fosforo Total Superficial</i>	
Media	0.767333333
Error típico	0.014486881
Mediana	0.75
Moda	0.89
Desviación estándar	0.079347917
Varianza de la muestra	0.006296092
Curtosis	-0.823607203
Coficiente de asimetría	0.384355643
Rango	0.28
Mínimo	0.64
Máximo	0.92
Suma	23.02
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indican que los valores oscilan entre 0.64 mg/l y 0.92 mg/l con un valor promedio de 0.767 mg/l.

Figura 11. **Histograma de fosforo total**



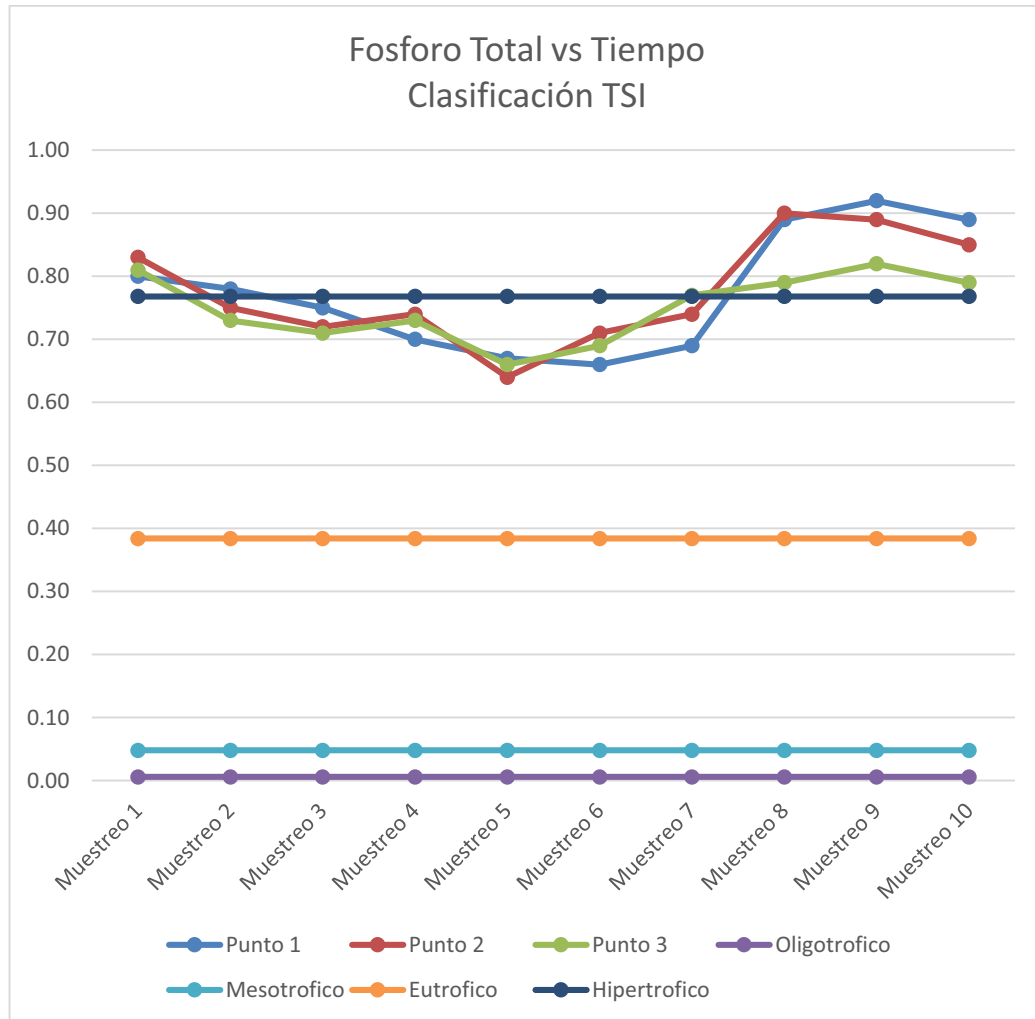
Fuente: elaboración propia.

6.1.1.1. **Fosforo total clasificación TSI**

En la siguiente gráfica, se comparan los niveles de estado trófico de la clasificación de Carson (TSI), con los datos de fosforo total obtenidos en los muestreos a lo largo del tiempo y se puede observar que la mayoría de datos se encontraban en un rango (0.80 mg/ a 0.60 mg/l).

El resultado obtenido de fosforo total promedio (0.767 mg/l), comparándolo con la clasificación TSI de Carson (99.94 TSI), indica que la laguna Monja Blanca se encuentra en un estado Hipertrófico.

Figura 12. **Fosforo total en el tiempo comparación TSI**



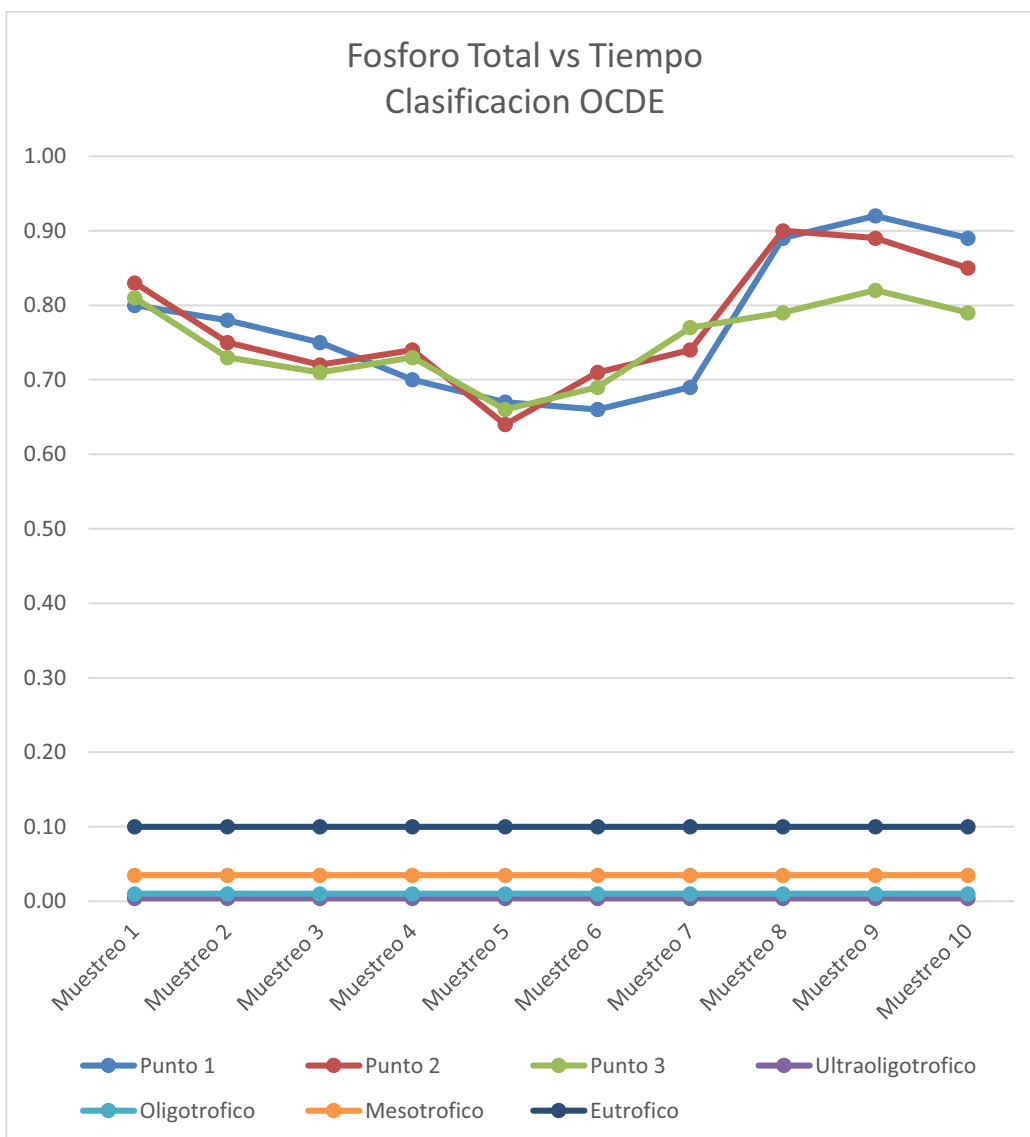
Fuente: elaboración propia.

6.1.1.2. Fosforo total clasificación OCDE

En la siguiente gráfica, se comparan los niveles de estado trófico de la clasificación OCDE, con los datos de fosforo total obtenidos en los muestreos a lo largo del tiempo y se puede observar que la mayoría de datos se encontraban en un rango (0.80 mg/ a 0.60 mg/l).

El resultado obtenido de fosforo total promedio (0.767 mg/l), Según la clasificación de la OCDE que es un intervalo más crítico, indica que la laguna Monja Blanca se encuentra de igual manera que la clasificación TSI, un estado Hipertrófico con un valor mayor a 0.10 mg/l.

Figura 13. Fosforo total en el tiempo comparación OCDE



Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Transparencia

Los resultados de transparencia se encuentran en la tabla V y fueron comparados por dos clasificaciones de eutrofización (TSI y OCDE) para determinar el estado trófico de la laguna Monja Blanca.

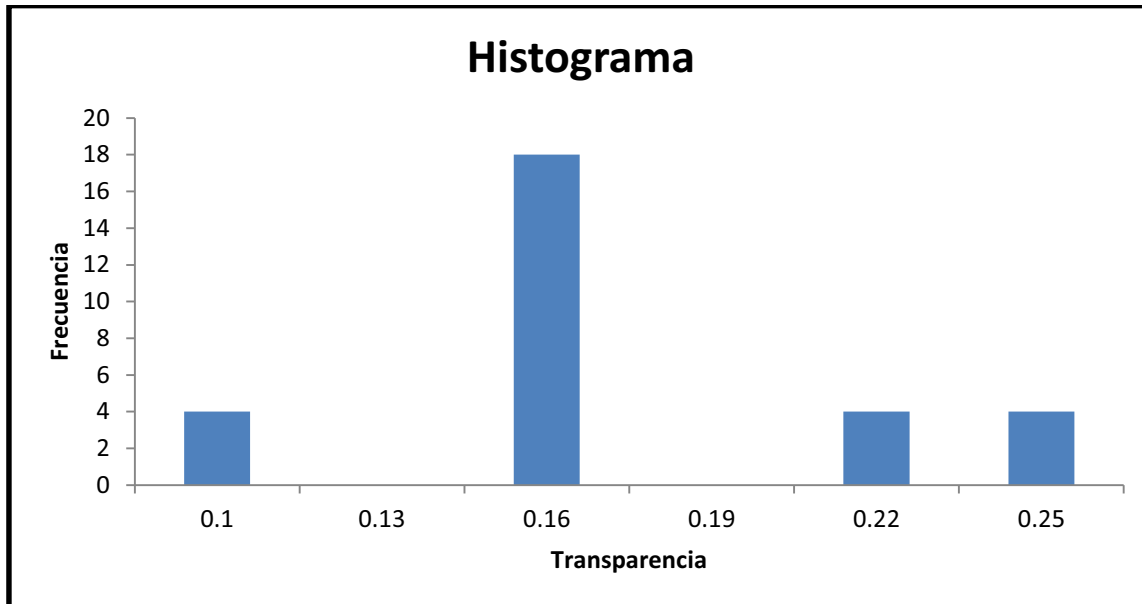
Tabla XX. **Datos estadísticos de transparencia**

<i>Estadística Descriptiva: Transparencia</i>	
Media	0.16333333
Error típico	0.00792687
Mediana	0.15
Moda	0.15
Desviación estándar	0.04341725
Varianza de la muestra	0.00188506
Curtosis	0.21795594
Coefficiente de asimetría	0.78646949
Rango	0.15
Mínimo	0.1
Máximo	0.25
Suma	4.9
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indican que los valores oscilan entre 0.10 m y 0.25 m con un valor promedio de 0.16 m.

Figura 14. **Histograma de transparencia**



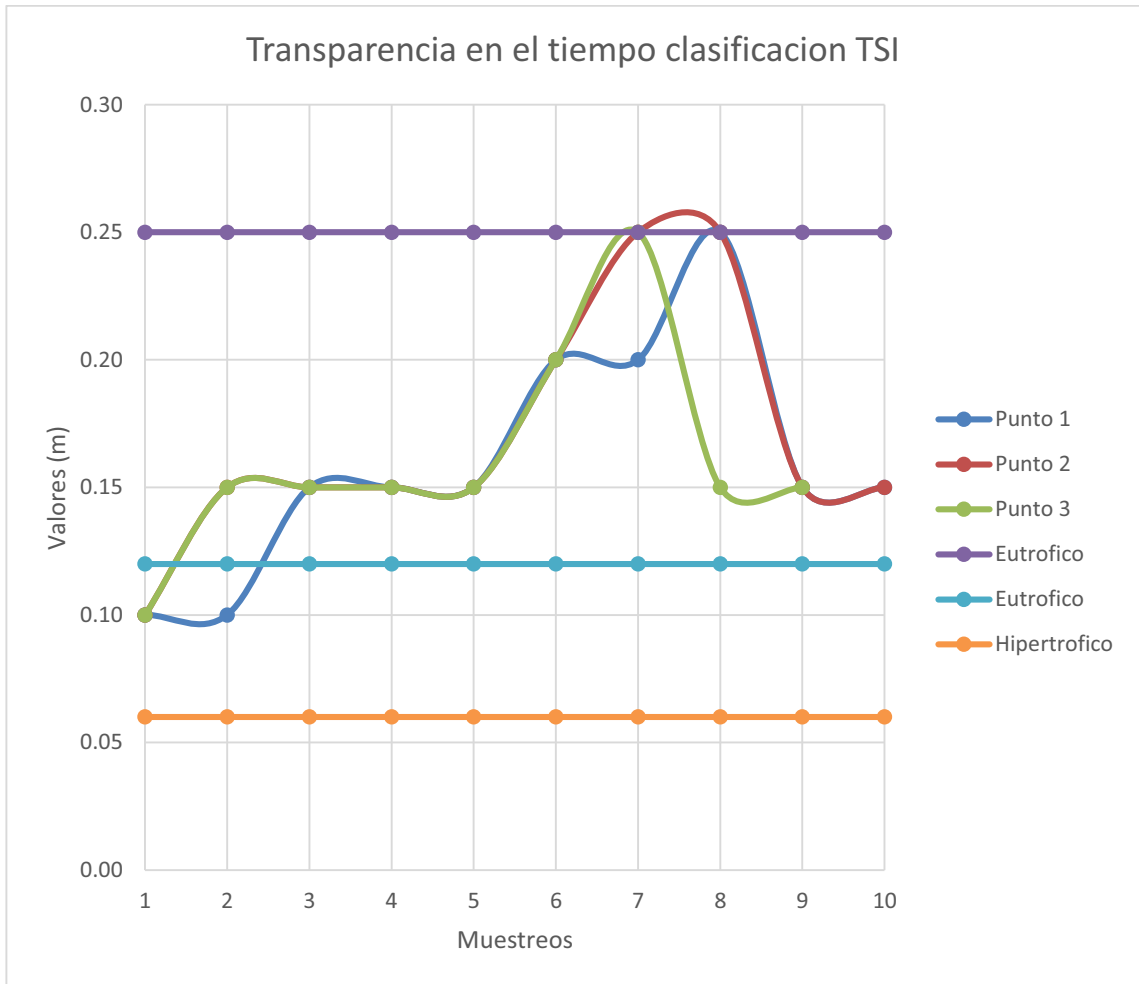
Fuente: elaboración propia.

6.1.2.1. Transparencia clasificación TSI

En la siguiente gráfica, se comparan los niveles de estado trófico de la clasificación de Carson (TSI), con los datos de transparencia obtenidos en los muestreos a lo largo del tiempo y se puede observar que la mayoría de datos se encuentran en un rango de (0.25 m a 0.12 m).

El resultado obtenido de transparencia promedio (0.16 m), comparandolo con la clasificación TSI de Carson (86.41 TSI), indica que la laguna Monja Blanca, se encuentra en un estado Eutrófico.

Figura 15. **Transparencia en el tiempo comparación TSI**



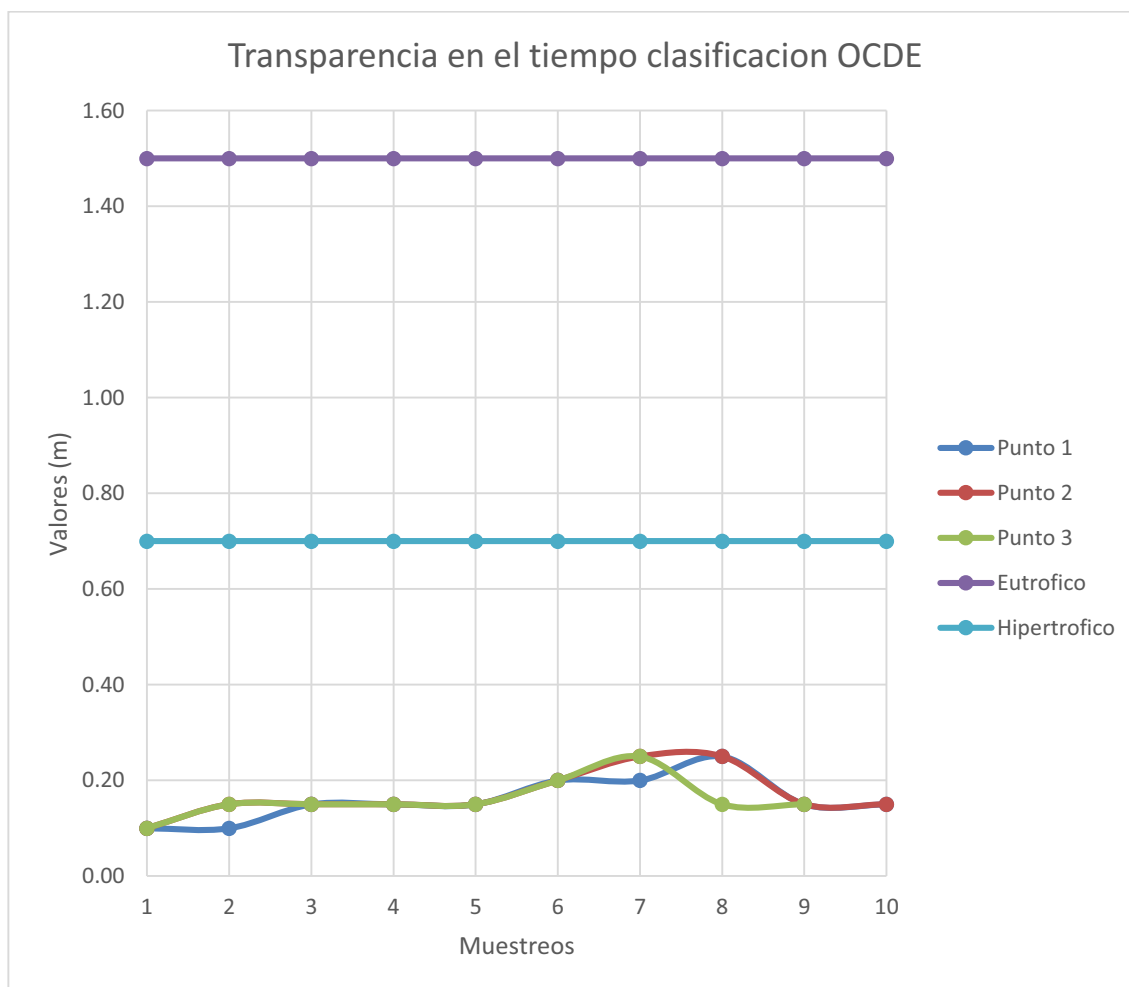
Fuente: elaboración propia.

6.1.2.2. **Transparencia clasificación OCDE**

En la siguiente gráfica, se comparan los niveles de estado trófico de la clasificación OCDE, con los datos de transparencia obtenidos en los muestreos a lo largo del tiempo y se puede observar que la mayoría de datos se encuentran en un rango de (0.25 m a 0.12 m).

El resultado obtenido de transparencia promedio (0.16 m), Según la clasificación de la OCDE que es un intervalo más crítico, indica que la laguna Monja Blanca se encuentra en un estado Hipertrófico con un valor menor de 0.75 m. Esta clasificación es más crítica que la TSI.

Figura 16. **Transparencia en el tiempo comparación OCDE**



Fuente: elaboración propia.

6.1.3. Análisis de estado trofico

Tabla XXI. Comparación de resultados de OCDE y TSI

Parámetro	Resultado	OCDE	Rango OCDE	Resultado TSI	Rango TSI	
Fosforo total (mg/l)	0.767	Hipertrófico	> 0.10	99.94 TSI	(90 -100)	Hipertrófico
Transparencia (m)	0.16	Hipertrófico	< 0.70	86.41 TSI	(60-90)	Eutrófico

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de fosforo total indican por medio de la clasificación TSI y OCDE que la laguna Monja Blanca se encuentra en un estado hipertrófico, por otra parte, los resultados de transparencia indican por medio de la clasificación TSI que la laguna se encuentra en un estado eutrófico y por parte de la calificación de OCDE se clasifica en estado hipertrófico.

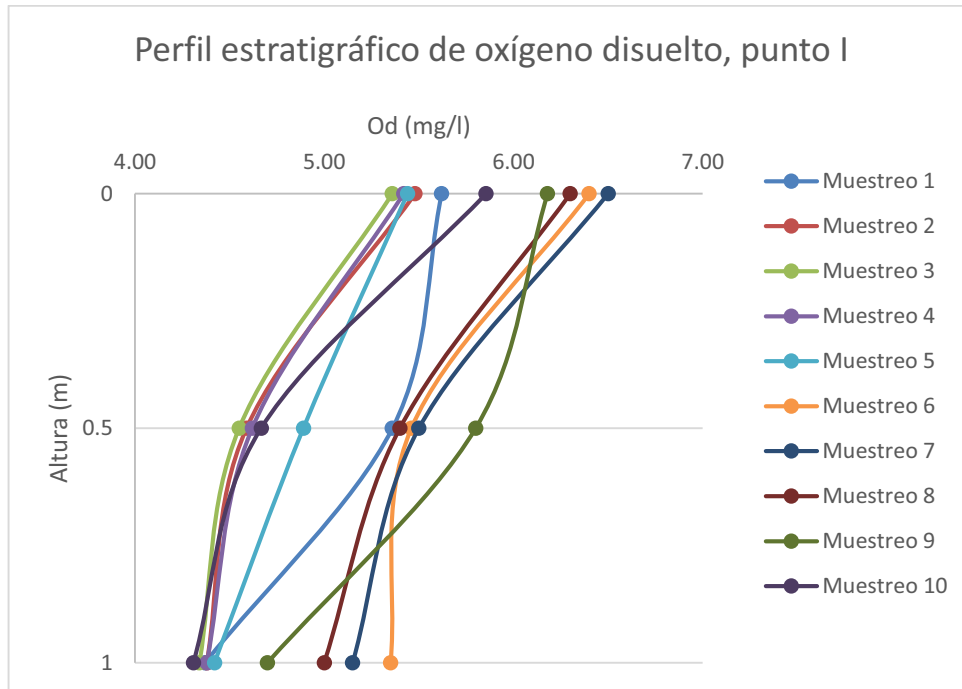
6.2. Discusión de resultados de parámetros *In situ*

A continuación, se muestra la discusión de resultado de los parámetros fisicoquímicos *in situ*.

6.2.1. Oxígeno disuelto

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de oxígeno disuelto en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

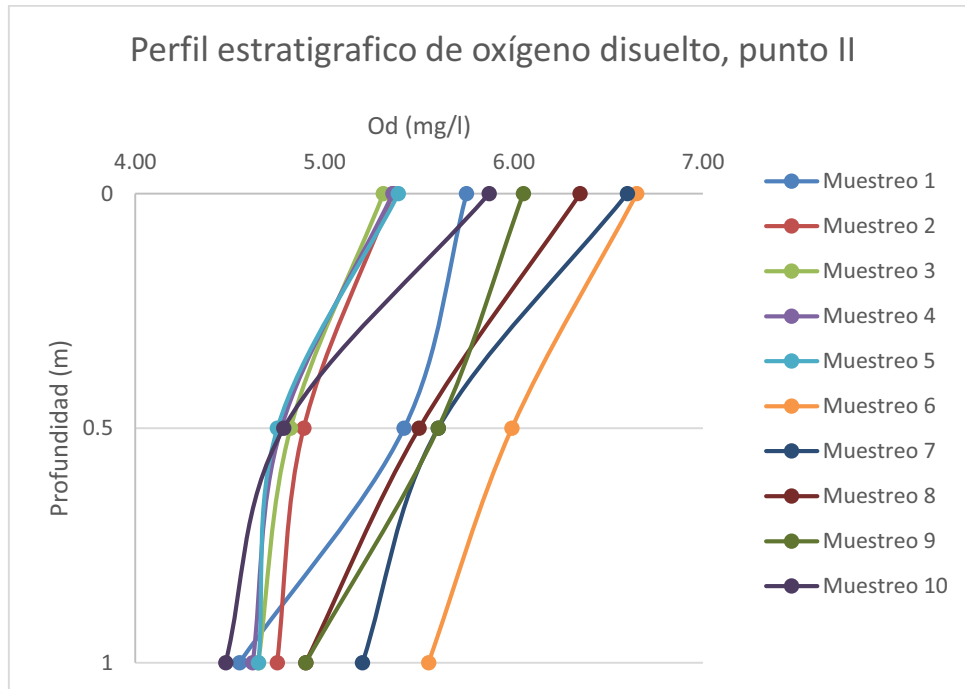
Figura 17. Perfil oxígeno disuelto, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de oxígeno disuelto en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento bastante definido, encontrándose un valor mínimo promedio de 4.64 mg/l a una profundidad de 1 metro y un valor máximo promedio de 5.86 mg/l a una profundidad superficial.

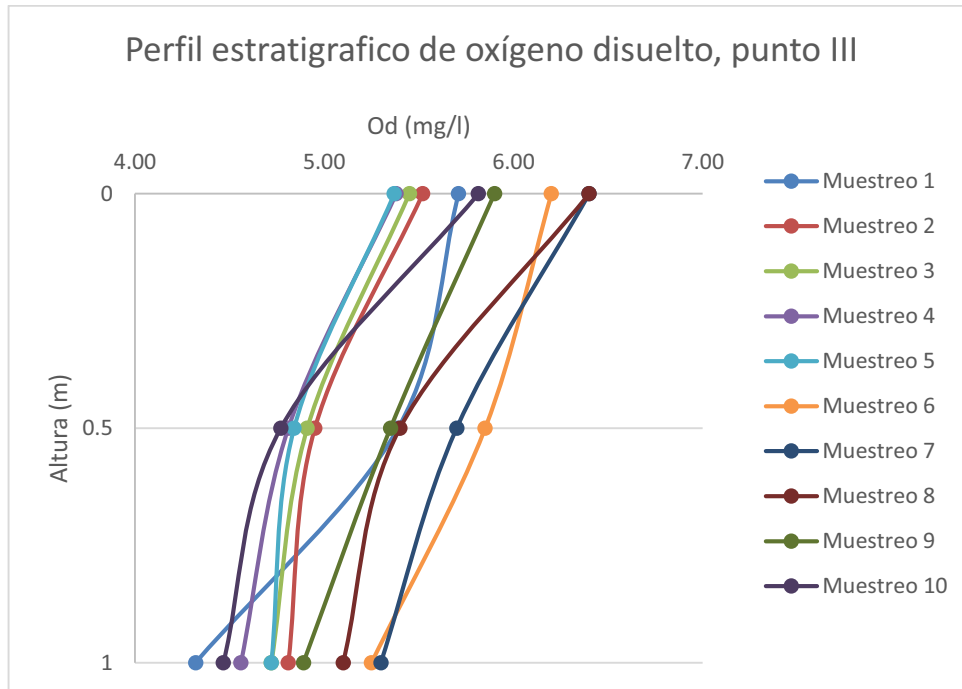
Figura 18. Perfil oxígeno disuelto, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de oxígeno disuelto, en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento bastante definido, encontrándose un valor mínimo promedio de 4.82 mg/l a una profundidad de 1 metro y un valor máximo promedio de 5.87 mg/l a una profundidad superficial.

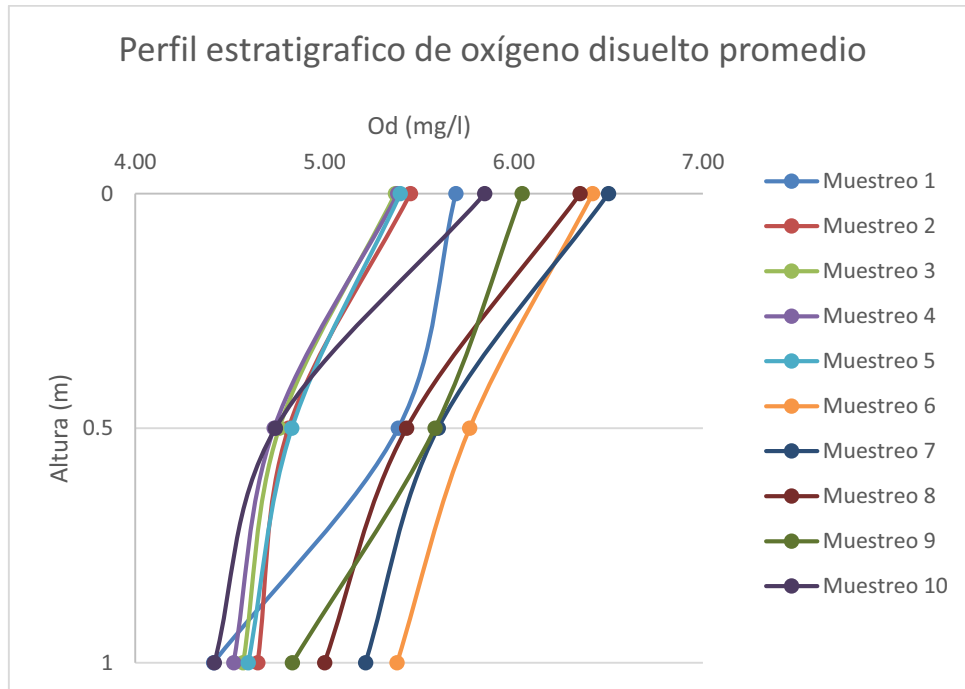
Figura 19. Perfil oxígeno disuelto, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de oxígeno disuelto, en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento bastante definido, encontrándose un valor mínimo promedio de 4.81 mg/l a una profundidad de 1 metro y un valor máximo promedio de 5.81 mg/l a una profundidad superficial.

Figura 20. Perfil oxígeno disuelto promedio



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de oxígeno disuelto promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento bastante definido, encontrándose un valor mínimo promedio de 4.76 mg/l a una profundidad de 1 metro y un valor máximo promedio de 5.85 mg/l a una profundidad superficial.

Los valores de oxígeno disuelto mostrados en las gráficas anteriores indican que la concentración de oxígeno disuelto disminuye conforme a la profundidad, es decir, mayor profundidad menor la concentración de oxígeno disuelto.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

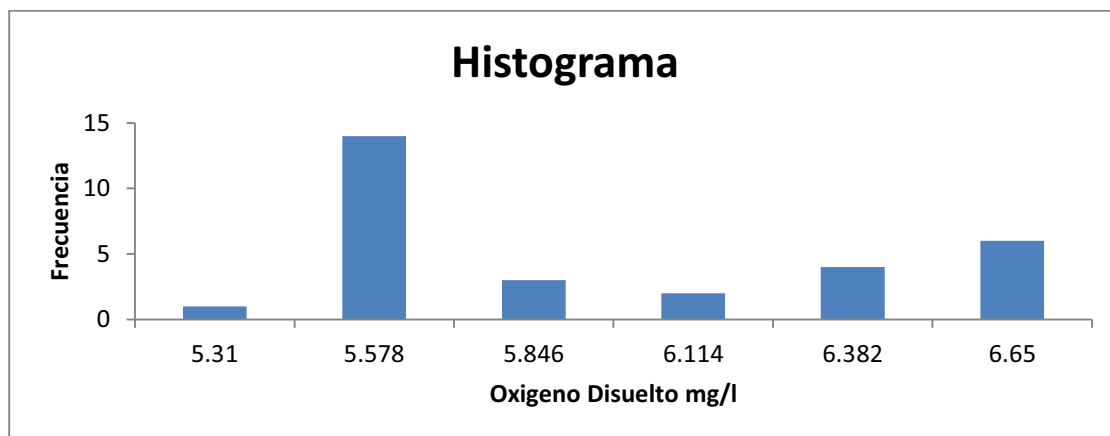
Tabla XXII. **Resultados estadísticos de oxígeno disuelto superficial**

<i>Oxigeno Disuelto Superficial</i>	
Media	5.80783333
Error típico	0.0843363
Mediana	5.5765
Moda	5.36
Desviación estándar	0.46192895
Varianza de la muestra	0.21337835
Curtosis	-1.38051001
Coficiente de asimetría	0.54963524
Rango	1.34
Mínimo	5.31
Máximo	6.65
Suma	174.235
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 6.65 mg/l y 5.31 mg/l con un valor promedio de 5.81 mg/l.

Figura 21. **Histograma de oxígeno disuelto superficial**



Fuente: elaboración propia.

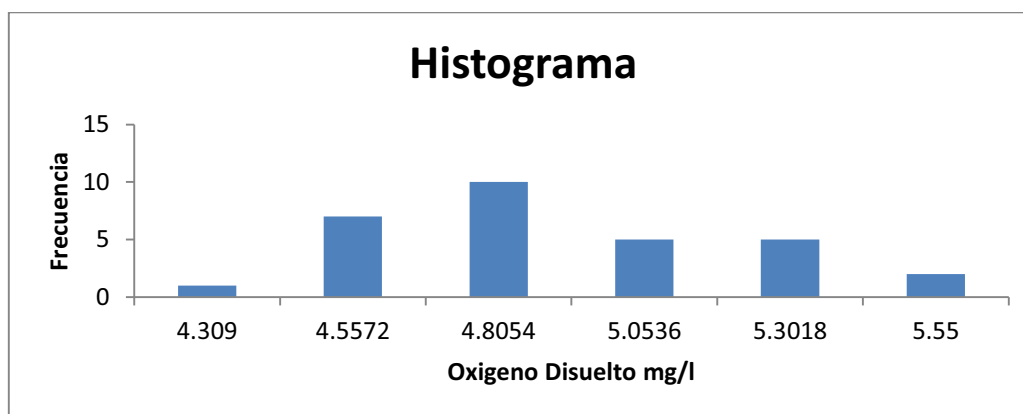
Tabla XXIII. Resultados estadísticos de oxígeno disuelto 1.00 metro

<i>Oxigeno Disuelto 1.00 m</i>	
Media	4.77296552
Error típico	0.06446746
Mediana	4.72
Moda	4.38
Desviación estándar	0.34716788
Varianza de la muestra	0.12052553
Curtosis	-0.6299872
Coefficiente de asimetría	0.51259094
Rango	1.241
Mínimo	4.309
Máximo	5.55
Suma	138.416
Cuenta	29

Fuente: elaboración propia.

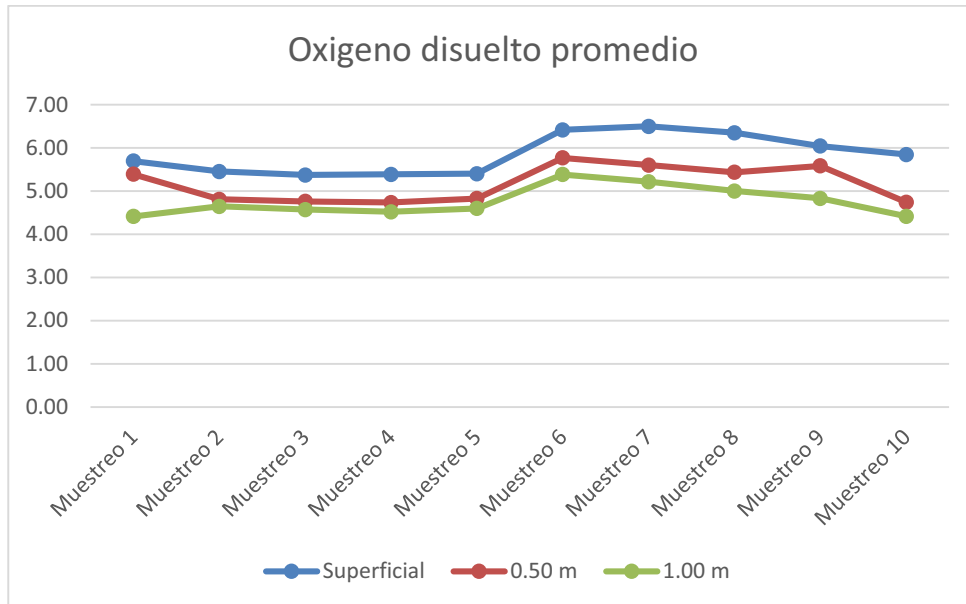
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 5.55 mg/l y 4.31 mg/l con un valor promedio de 4.77 mg/l.

Figura 22. **Histograma de oxígeno disuelto 1.00 metros**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Oxígeno disuelto promedio en el tiempo**



Fuente: elaboración propia.

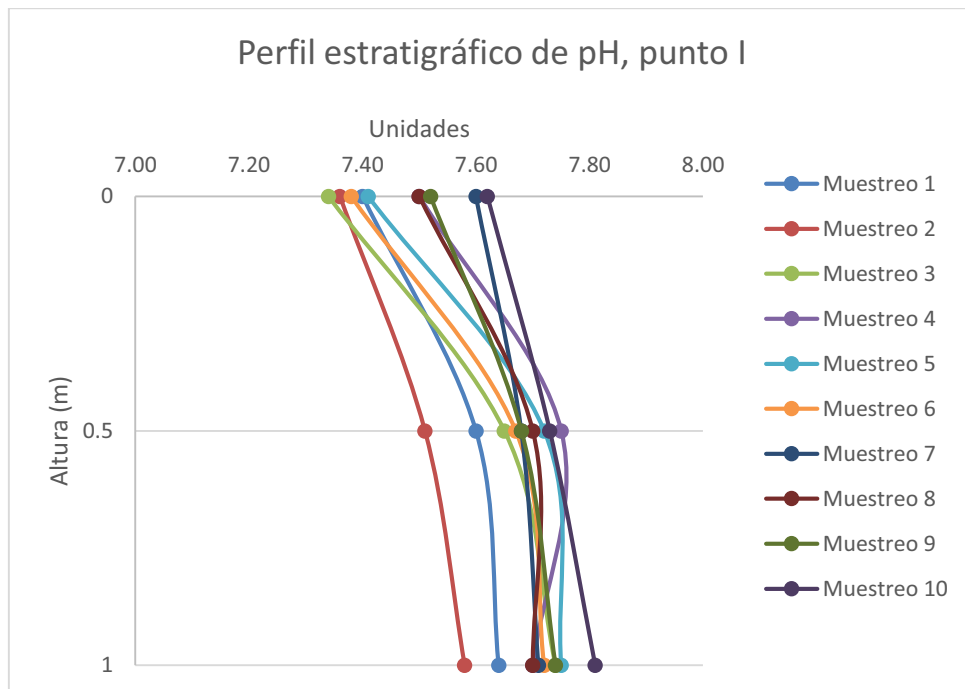
En la gráfica de oxígeno disuelto en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, el comportamiento es muy definido a través del tiempo teniendo un dato máximo de 5.87 mg/l y un dato mínimo de 4.64 mg/l. Los valores normales de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua para que exista vida acuática son entre 7 y 8 mg/l, pero a pesar que no se tienen esos datos de oxígeno disuelto la laguna cuenta con vida acuática.

6.2.2. Potencial de hidrógeno

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de potencial de hidrógeno en los tres puntos de muestreo.

En las gráficas se podran ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

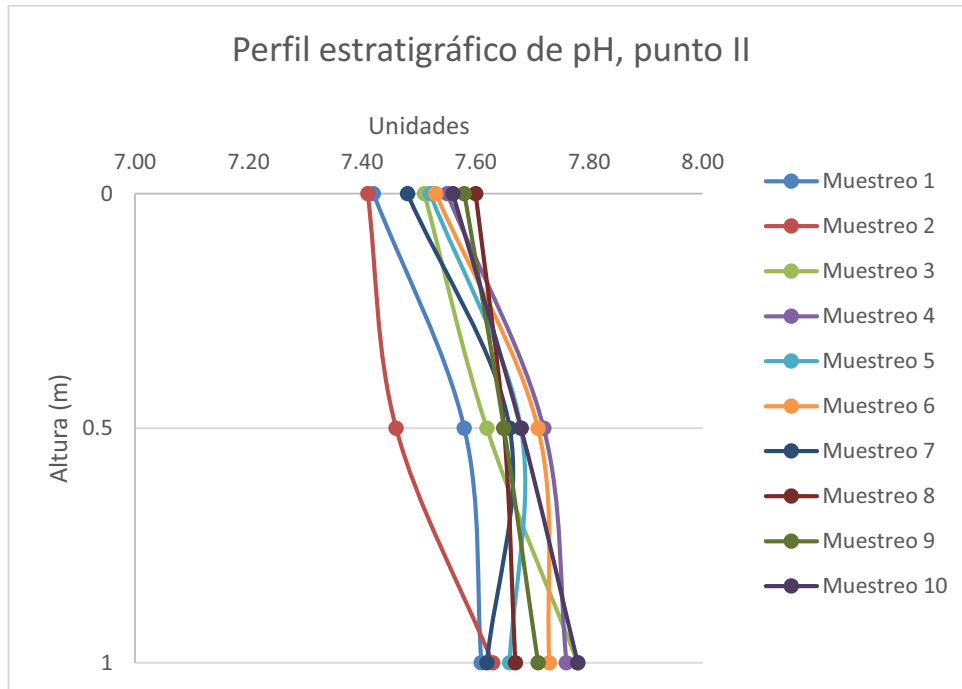
Figura 24. Perfil de potencial de hidrógeno, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de pH en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento bastante definido y con pocas variaciones en los resultados, teniendo un pH promedio de 7.61 unidades.

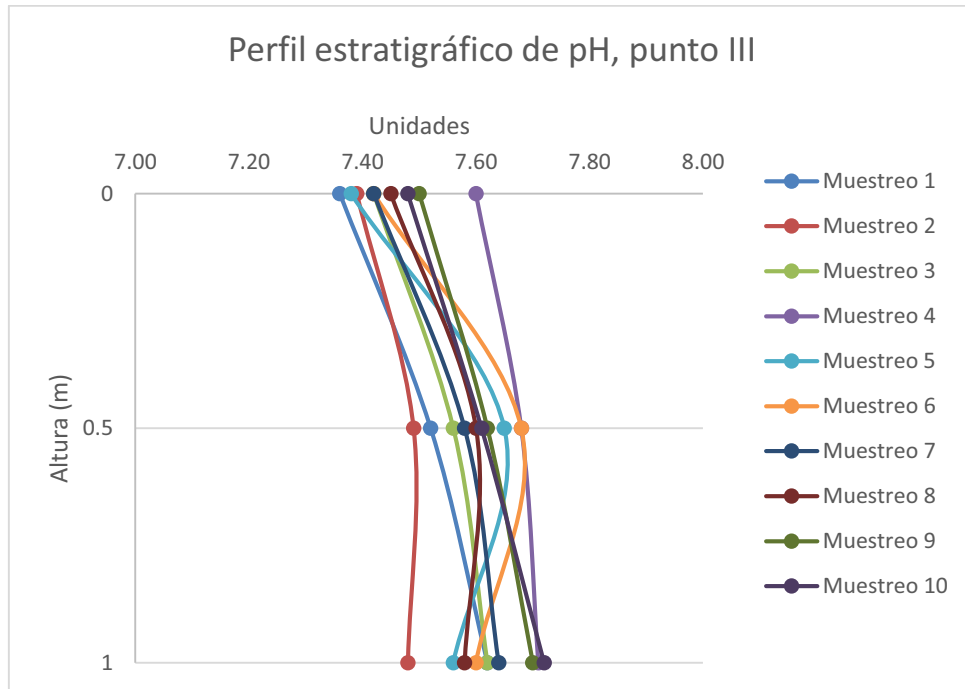
Figura 25. Perfil de potencial de hidrógeno, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de pH en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento bastante definido y con pocas variaciones en los resultados, teniendo un pH promedio de 7.62 unidades.

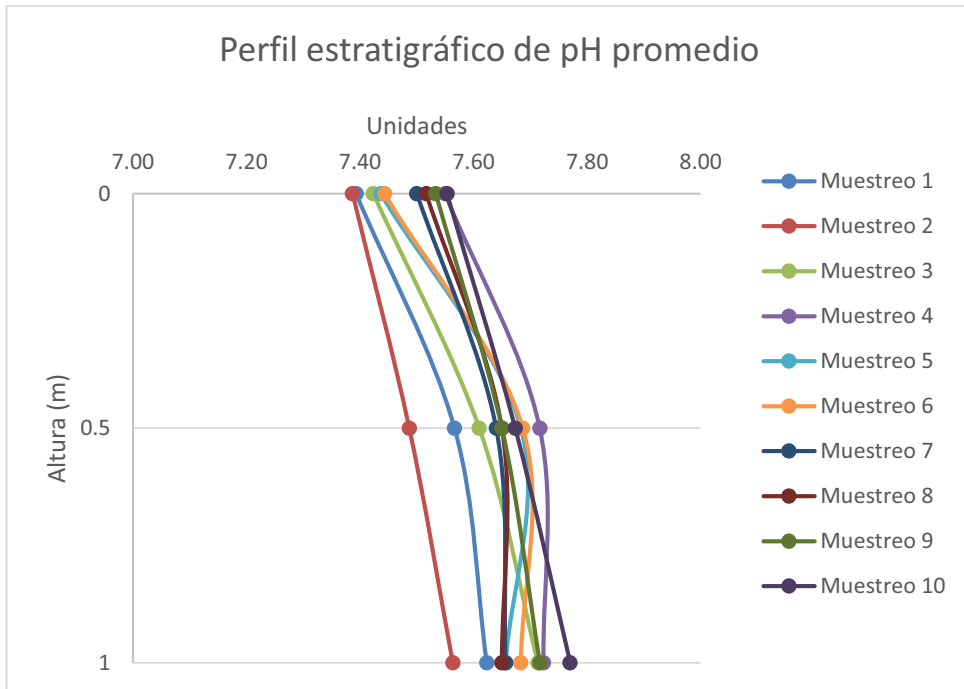
Figura 26. Perfil de potencial de hidrógeno, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de pH en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento bastante definido y con pocas variaciones en los resultados, teniendo un pH promedio de 7.55 unidades.

Figura 27. Perfil de promedio de potencial de hidrógeno



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de pH promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en promedio muestran un comportamiento bastante definido, encontrándose un valor promedio de 7.60 unidades.

Los valores de pH mostrados en las gráficas anteriores, indican que los niveles de pH la laguna Monja Blanca son bastante definidos, es decir, la calidad de la laguna está dentro de los estándares de calidad (ácida y básica).

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

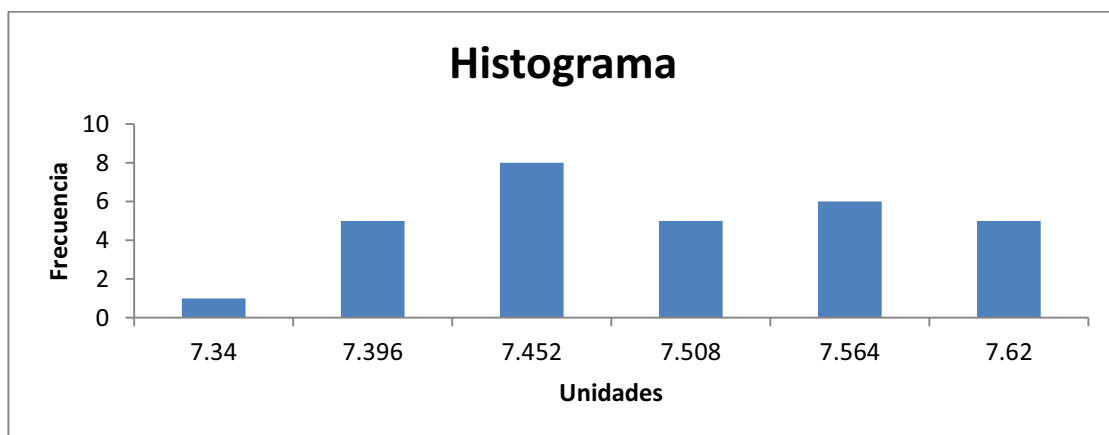
Tabla XXIV. **Resultados estadísticos de potencial de hidrógeno superficial**

<i>Potencial de Hidrogeno Superficial</i>	
Media	7.473666667
Error típico	0.015112477
Mediana	7.48
Moda	7.42
Desviación estándar	0.082774448
Varianza de la muestra	0.006851609
Curtosis	-1.155668769
Coefficiente de asimetría	0.185782248
Rango	0.28
Mínimo	7.34
Máximo	7.62
Suma	224.21
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 7.62 U y 7.34 U con un valor promedio de 7.47 U.

Figura 28. **Histograma de potencial de hidrógeno superficial**



Fuente: elaboración propia.

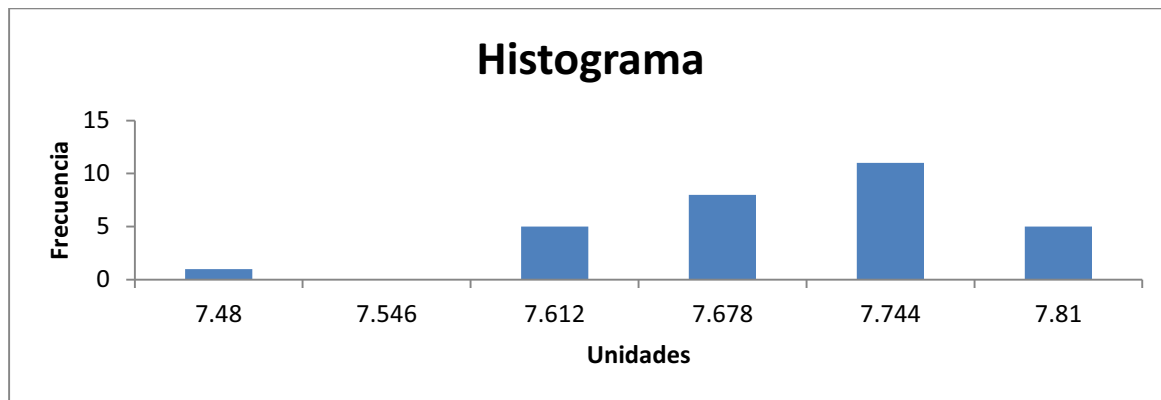
Tabla XXV. **Resultados estadísticos de potencial de hidrógeno 1.00 metro**

<i>Potencial de Hidrogeno 1.00 m</i>	
Media	7.675666667
Error típico	0.013860415
Mediana	7.7
Moda	7.7
Desviación estándar	0.075916621
Varianza de la muestra	0.005763333
Curtosis	-0.017199304
Coefficiente de asimetría	-0.462381857
Rango	0.33
Mínimo	7.48
Máximo	7.81
Suma	230.27
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

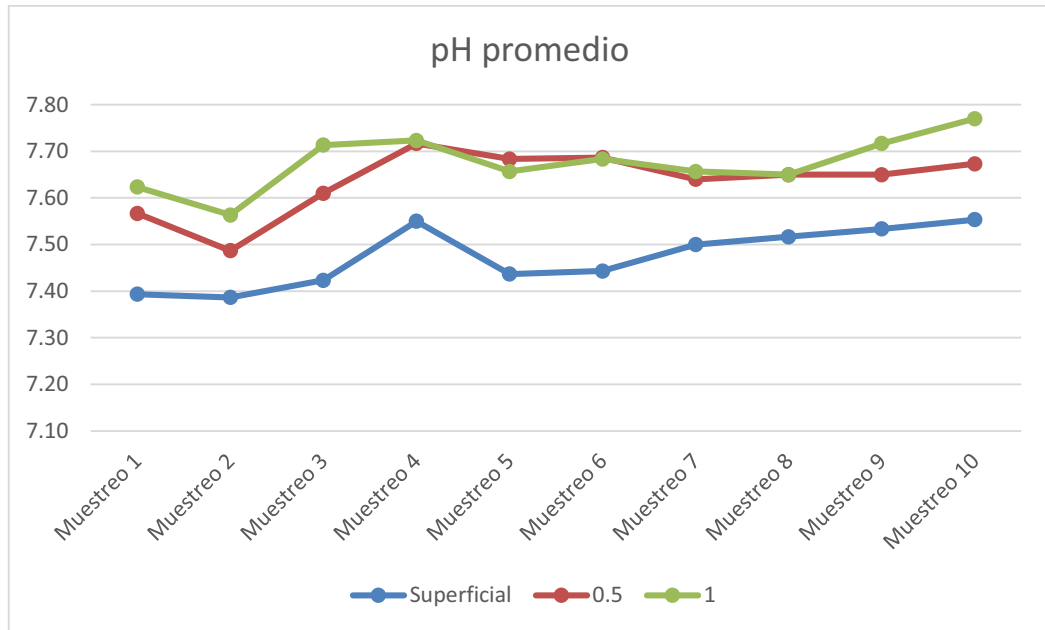
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 7.81 U y 7.48 U con un valor promedio de 7.68 U

Figura 29. **Histograma de potencial de hidrógeno 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Potencial de hidrógeno a través del tiempo**



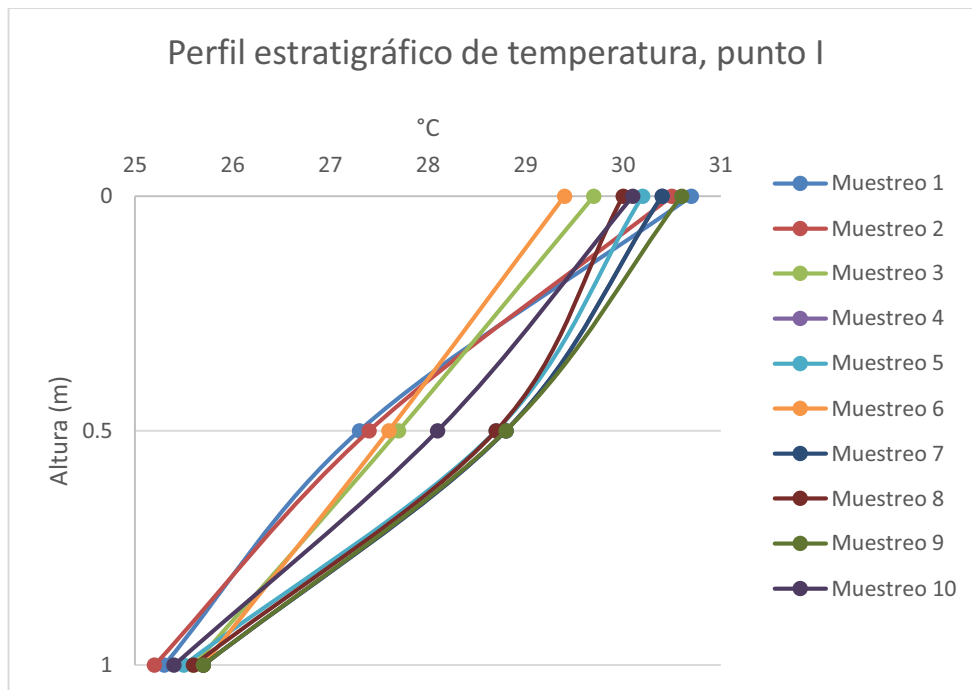
Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de potencial de hidrógeno en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, el comportamiento es muy definido, a través del tiempo teniendo un dato promedio de 7.60 unidades. Los valores normales de pH en un cuerpo de agua para que son entre 6.5 y 8 unidades, por lo tanto, se encuentra dentro de los estándares.

6.2.3. Temperatura

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de temperatura en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos, donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

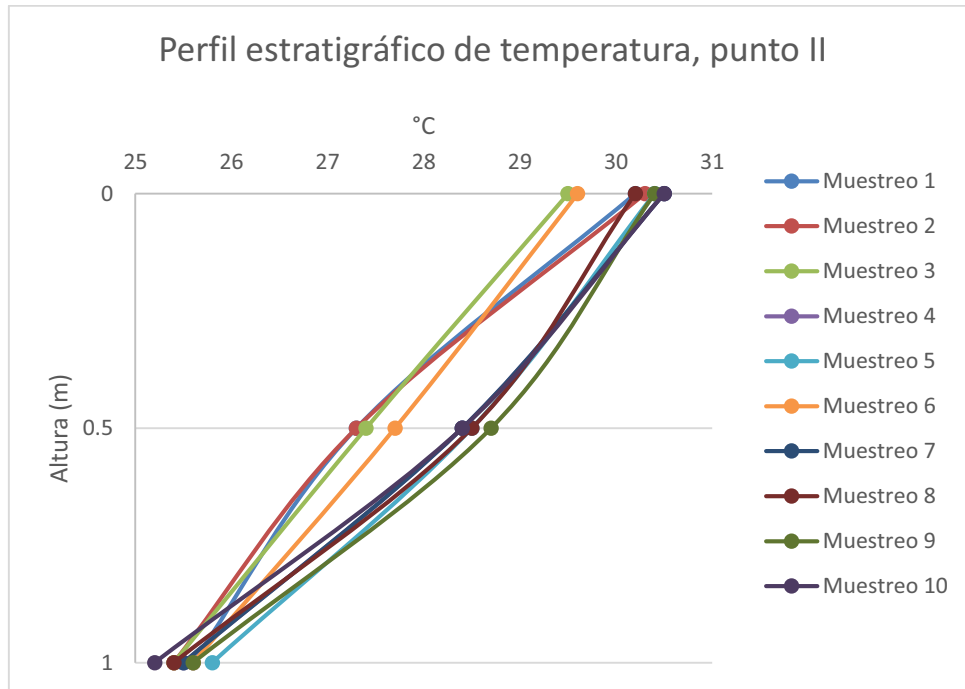
Figura 31. Perfil de temperatura, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de temperatura en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento bastante definido, teniendo un valor mínimo promedio de 25.54 °C a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 30.20 °C a un nivel de superficie.

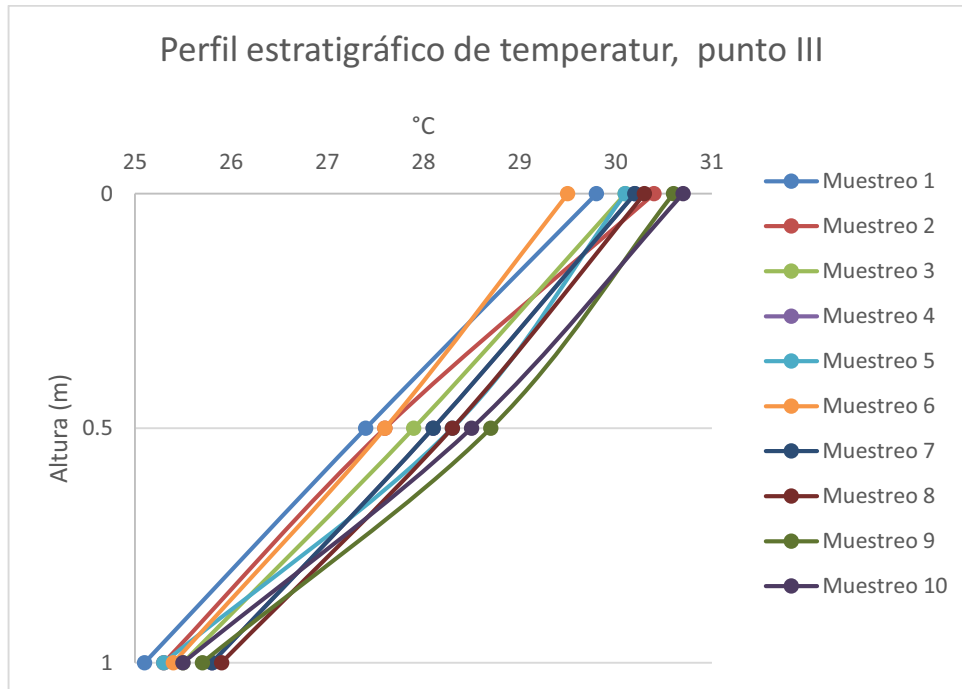
Figura 32. Perfil de temperatura, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de temperatura en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento bastante definido, teniendo un valor mínimo promedio de 25.50 °C a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 30.21 °C a un nivel de superficie.

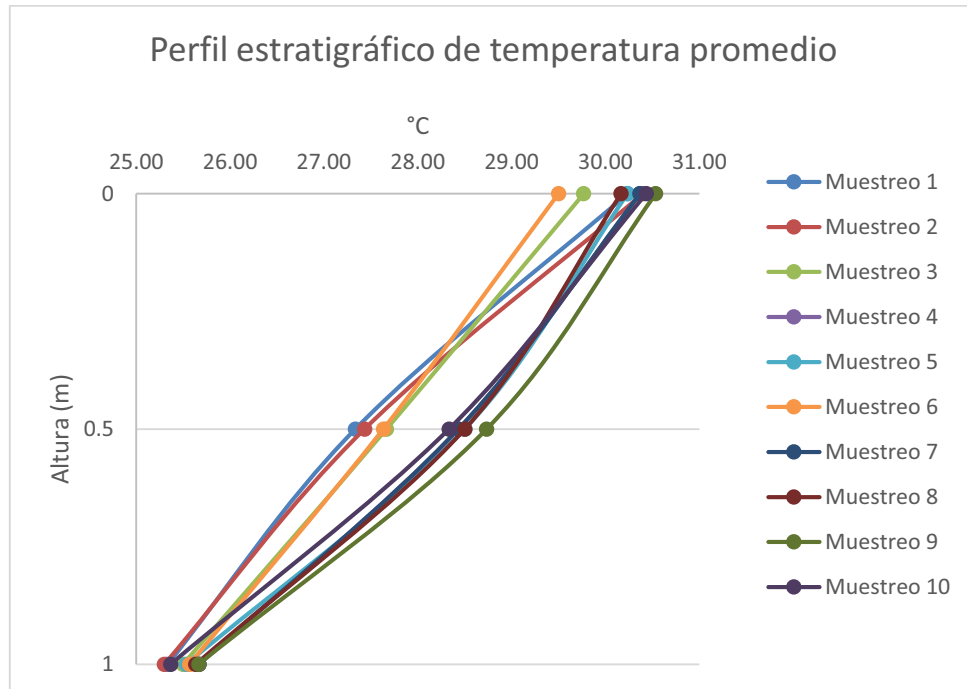
Figura 33. Perfil de temperatura, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de temperatura en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento bastante definido, teniendo un valor mínimo promedio de 25.53 °C a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 30.19 °C a un nivel de superficie.

Figura 34. Perfil de promedio de temperatura



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de temperatura promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en promedio presentan un comportamiento bastante definido, teniendo un valor mínimo de 25.52 °C a un metro de profundidad y un valor máximo de 30.20°C a un nivel de superficie. Además, se puede decir que existe la termoclina en un cuerpo lacustre cuando hay una variación notable en la temperatura en un pequeño cambio de posición vertical. Sucede cuando se presentan cambios verticales con variación mayor 1 °C. (Ing. Argueta 2011)

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

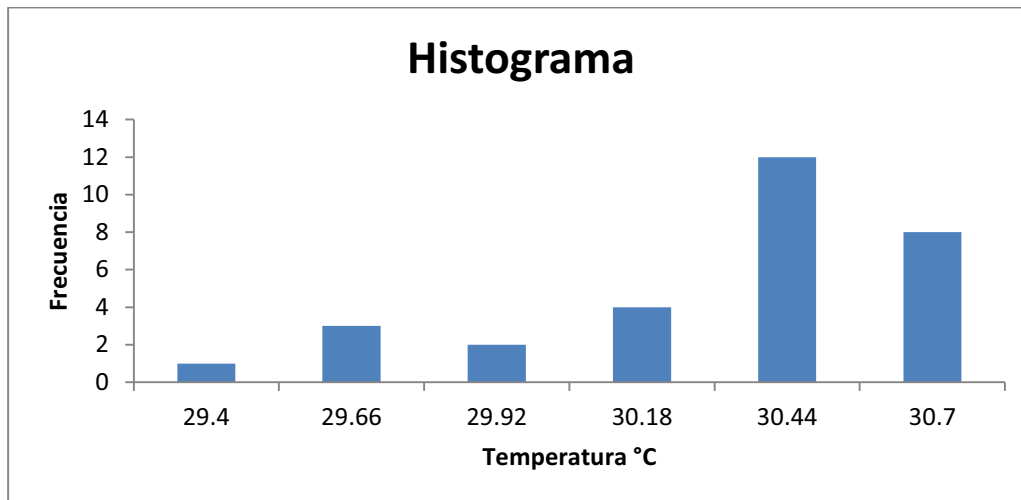
Tabla XXVI. **Datos estadísticos de temperatura superficial**

<i>Temperatura Superficial</i>	
Media	30.2
Error típico	0.066609171
Mediana	30.25
Moda	30.4
Desviación estándar	0.364833453
Varianza de la muestra	0.133103448
Curtosis	-0.161937233
Coefficiente de asimetría	-0.826249273
Rango	1.3
Mínimo	29.4
Máximo	30.7
Suma	906
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 30.7 °C y 29.4 °C u un valor promedio de 30.2°C.

Figura 35. **Histograma de temperatura superficial**



Fuente: elaboración propia.

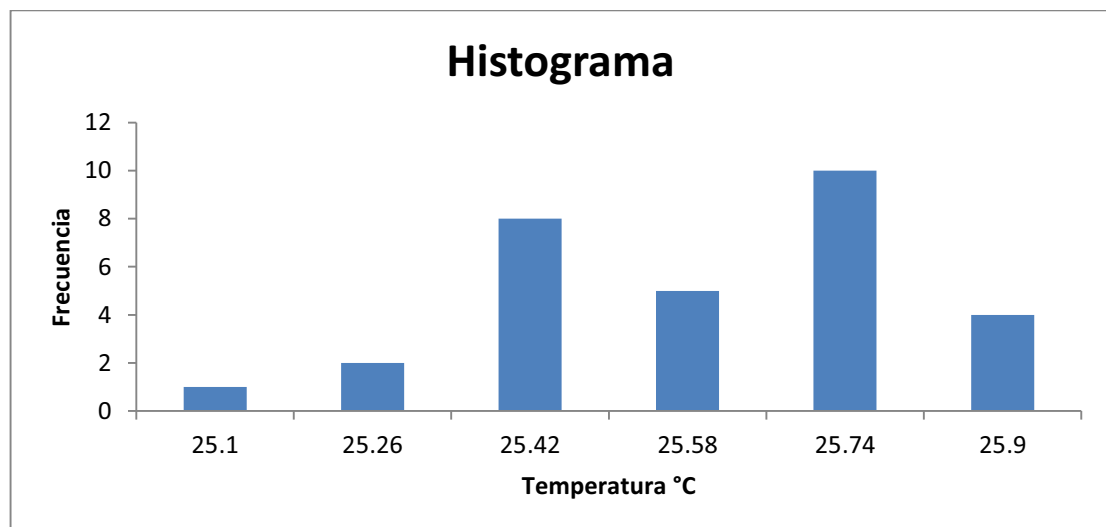
Tabla XXVII. **Tabla estadística de temperatura 1.00 metro**

<i>Temperatura 1.00 m</i>	
Media	25.52333333
Error típico	0.036729309
Mediana	25.5
Moda	25.6
Desviación estándar	0.201174711
Varianza de la muestra	0.040471264
Curtosis	-0.608995379
Coefficiente de asimetría	-0.179414411
Rango	0.8
Mínimo	25.1
Máximo	25.9
Suma	765.7
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

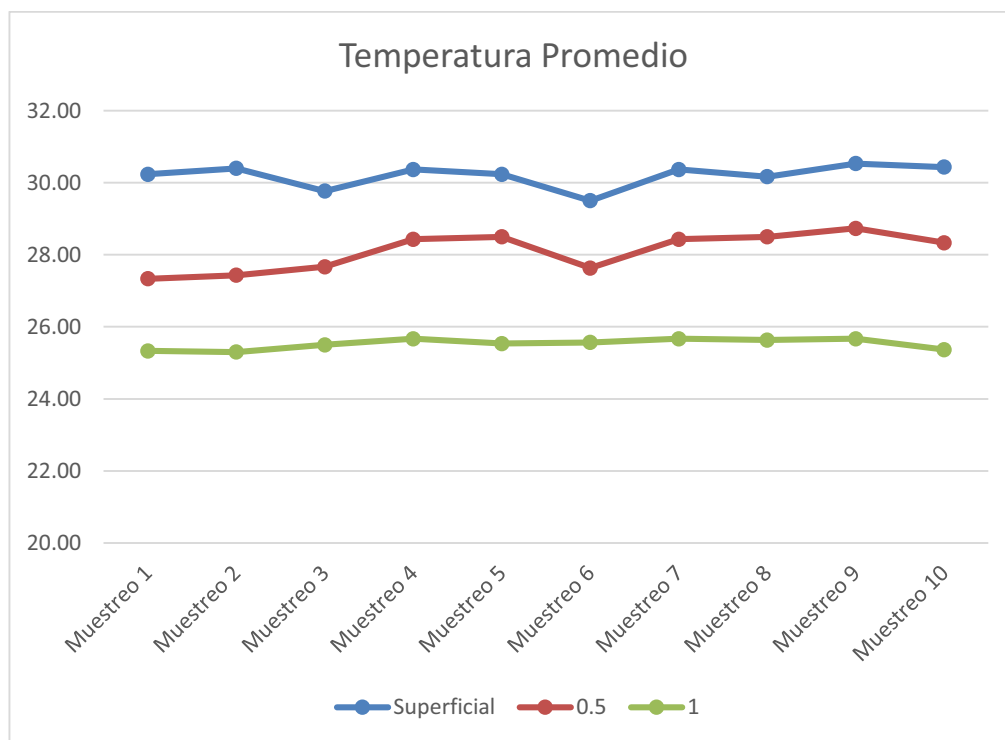
Los datos que se muestran en la tabla indican que los valores oscilan entre 25.5 °C y 25.6 °C u un valor promedio de 25.52°C.

Figura 36. **Histograma de temperatura 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Temperatura en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

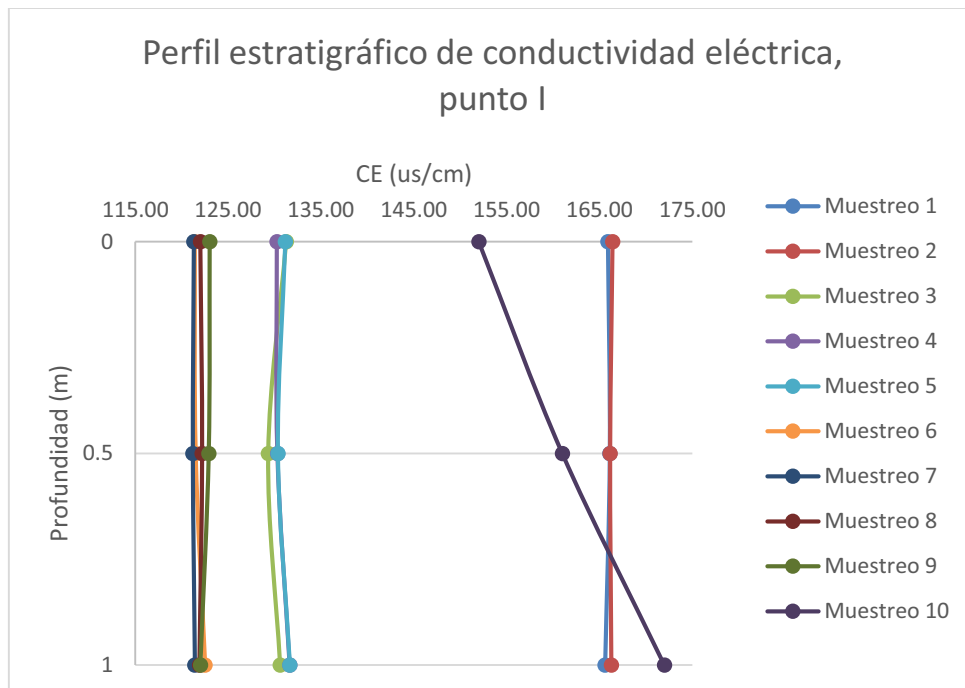
En la gráfica de temperatura en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, el comportamiento es muy definido, teniendo un dato máximo de temperatura de 30.20 °C y un dato mínimo de 25.52 °C.

Estos valores determinan que la laguna Monja Blanca es un cuerpo de agua tropical oligomictico, ya que la temperatura del agua en su perfil estratigráfico se encuentra entre los valores 20 y 30 °C (Argueta, 2011).

6.2.4. Conductividad eléctrica

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de conductividad eléctrica en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

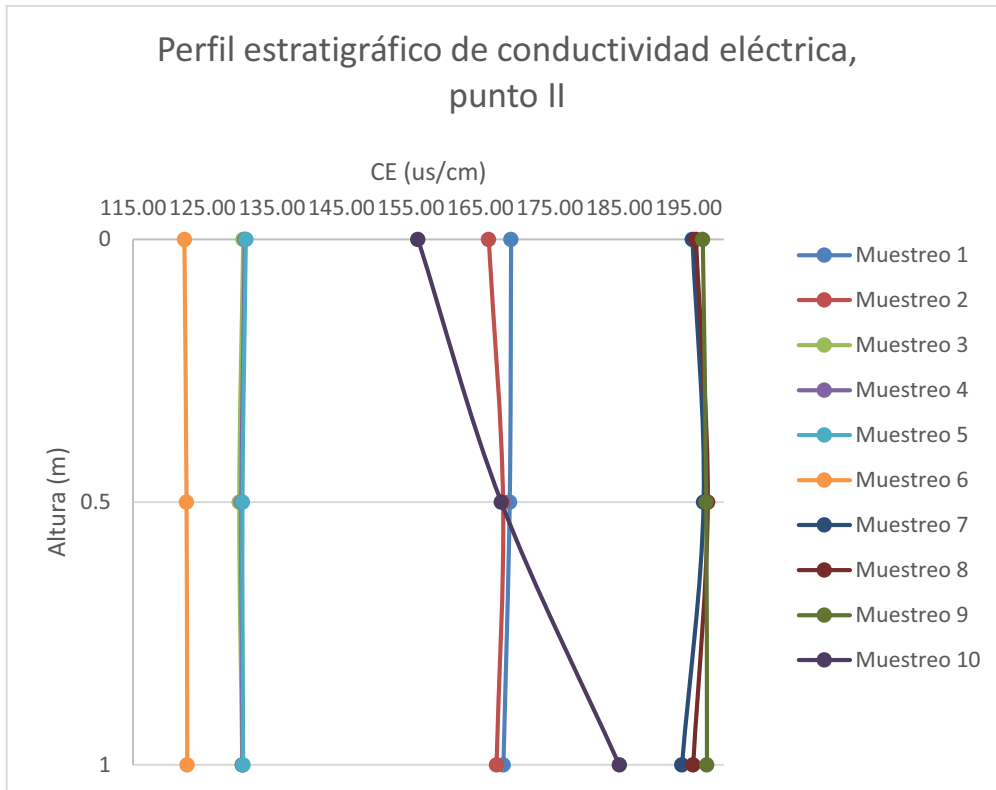
Figura 38. Perfil de conductividad eléctrica, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de conductividad eléctrica en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 138.56 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 136.57 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a un nivel de superficie.

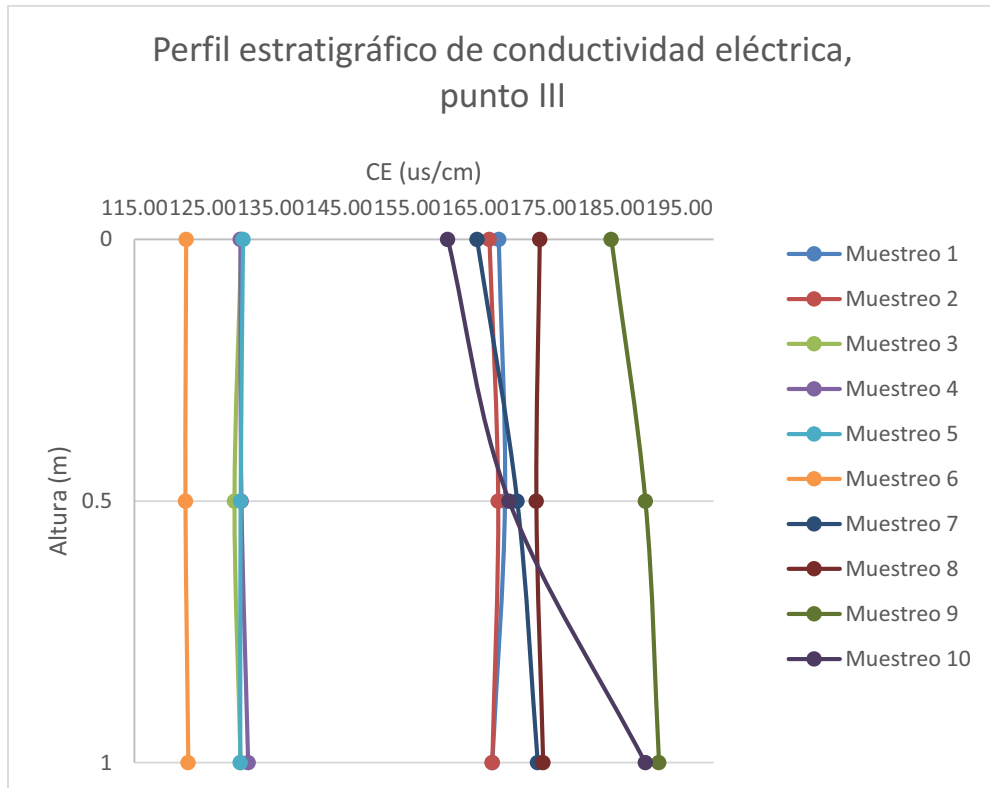
Figura 39. Perfil de conductividad electrica, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de conductividad electrica en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 162.29 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 159.67 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a un nivel de superficie.

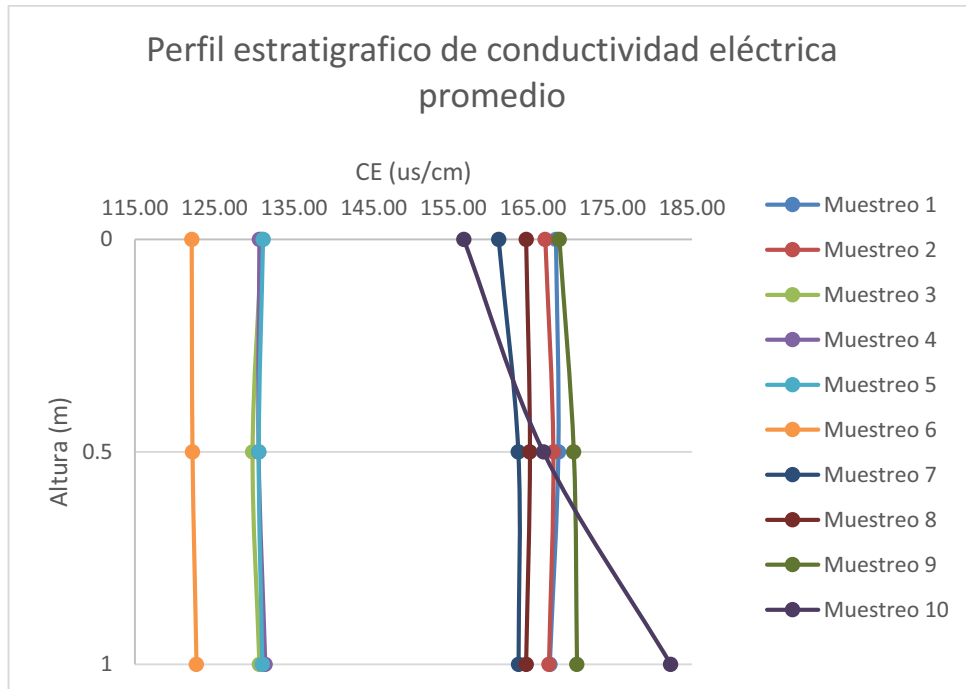
Figura 40. Perfil conductividad electrica, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de conductividad eléctrica en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de $158.20 \mu\text{s}/\text{cm}$ a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de $153.62 \mu\text{s}/\text{cm}$ a un nivel de superficie.

Figura 41. Perfil de promedio de conductividad eléctrica



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de conductividad eléctrica promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de $153.02 \mu\text{s}/\text{cm}$ a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de $149.88 \mu\text{s}/\text{cm}$ a un nivel de superficie.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

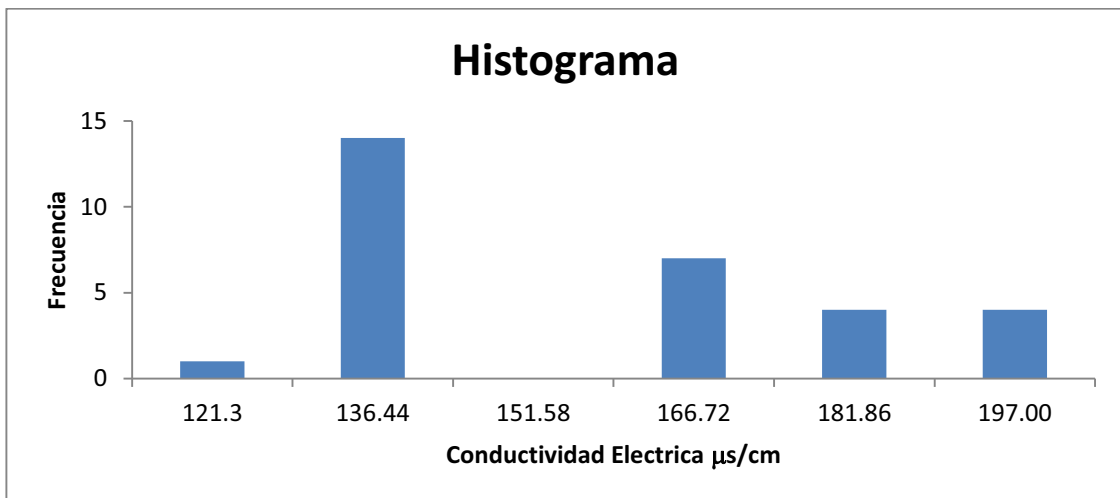
Tabla XXVIII. Datos estadísticos conductividad eléctrica superficial

<i>Conductividad Electrica Superficial</i>	
Media	149.884
Error típico	4.594182318
Mediana	141.625
Moda	131.25
Desviación estándar	25.16337289
Varianza de la muestra	633.1953352
Curtosis	-1.109690322
Coefficiente de asimetría	0.469939423
Rango	75.7
Mínimo	121.3
Máximo	197
Suma	4496.52
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 121.30 $\mu\text{s/cm}$ y 197.00 $\mu\text{s/cm}$ con un valor promedio de 149.88 $\mu\text{s/cm}$

Figura 42. Histograma de conductividad eléctrica superficial



Fuente: elaboración propia.

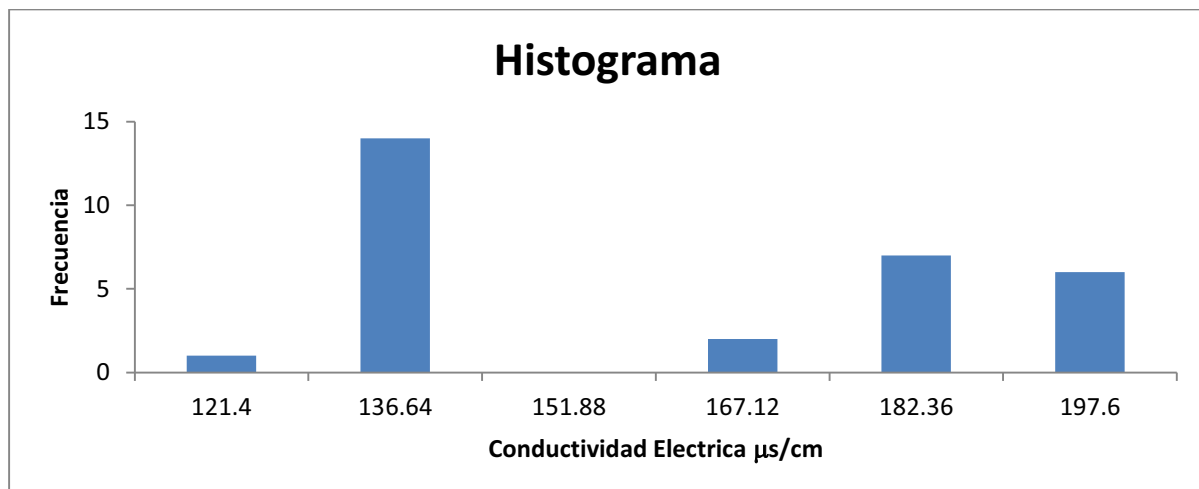
Tabla XXIX. **Datos estadísticos conductividad eléctrica 1.00 metro**

<i>Conductividad Eléctrica 1.00 m</i>	
Media	153.0163333
Error típico	5.019691992
Mediana	148.66
Moda	#N/A
Desviación estándar	27.49398536
Varianza de la muestra	755.9192309
Curtosis	-1.585478509
Coefficiente de asimetría	0.266843946
Rango	76.2
Mínimo	121.4
Máximo	197.6
Suma	4590.49
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

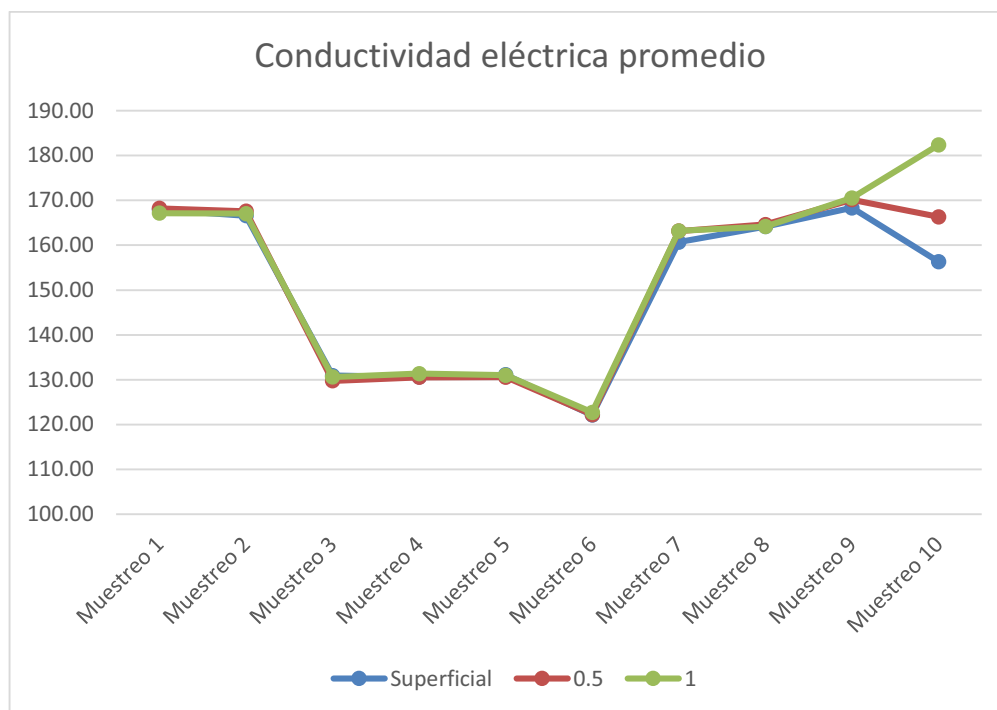
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 121.40 $\mu\text{s/cm}$ y 197.60 $\mu\text{s/cm}$ con un valor promedio de 153.02 $\mu\text{s/cm}$.

Figura 43. **Histograma de conductividad eléctrica 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Conductividad eléctrica en el tiempo**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de conductividad eléctrica en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) podemos observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de conductividad eléctrica de 153.02 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y un dato mínimo de 149.88 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

El parámetro de conductividad eléctrica es muy importante, ya que da a conocer mucho acerca del metabolismo de un sistema acuático. Esta varía en función del tipo de agua en la laguna.

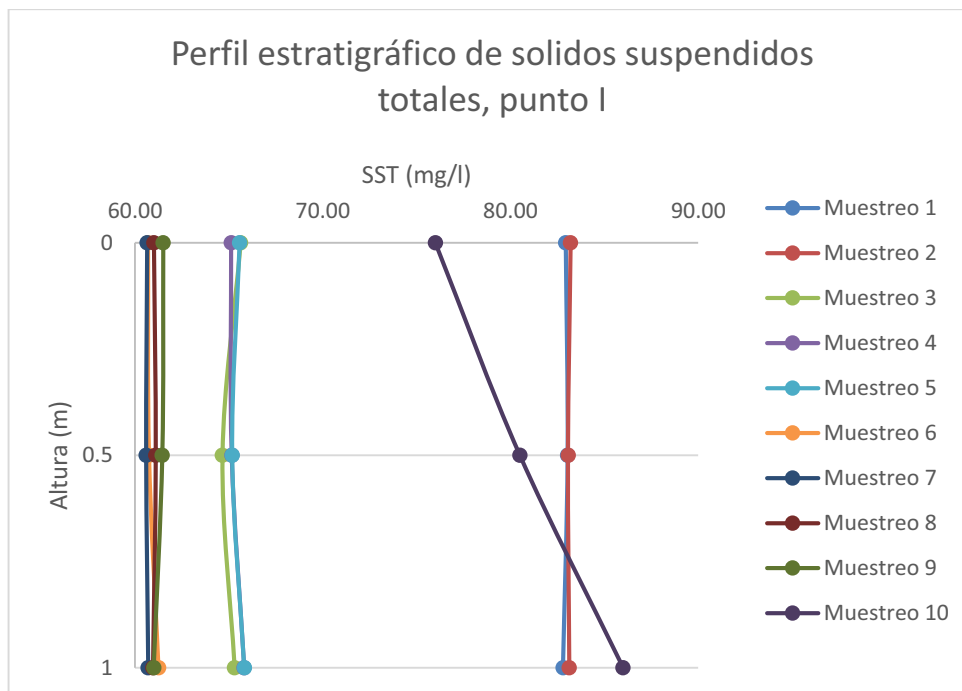
6.3. Discusión de resultados de parámetros de laboratorio

Lo siguientes datos fueron obtenidos atraves de análisis realizados en el laboratorio de Química y Microbiología de la Dra. Alba Tabarini.

6.3.1. Sólidos suspendidos totales

En las siguientes gráficas que se van a mostrar acontinuación, se presentan los valores obtenidos de los sólidos suspendiso totales en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estrátigraficos, donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

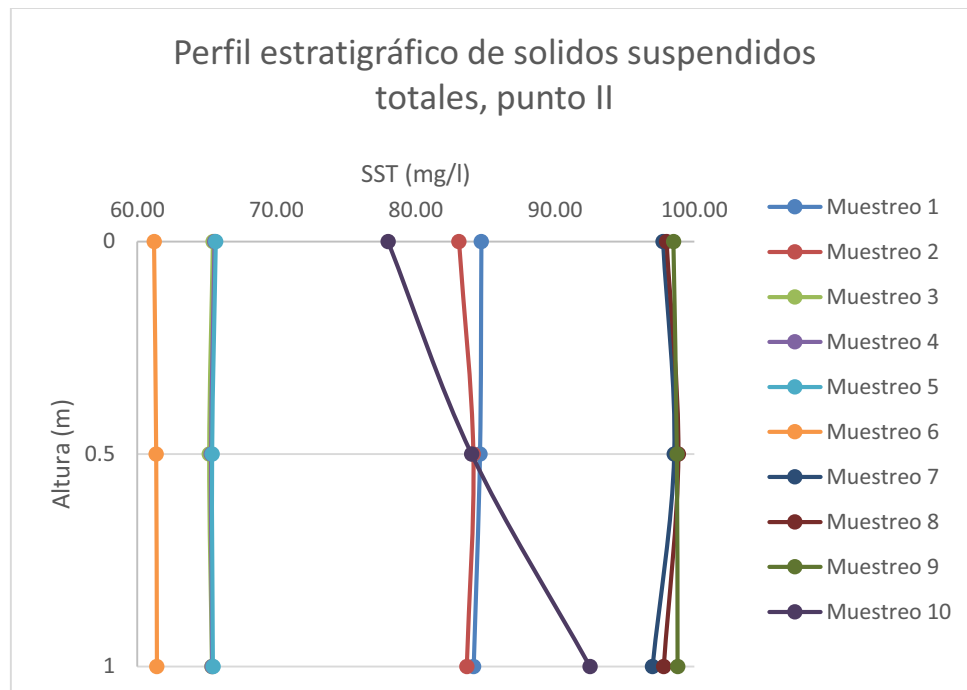
Figura 45. Perfil SST, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de SST en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 69.28 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 68.23 mg/l a un nivel de superficie.

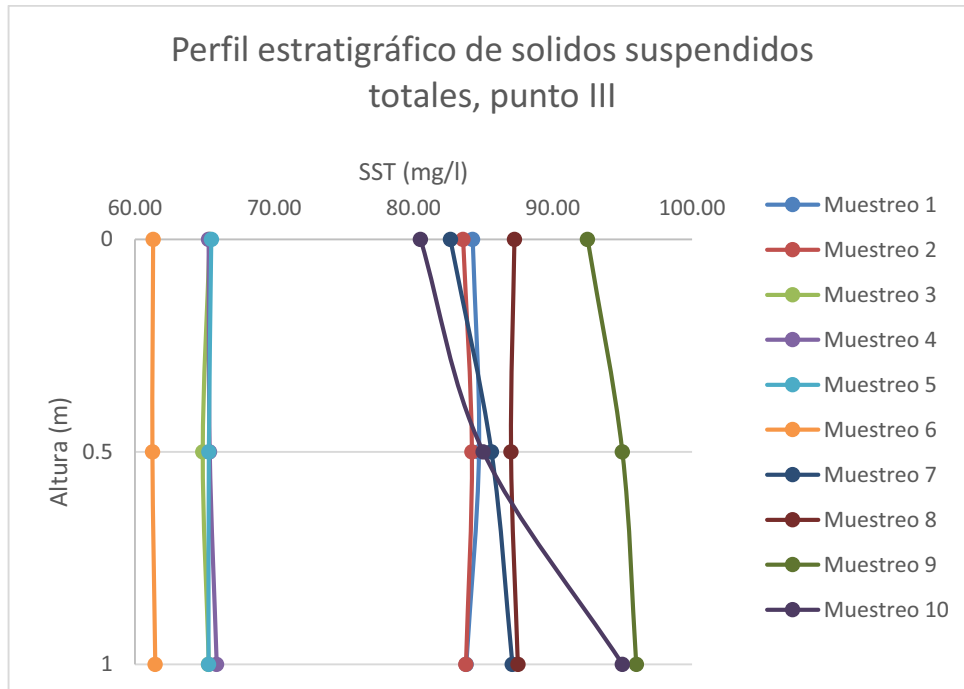
Figura 46. Perfil SST, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de SST en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 81.15 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 79.78 mg/l a un nivel de superficie.

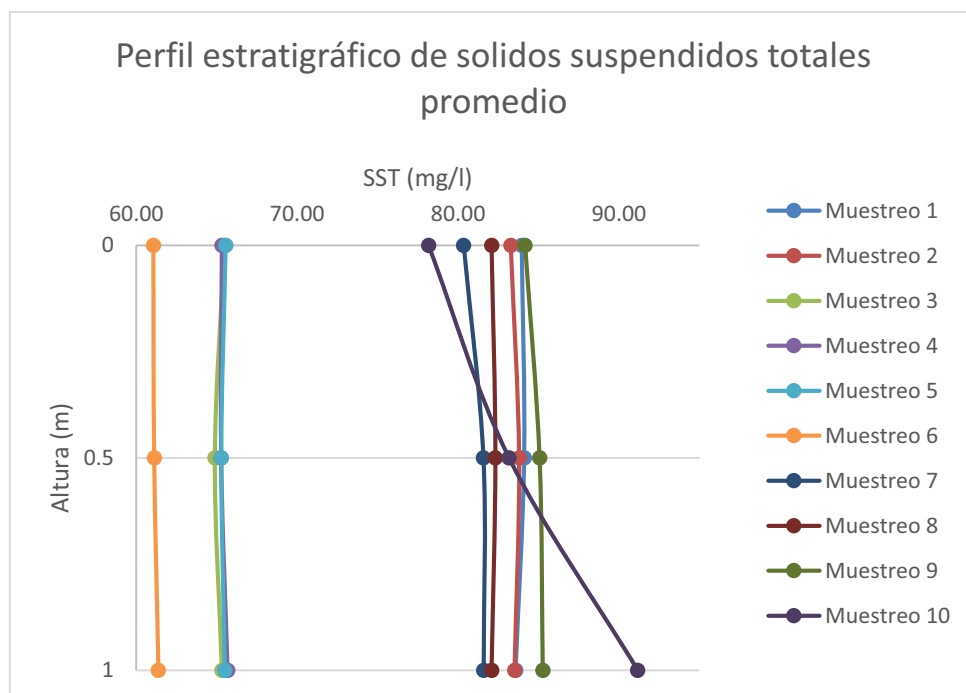
Figura 47. Perfil SST, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de SST en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 79.10 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 76.81 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 48. Perfil de promedio de SST



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de SST promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo, muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo de 76.51 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo de 74.94 mg/l a un nivel de superficie.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

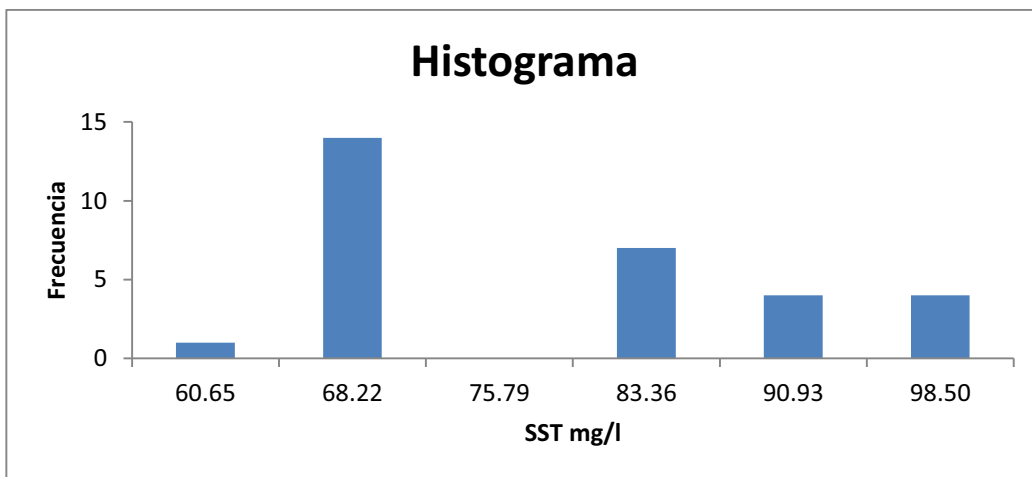
Tabla XXX. **Datos estadísticos SST superficial**

<i>SST Superficial</i>	
Media	74.942
Error típico	2.29709116
Mediana	70.8125
Moda	65.625
Desviación estándar	12.5816864
Varianza de la muestra	158.298834
Curtosis	-1.1096903
Coefficiente de asimetría	0.46993942
Rango	37.85
Mínimo	60.65
Máximo	98.5
Suma	2248.26
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 60.65 mg/l. y 98.50 mg/l con un valor promedio de 74.94 mg/l.

Figura 49. **Histograma SST superficial**



Fuente: elaboración propia.

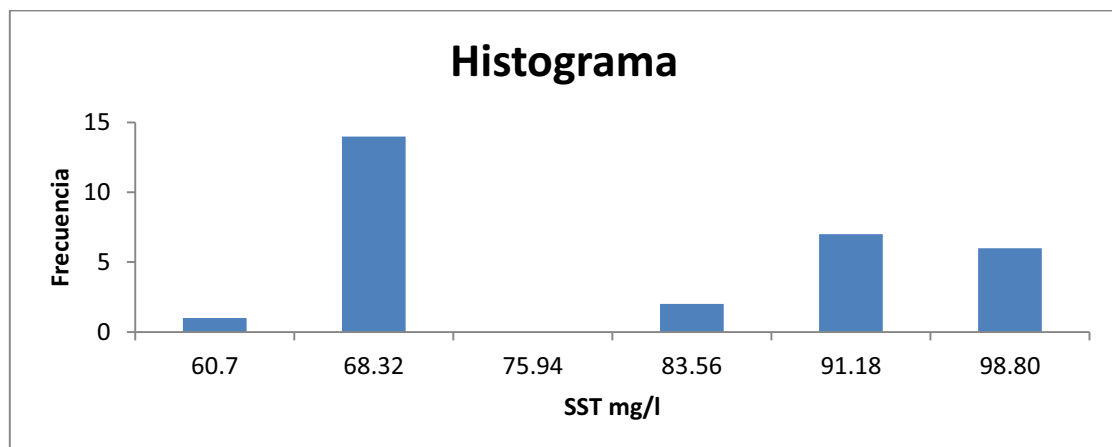
Tabla XXXI. **Datos estadísticos SST 1.00 metro**

<i>SST 1.00 m</i>	
Media	76.5081667
Error típico	2.509846
Mediana	74.33
Moda	#N/A
Desviación estándar	13.7469927
Varianza de la muestra	188.979808
Curtosis	-1.5854785
Coefficiente de asimetría	0.26684395
Rango	38.1
Mínimo	60.7
Máximo	98.8
Suma	2295.245
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

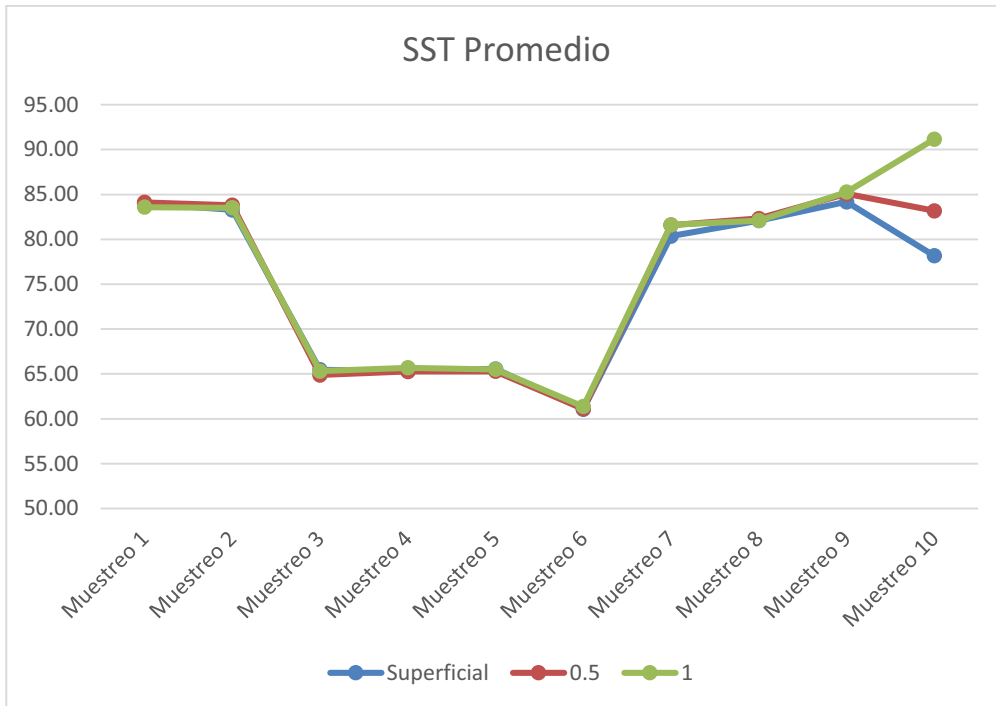
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 60.70 mg/l. y 98.80 mg/l con un valor promedio de 76.51 mg/l.

Figura 50. **Histograma de SST 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. SST en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

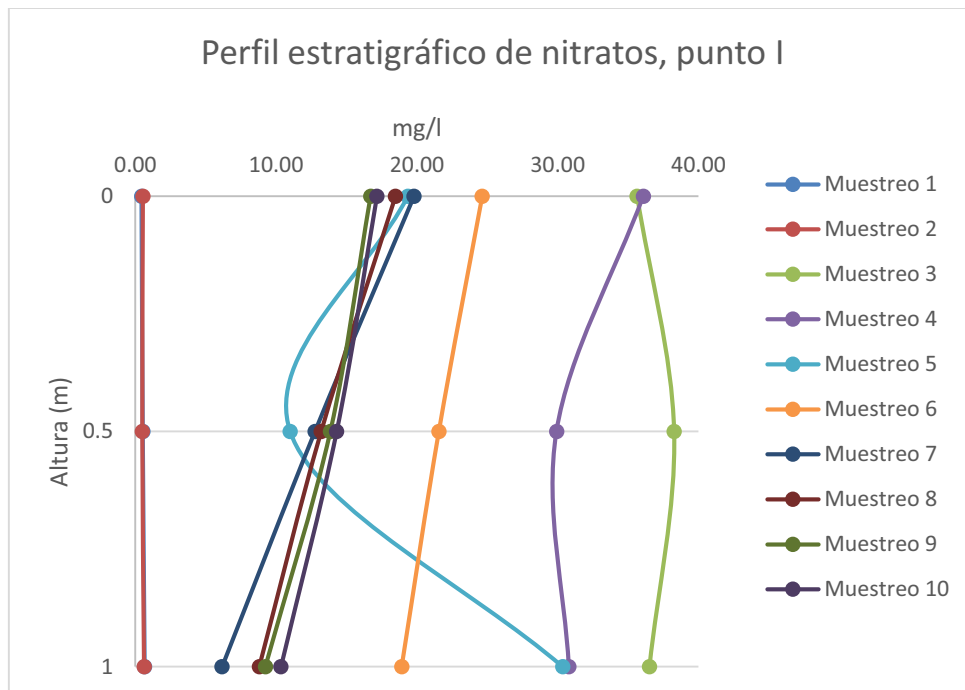
En la gráfica de SST en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m), se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de conductividad eléctrica de 76.51 mg/l y un dato mínimo de 74.94 mg/l.

El parámetro de SST indica la cantidad de sólidos suspendidos que hay en el agua, con relación a la media, esto varían un poco, según la fecha en la que fueron realizados los muestreos, puede que la época de verano e invierno hacen que varíen un poco los valores.

6.3.2. Nitratos

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de nitratos en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

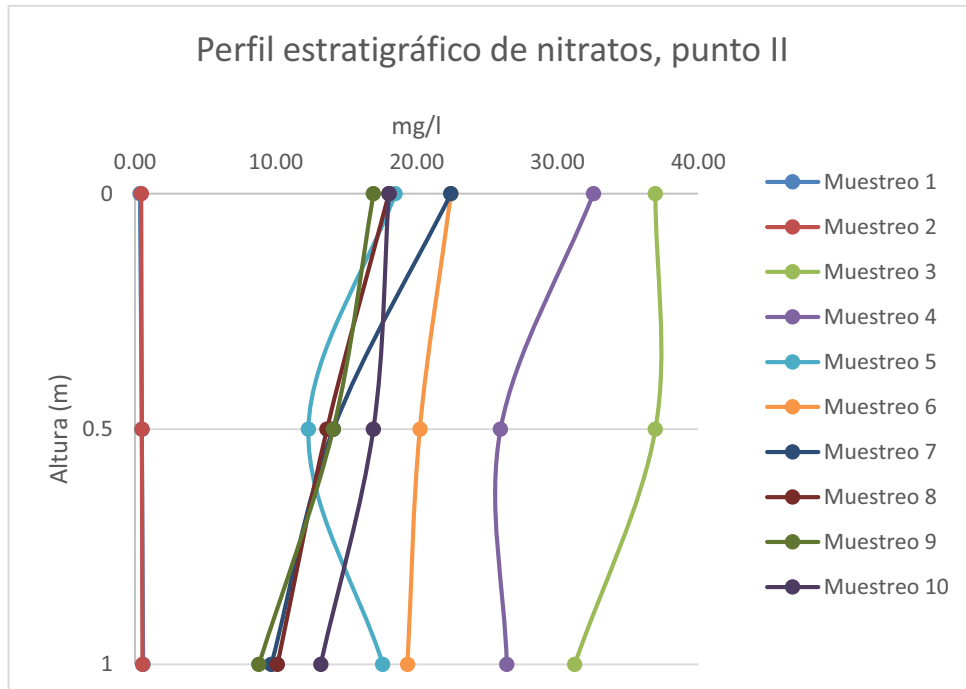
Figura 52. Perfil nitratos, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitratos en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento no definido, teniendo un valor mínimo promedio de 15.24 mg/l a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 18.88 mg/l a un nivel de superficie.

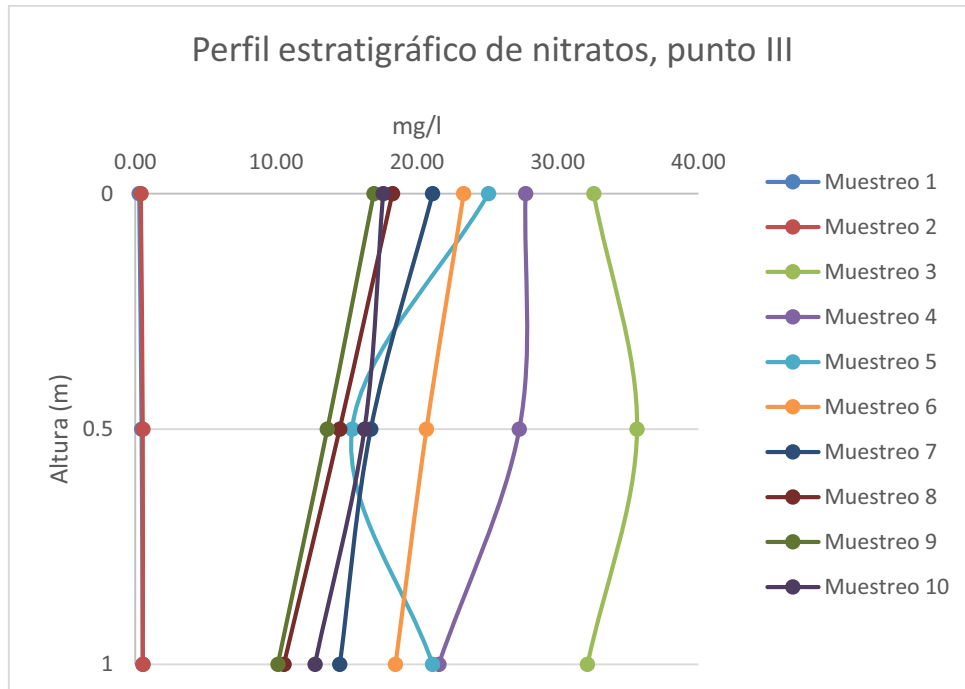
Figura 53. Perfil nitratos, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitratos en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento no definido, teniendo un valor mínimo promedio de 13.75 mg/l a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 18.67 mg/l a un nivel de superficie.

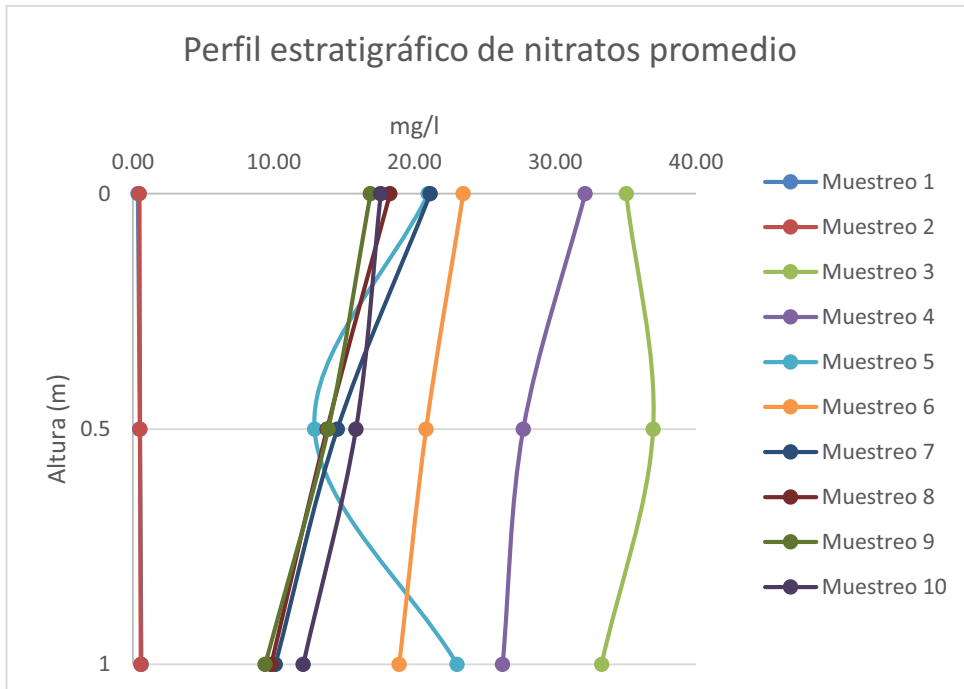
Figura 54. Perfil nitratos, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitratos en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento no definido, teniendo un valor mínimo promedio de 14.23 mg/l a un metro de profundidad y un valor máximo promedio de 18.33 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 55. Perfil promedio de nitratos



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica nitratos promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento no definido, teniendo un valor mínimo de 14.41 mg/l a un metro de profundidad y un valor máximo de 18.63 mg/l a un nivel de superficie.

Los nitratos son considerados como evidencia de contaminación y pueden ser causa de la presencia de aguas residuales dentro del cuerpo de agua,

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

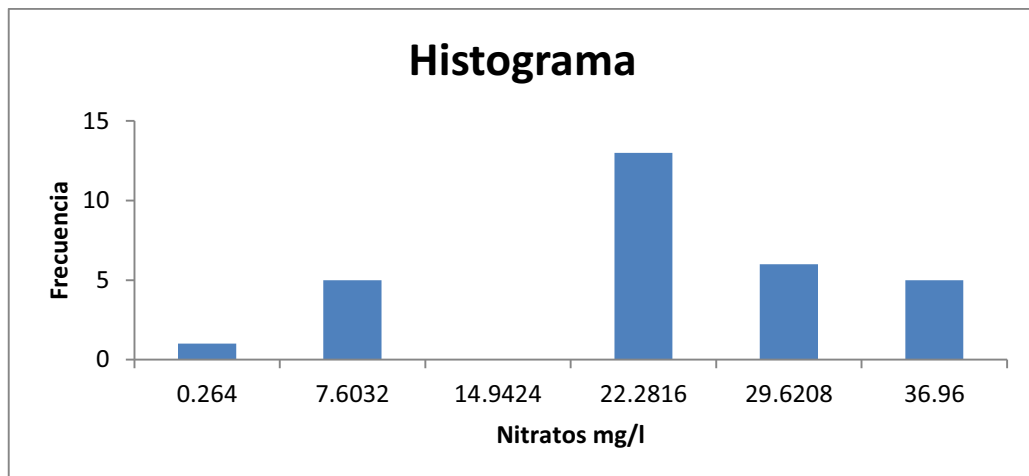
Tabla XXXII. **Datos estadísticos nitratos superficial**

<i>Nitratos Superficial</i>	
Media	18.62666667
Error típico	2.018355615
Mediana	18.48
Moda	0.44
Desviación estándar	11.05498899
Varianza de la muestra	122.2127816
Curtosis	-0.390519174
Coefficiente de asimetría	-0.356890784
Rango	36.696
Mínimo	0.264
Máximo	36.96
Suma	558.8
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.26 mg/l y 36.96 mg/l con un valor promedio de 18.62 mg/l.

Figura 56. **Histograma nitratos superficial**



Fuente: elaboración propia.

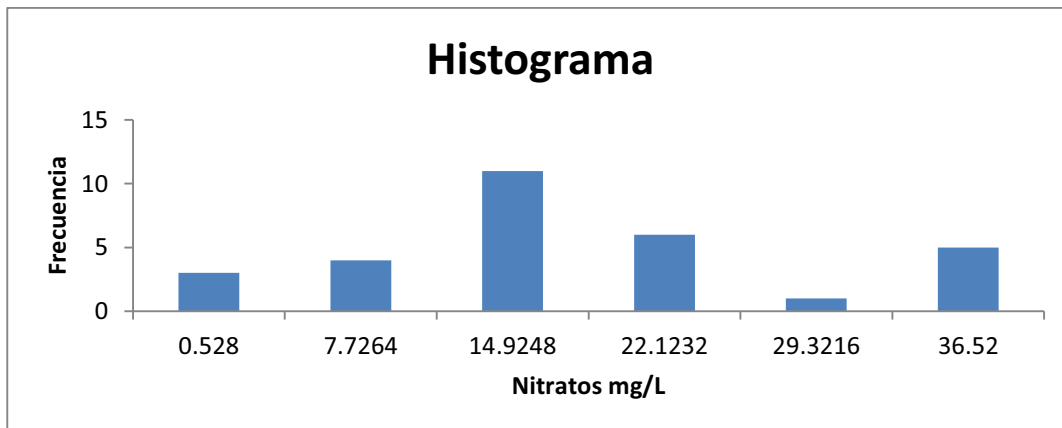
Tabla XXXIII. Datos estadísticos nitratos 1.00 metro

<i>Nitratos 1.00 m</i>	
Media	14.40706667
Error típico	1.953990757
Mediana	11.66
Moda	0.528
Desviación estándar	10.70244815
Varianza de la muestra	114.5423963
Curtosis	-0.717204272
Coefficiente de asimetría	0.451387199
Rango	35.992
Mínimo	0.528
Máximo	36.52
Suma	432.212
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

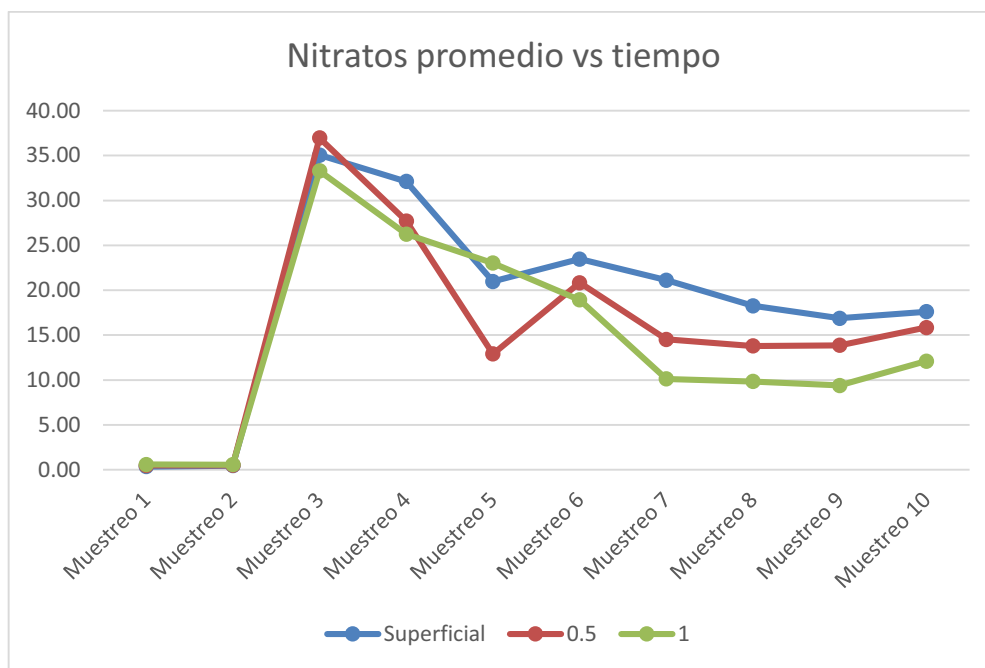
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.53 mg/l y 36.52 mg/l con un valor promedio de 14.41 mg/l.

Figura 57. Histograma de nitratos 1.00 metro



Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Nitratos en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

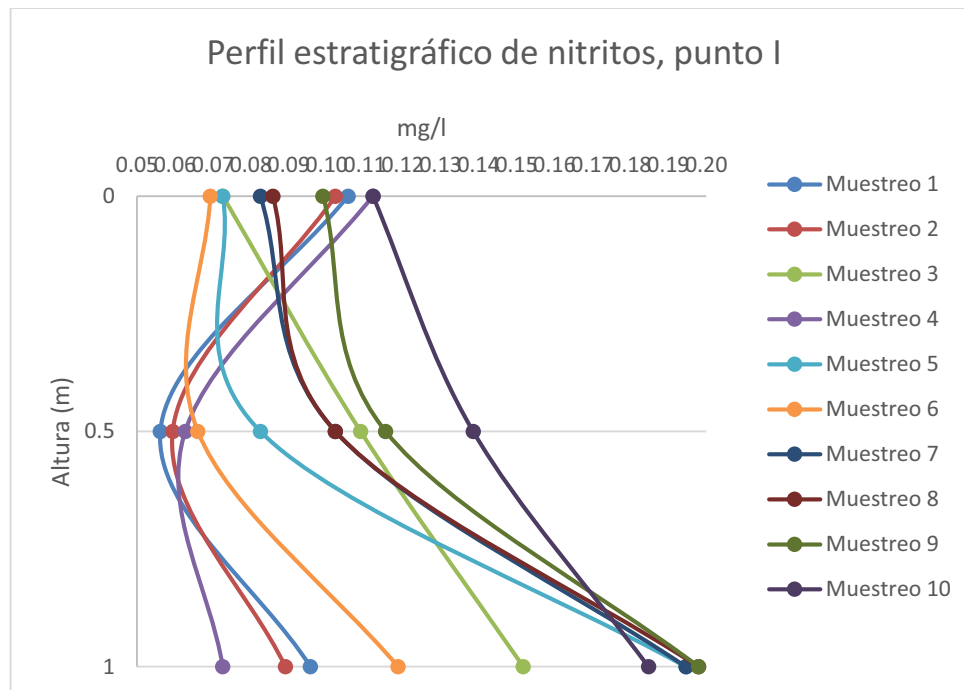
En la gráfica de nitratos en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de nitratos de 18.63 mg/l y un dato mínimo de 14.41 mg/l.

La concentración de nitratos, según la EPA para consumo no puede exceder de 45 mg/l. Por lo tanto, según los datos obtenidos se puede determinar que la laguna si ha tenido cierto deterioro progresivo, a través del tiempo y no es apta para el consumo humano, por lo que sería muy importante verificar qué tipo de afluentes están ingresando a la laguna.

6.3.3. Nitritos

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de nitritos en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

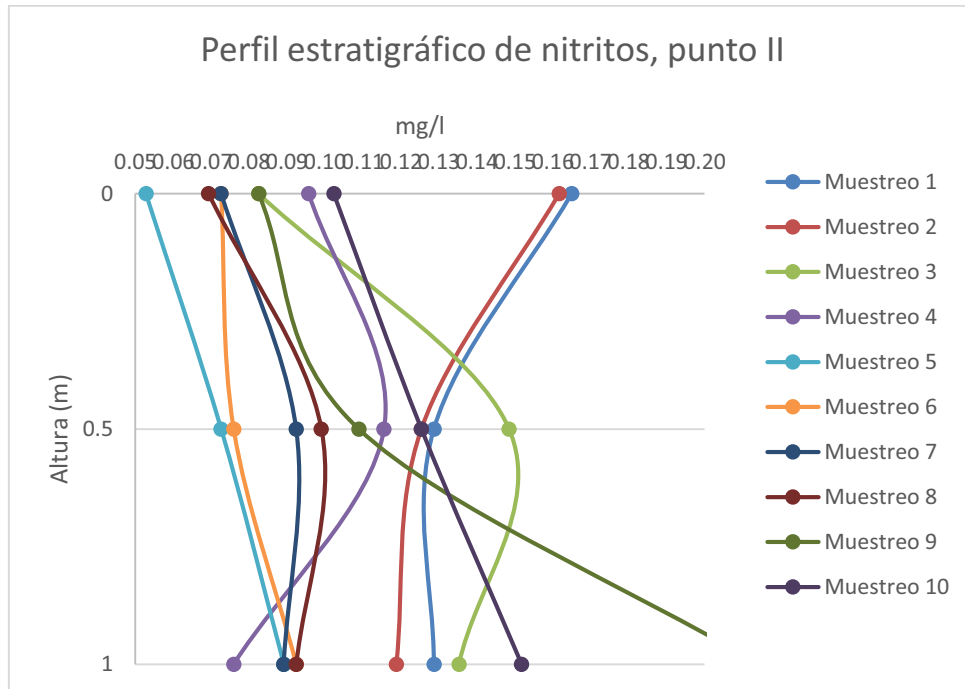
Figura 59. Perfil nitritos, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitritos en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.15 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.09 mg/l a un nivel de superficie.

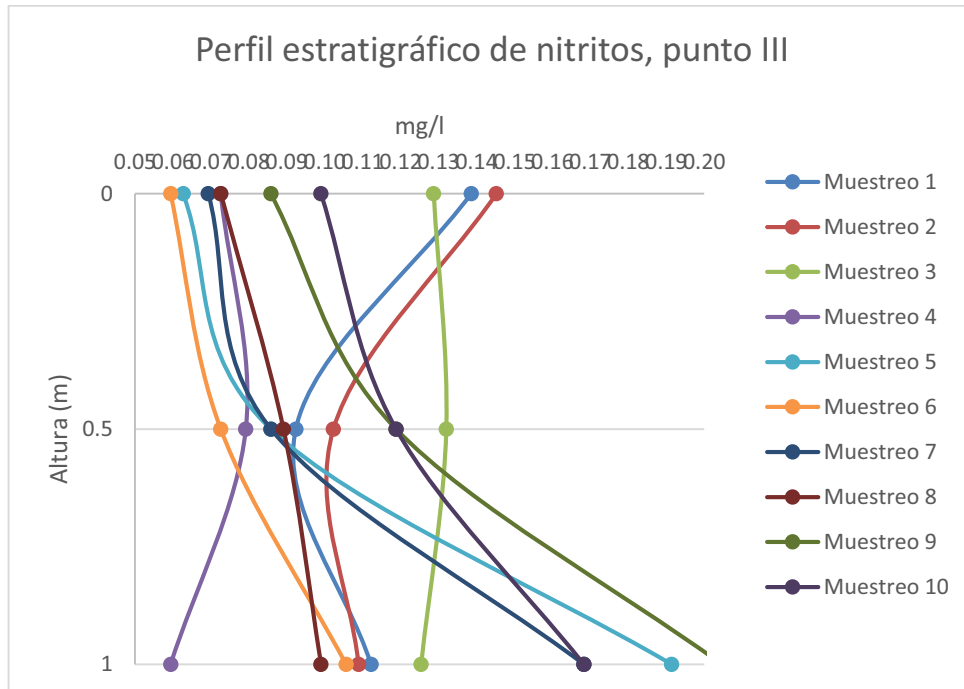
Figura 60. Perfil nitritos, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitritos en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2, muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.12 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.10 mg/l a un nivel de superficie.

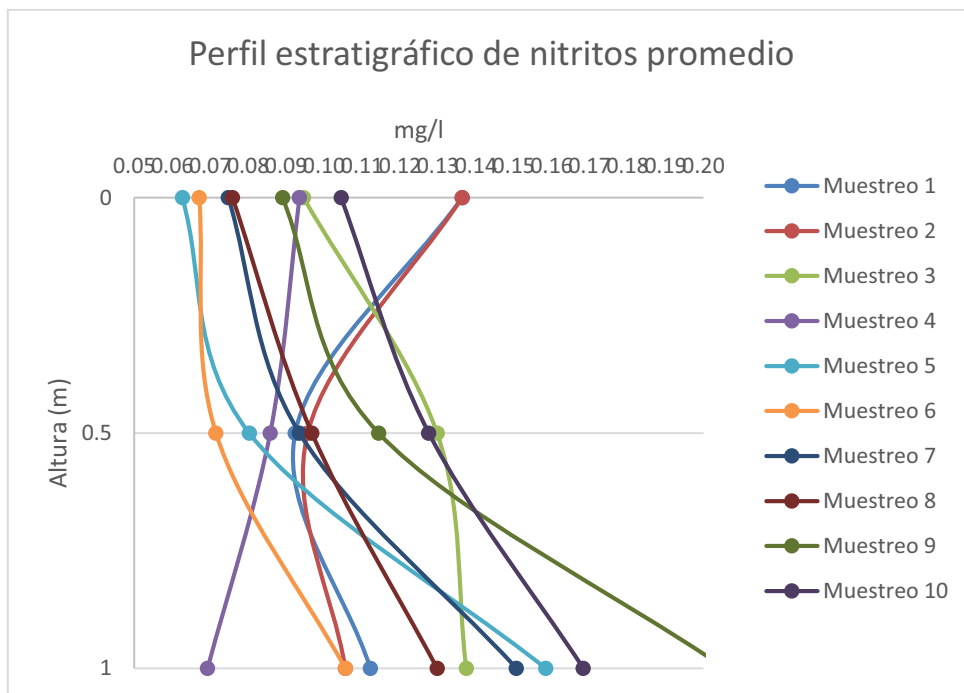
Figura 61. Perfil nitritos, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de nitritos en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.13 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.09 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 62. Perfil promedio de nitritos



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica nitritos promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo de 0.13 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo de 0.09 mg/l a un nivel de superficie.

Los nitritos son considerados indicadores de contaminación y pueden ser causa de la presencia de aguas residuales dentro del cuerpo de agua.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

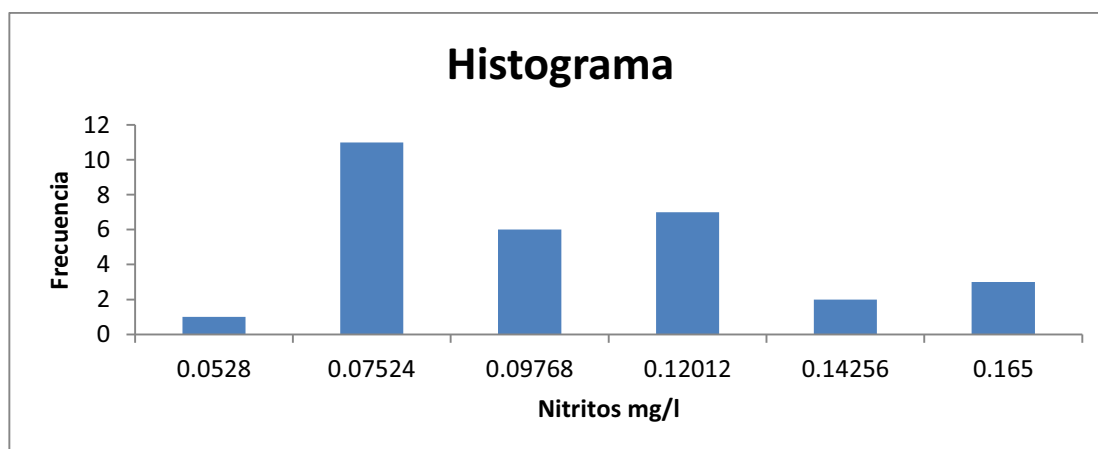
Tabla XXXIV. **Datos estadísticos nitritos superficial**

<i>Nitritos Superficial</i>	
Media	0.0935
Error típico	0.005403568
Mediana	0.08415
Moda	0.0726
Desviación estándar	0.029596563
Varianza de la muestra	0.000875957
Curtosis	0.426776683
Coefficiente de asimetría	1.046505004
Rango	0.1122
Mínimo	0.0528
Máximo	0.165
Suma	2.805
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.05 mg/l y 0.165 mg/l con un valor promedio de 0.09 mg/l.

Figura 63. **Histograma de nitritos superficial**



Fuente: elaboración propia.

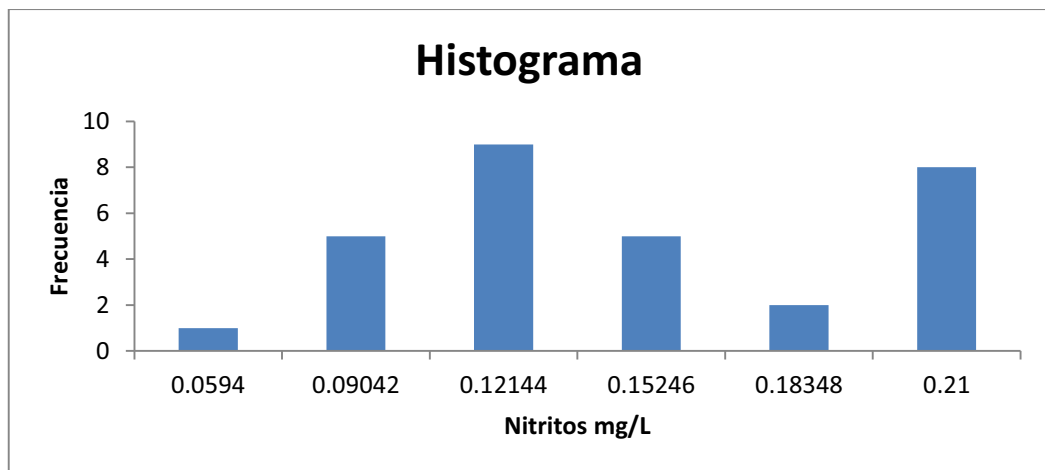
Tabla XXXV. **Datos estadísticos de nitritos 1.0 metro**

<i>Nitritos 1.00 m</i>	
Media	0.13431
Error típico	0.008528126
Mediana	0.1221
Moda	0.0891
Desviación estándar	0.046710468
Varianza de la muestra	0.002181868
Curtosis	-1.316222946
Coefficiente de asimetría	0.284302339
Rango	0.1551
Mínimo	0.0594
Máximo	0.2145
Suma	4.0293
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

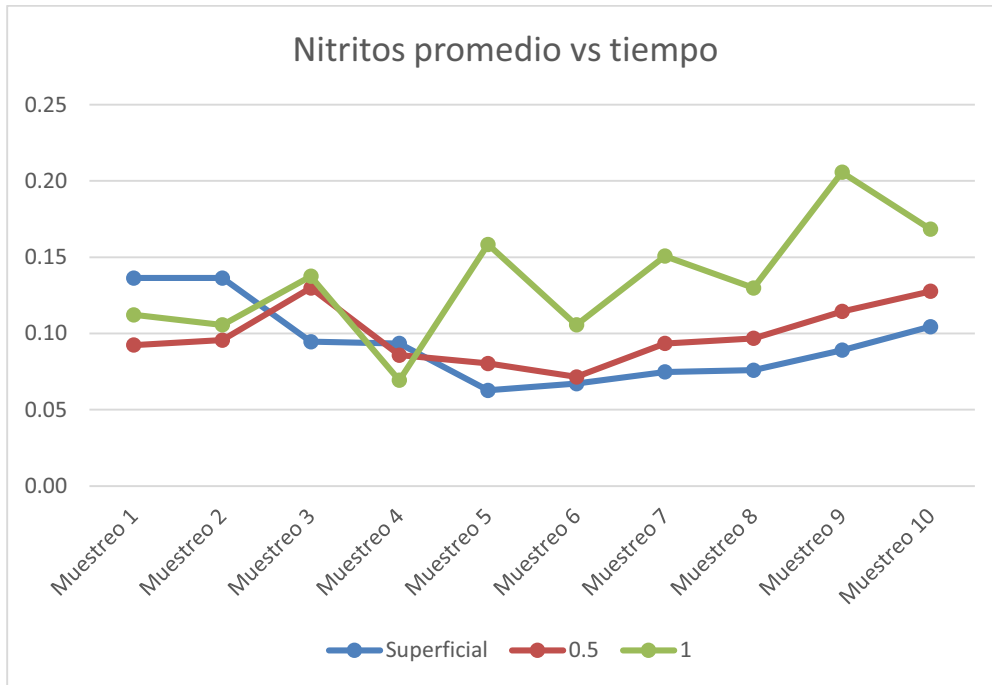
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.06 mg/l y 0.21 mg/l con un valor promedio de 0.13 mg/l.

Figura 64. **Histograma de nitritos 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 65. Nitritos promedio en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

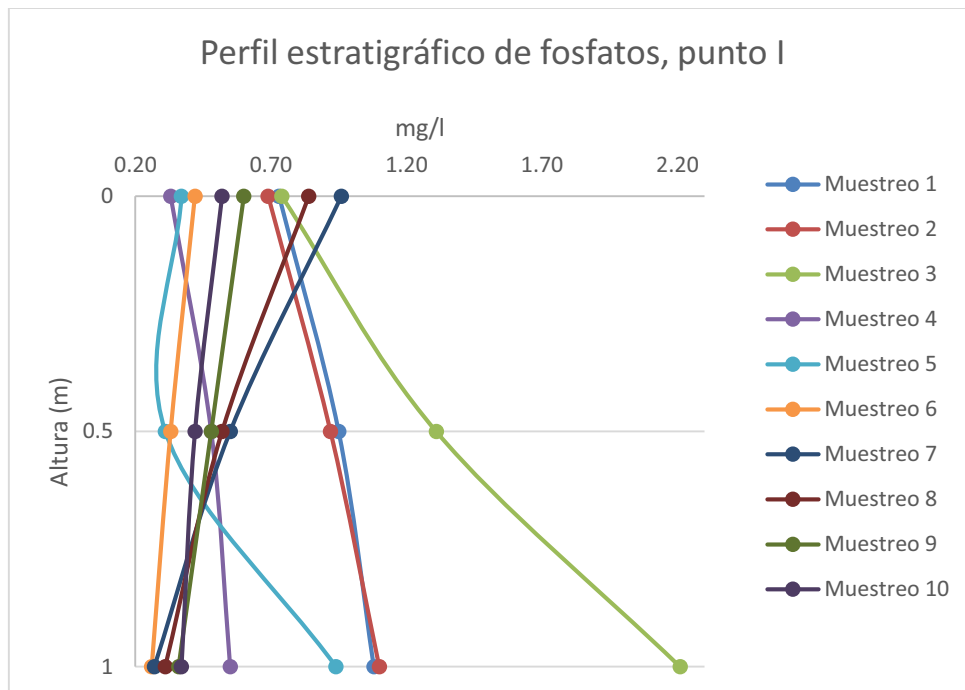
En la gráfica de nitritos en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) podemos observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de nitritos de 0.13 mg/l y un dato mínimo de 0.09 mg/l.

Los nitritos son un indicador de contaminación que raramente sobrepasa de 0.1 mg/l en agua superficial o a profundidades. Pero a pesar de que son valores de concentraciones bajas, estos pueden ser muy tóxicos para la vida acuática de un cuerpo de agua. Cabe mencionar también que es producto de afluentes de agua residual.

6.3.4. Fosfatos

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de fosfatos en los tres puntos de muestreo. En las gráficas, se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

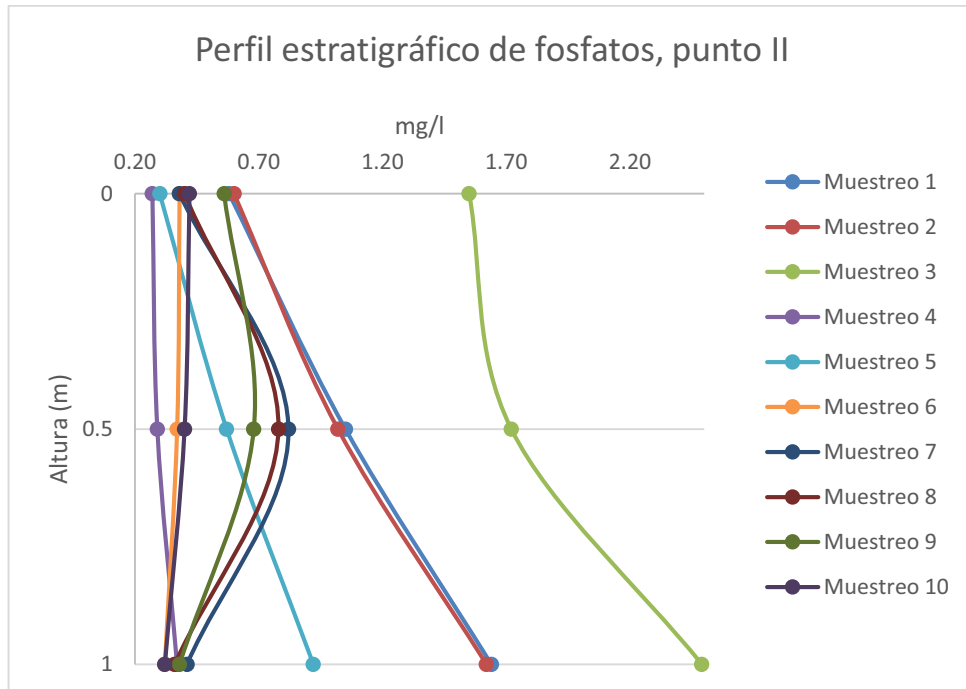
Figura 66. Perfil de fosfatos, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de fosfatos en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.75 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.62 mg/l a un nivel de superficie.

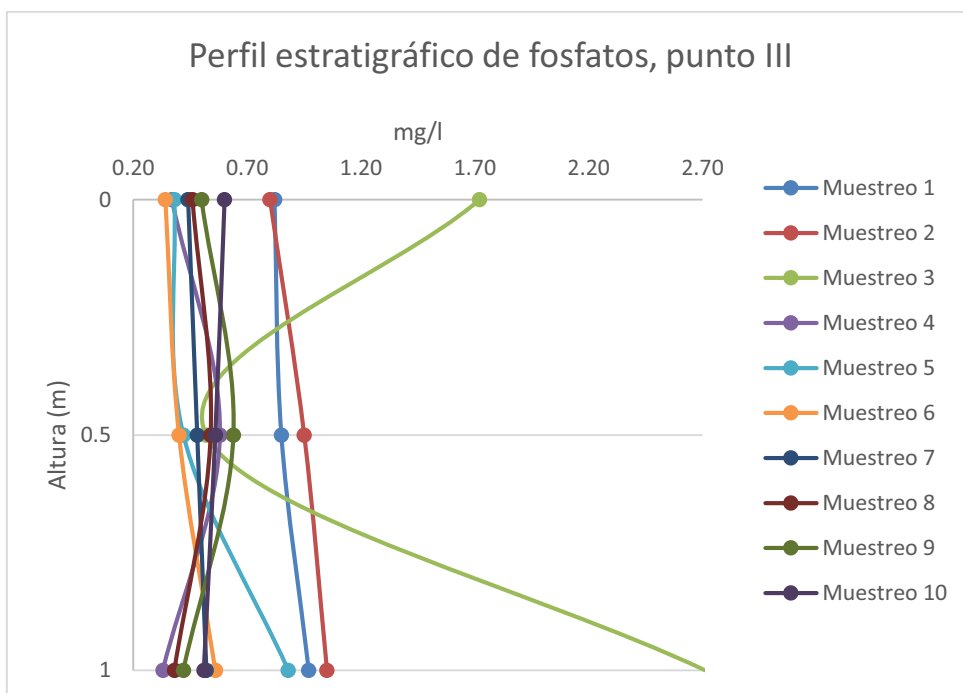
Figura 67. Perfil fosfatos, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de fosfatos en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.88 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.54 mg/l a un nivel de superficie.

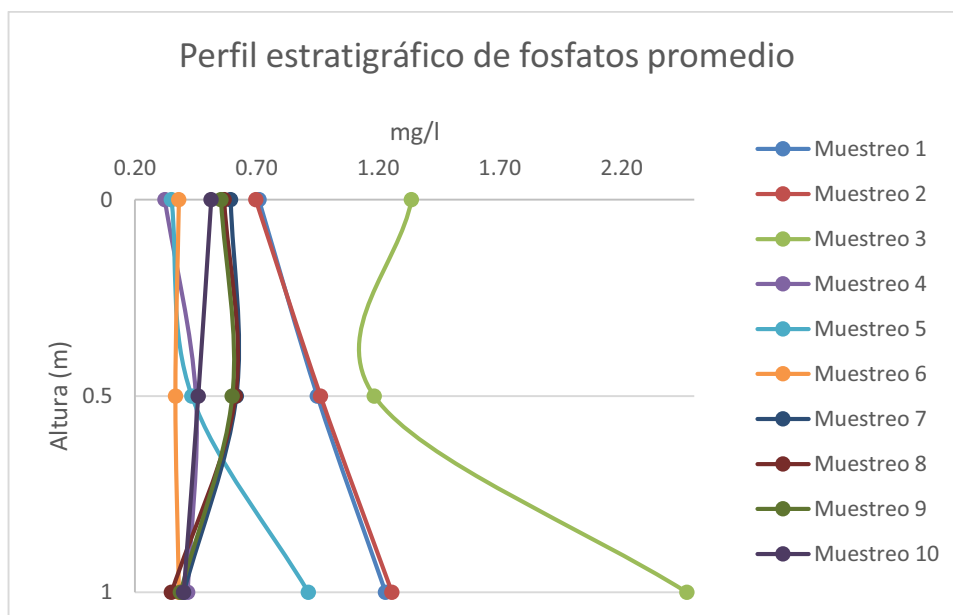
Figura 68. Perfil de fosfato, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de fosfatos en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.83 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.64 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 69. Perfil de promedio de fosfatos



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de fosfatos promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en promedio muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 0.82 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 0.60 mg/l a un nivel de superficie.

Los fosfatos son productos de aguas grises, productos agrícolas, fertilizantes, entre otros. Estos estimulan el crecimiento de las algas en un cuerpo de agua, y son muy visibles cuando las superficie de un cuerpo de agua se torna verde lima.

Acontinuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

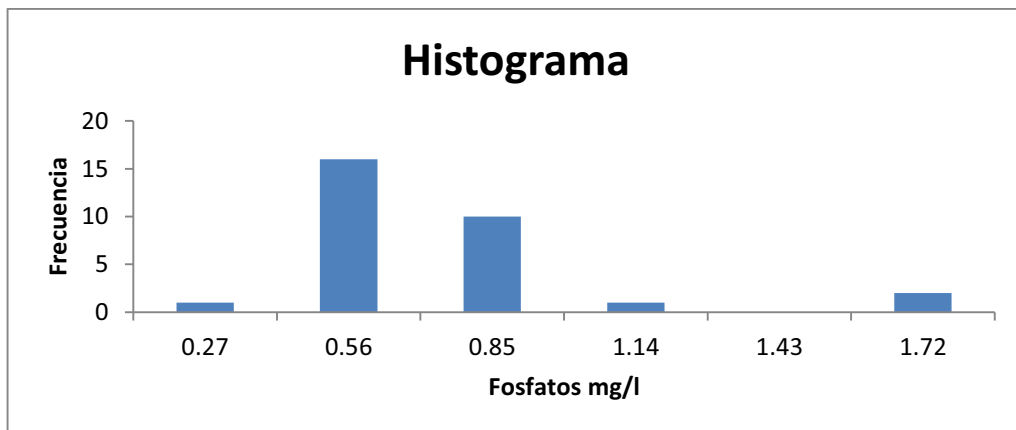
Tabla XXXVI. **Datos estadísticos fosfatos superficial**

<i>Fosfatos Superficial</i>	
Media	0.60233333
Error típico	0.06098555
Mediana	0.51
Moda	0.6
Desviación estándar	0.33403162
Varianza de la muestra	0.11157713
Curtosis	4.97686399
Coefficiente de asimetría	2.12125854
Rango	1.45
Mínimo	0.27
Máximo	1.72
Suma	18.07
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.27 mg/l y 1.72 mg/l con un valor promedio de 0.60 mg/l.

Figura 70. **Histograma de fosfatos superficial**



Fuente: elaboración propia.

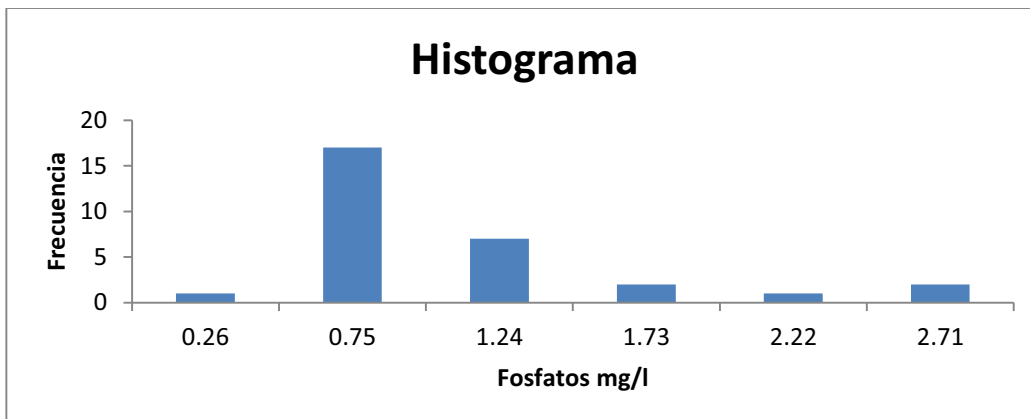
Tabla XXXVII. **Datos estadísticos fosfatos 1.00 metro**

<i>Fosfatos 1.00 m</i>	
Media	0.82033333
Error típico	0.12383386
Mediana	0.515
Moda	0.36
Desviación estándar	0.67826596
Varianza de la muestra	0.46004471
Curtosis	1.85315072
Coefficiente de asimetría	1.60861327
Rango	2.45
Mínimo	0.26
Máximo	2.71
Suma	24.61
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

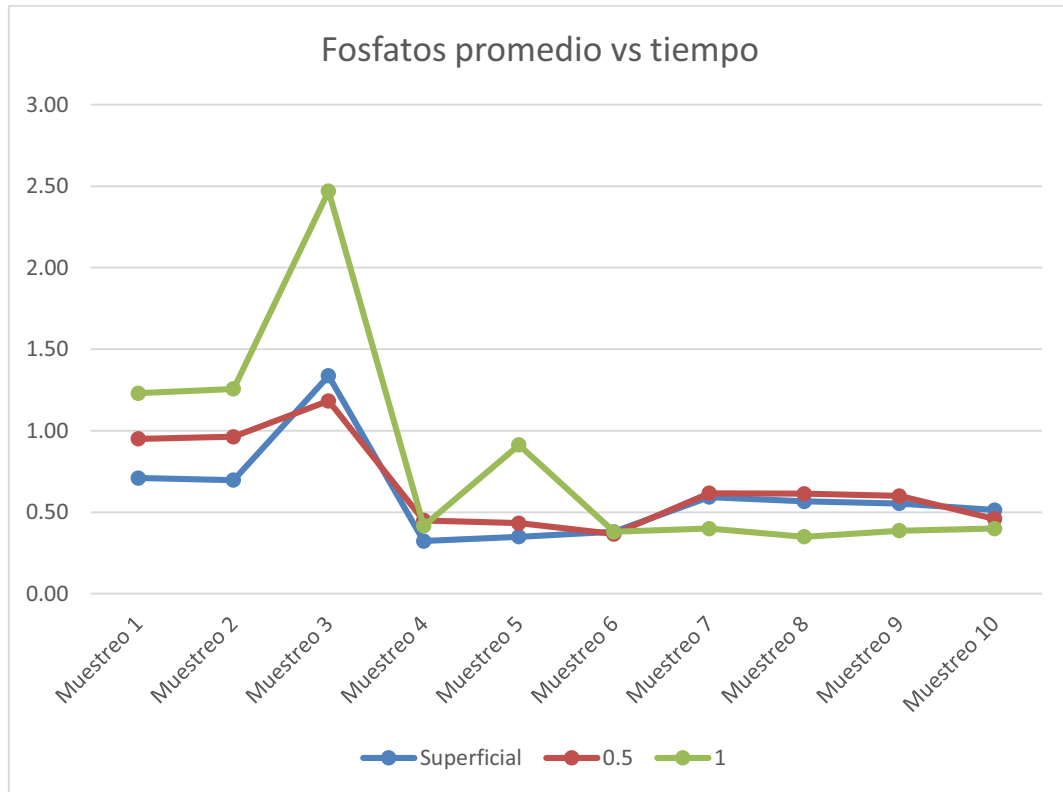
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 0.26 mg/l y 2.71 mg/l con un valor promedio de 0.82 mg/l.

Figura 71. **Histograma de fosfatos 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Fosfatos en el tiempo**



Fuente: elaboración propia.

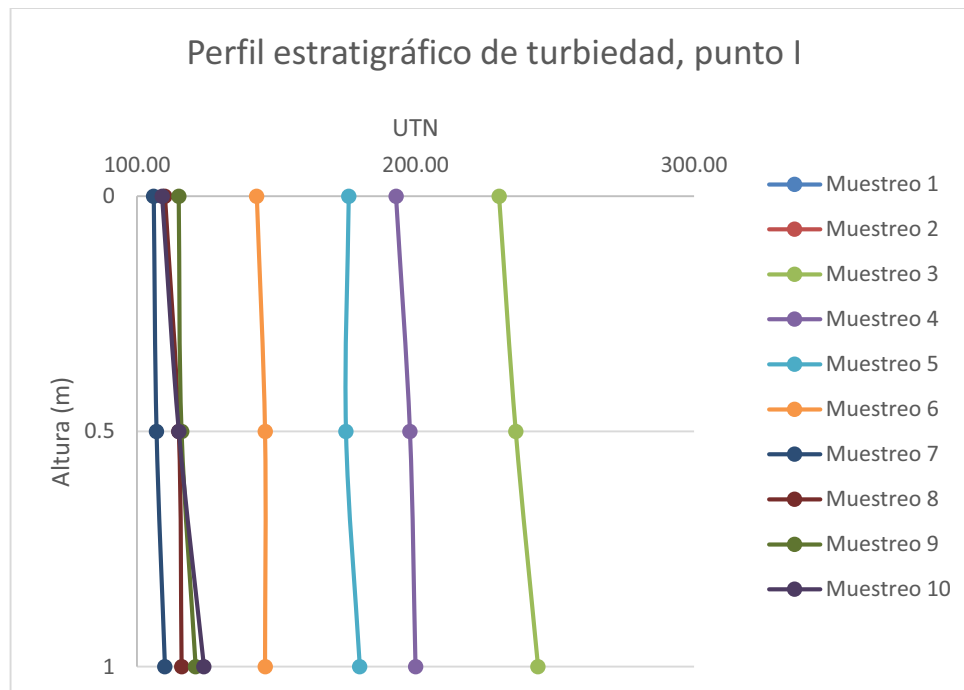
En la gráfica de fosfatos en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de fosfatos de 0.82 mg/l y un dato mínimo de 0.60 mg/l.

Los fosfatos son indicadores de exceso de nutrientes, los cuales pueden afectar un cuerpo de agua, según el tipo de afluentes. Normalmente estos vienen en productos agrícolas y aguas grises.

6.3.5. Turbiedad

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de turbiedad en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observaran las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

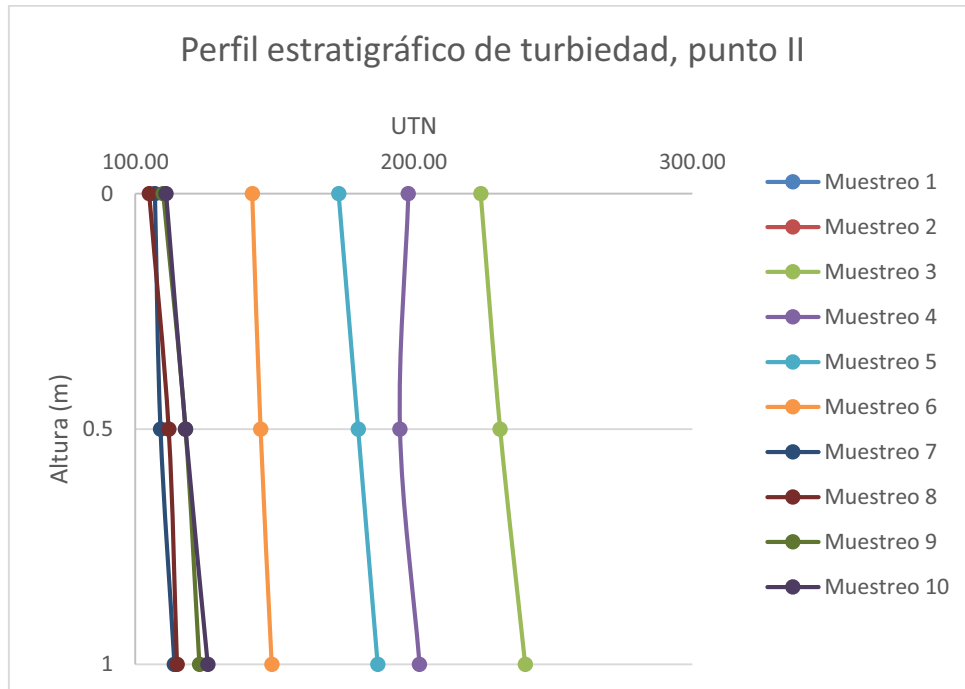
Figura 73. Perfil de turbiedad, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de turbiedad en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 248.80 UTN a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 233 UTN a un nivel de superficie.

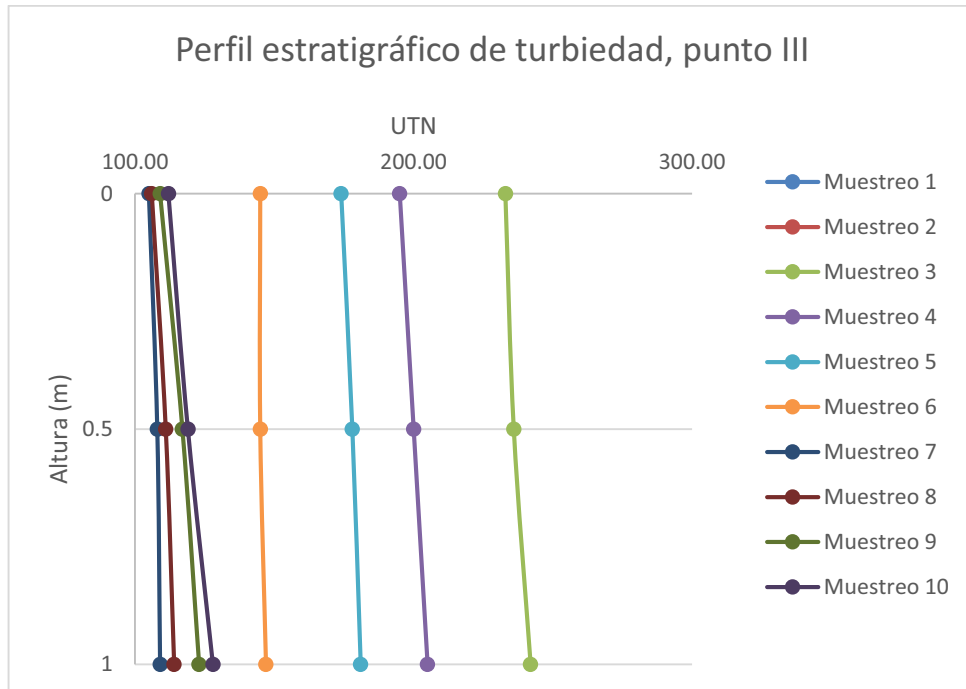
Figura 74. Perfil de turbiedad, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de turbiedad en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 245.40 UTN a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 233.80 UTN a un nivel de superficie.

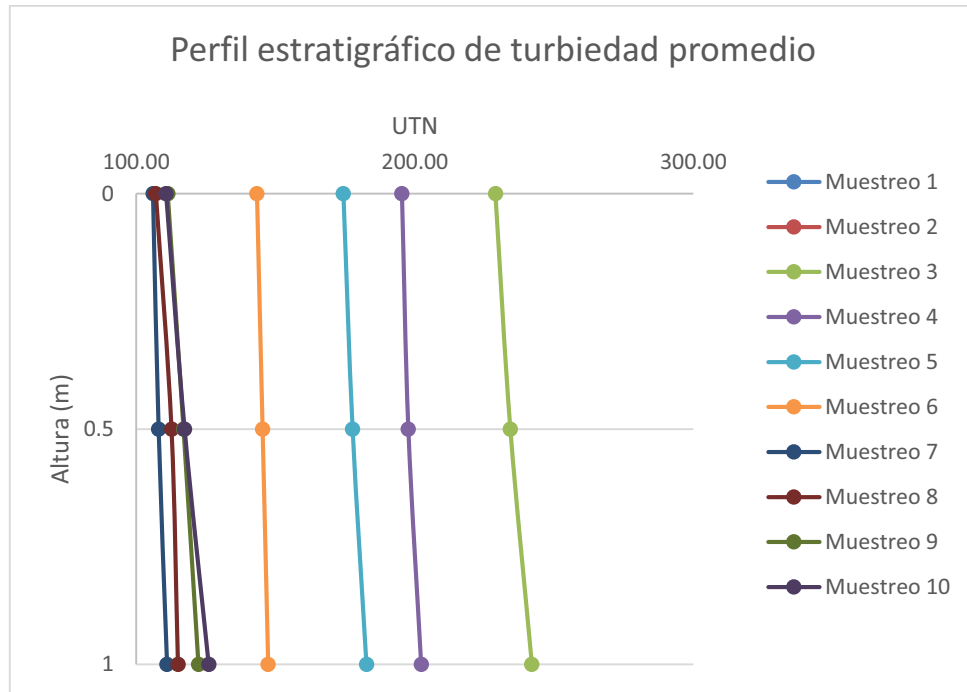
Figura 75. Perfil de turbiedad, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de turbiedad en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 242.10 UTN a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 230.90 UTN a un nivel de superficie.

Figura 76. Promedio de turbiedad



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de turbiedad promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en promedio muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 245.43 UTN a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 231.57 UTN a un nivel de superficie.

Los altos niveles de turbiedad en la laguna pueden ser, debido a varios factores, como: la baja profundidad de la laguna, la erosión del suelo y escorrentia que causa color café el agua, llamado también turbidez por arcilla.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

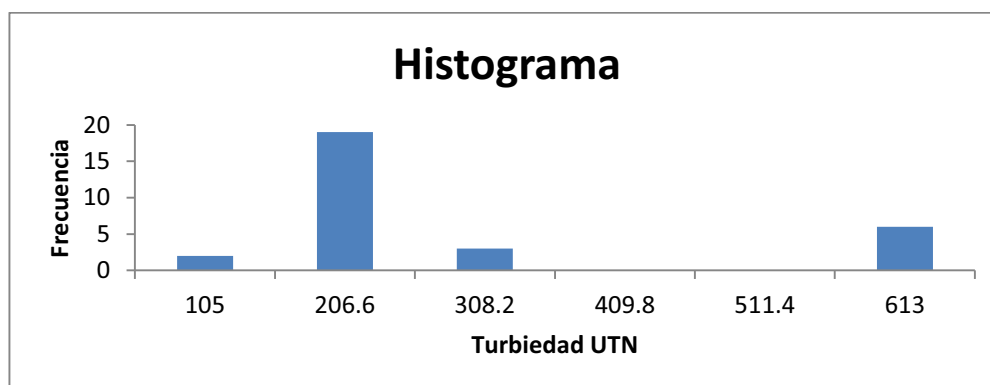
Tabla XXXVIII. **Datos estadísticos de turbiedad en superficial**

<i>Turbiedad Superficial</i>	
Media	231.566667
Error típico	32.4115661
Mediana	159
Moda	106
Desviación estándar	177.525459
Varianza de la muestra	31515.2885
Curtosis	0.44881082
Coficiente de asimetría	1.43564968
Rango	508
Mínimo	105
Máximo	613
Suma	6947
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 105 UTN y 613 UTN con un valor promedio de 231.56 UTN.

Figura 77. **Histograma de turbiedad superficial**



Fuente: elaboración propia.

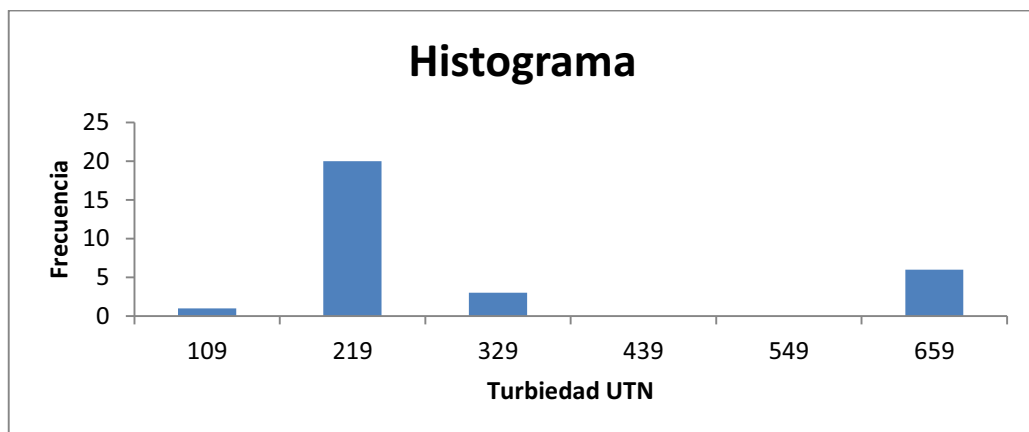
Tabla XXXIX. **Datos estadísticos turbiedad a 1.00 metro**

<i>Turbiedad 1.00 m</i>	
Media	245.433333
Error típico	34.1618421
Mediana	164.5
Moda	114
Desviación estándar	187.112115
Varianza de la muestra	35010.9437
Curtosis	0.41195646
Coficiente de asimetría	1.43879318
Rango	550
Mínimo	109
Máximo	659
Suma	7363
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

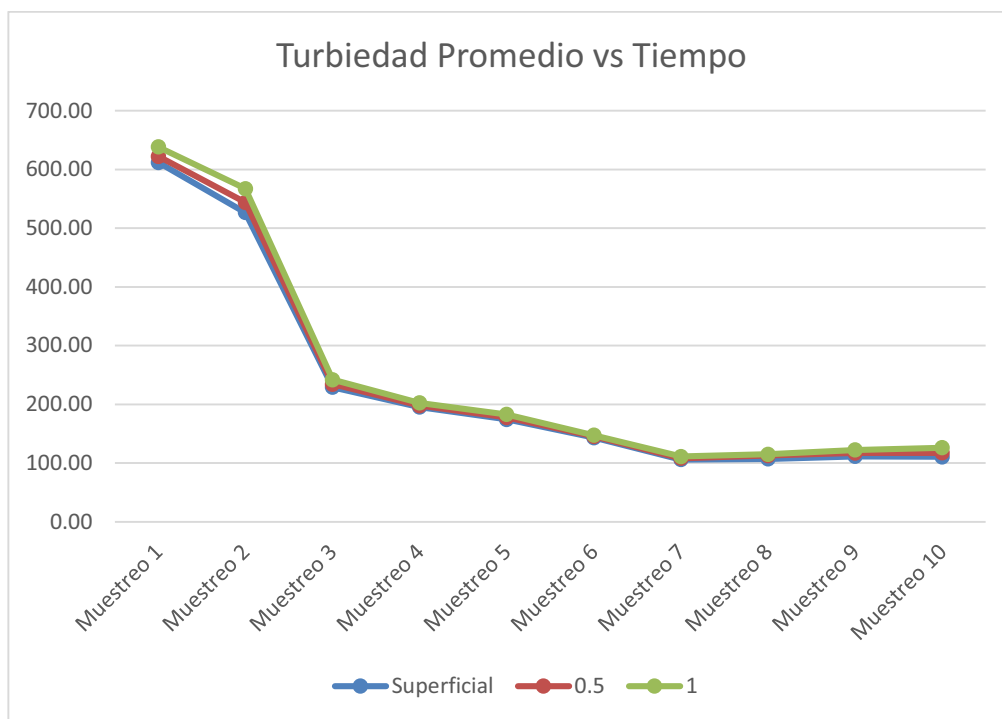
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 109 UTN y 659 UTN con un valor promedio de 245.43 UTN.

Figura 78. **Histograma de turbiedad a 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Turbiedad en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

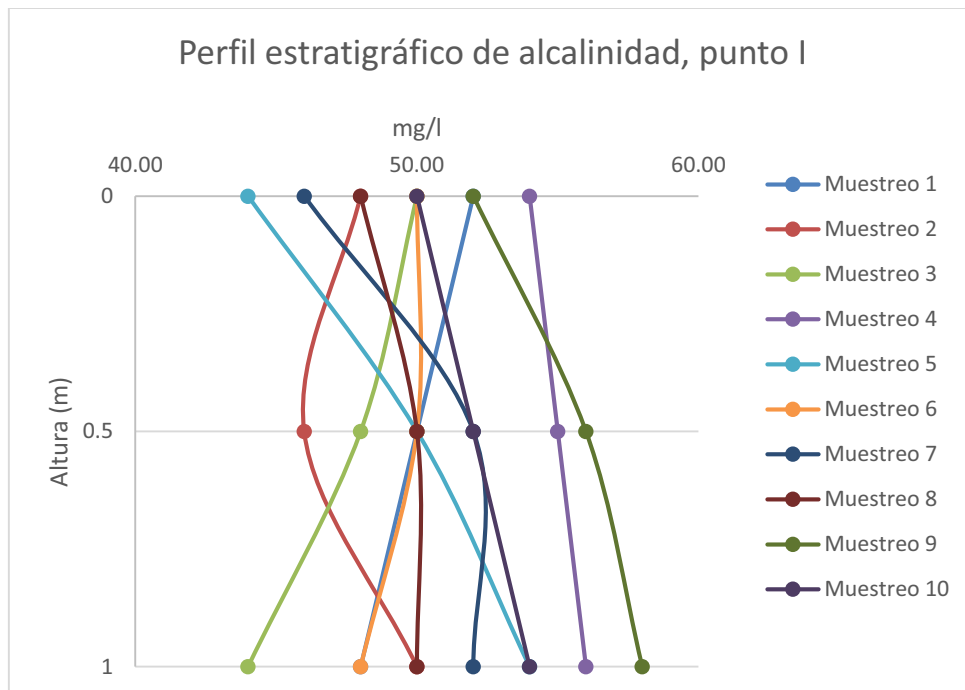
En la gráfica de Turbiedad en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) podemos observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de Turbiedad de 245.43 UTN y un dato mínimo de 231.57 UTN.

Los altos niveles de turbiedad son indicadores que calidad de la laguna Monja Blanca estan en deterioro progresivo, habría que realizar algún tipo de control de afluentes para controlar la calidad de la laguna.

6.3.6. Alcalinidad

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de alcalinidad en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

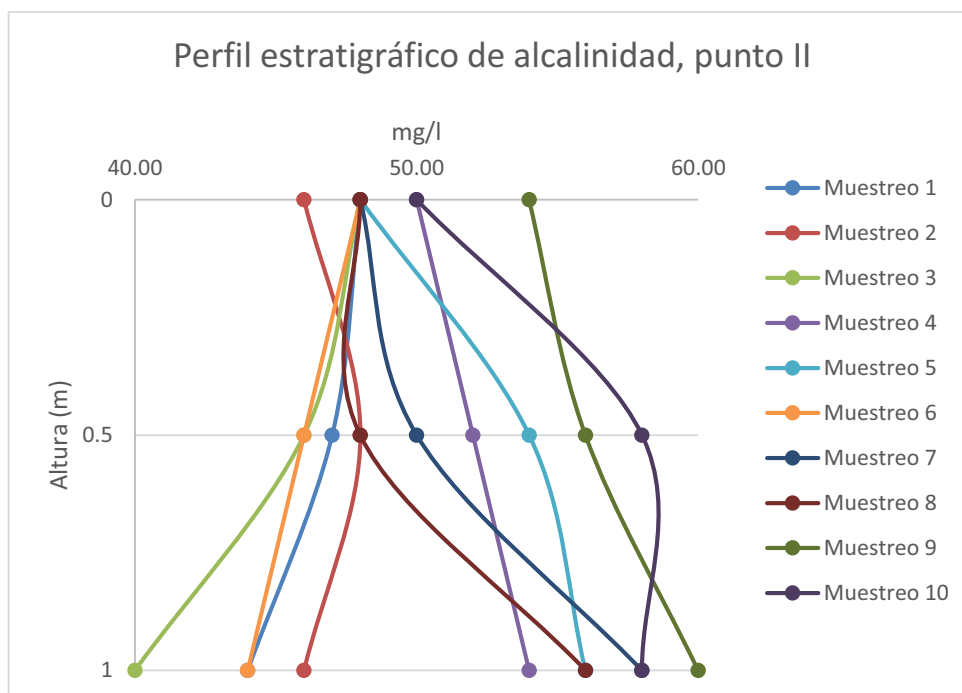
Figura 80. Perfil de alcalinidad, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de alcalinidad en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 51.40 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 49.40 mg/l a un nivel de superficie.

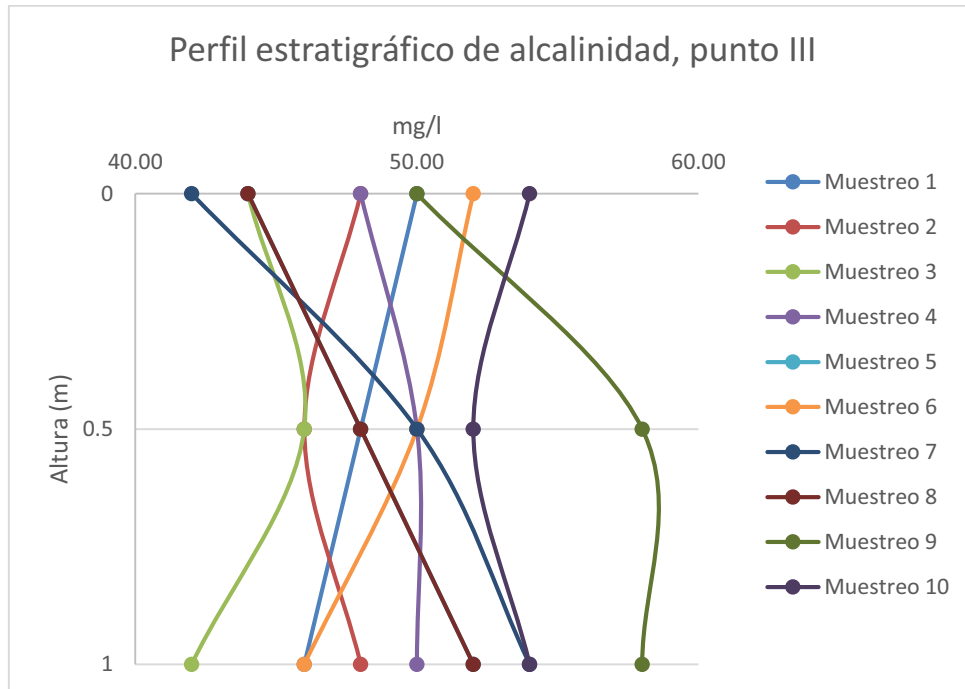
Figura 81. Perfil de alcalinidad, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de alcalinidad en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 51.60 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 48.80 mg/l a un nivel de superficie.

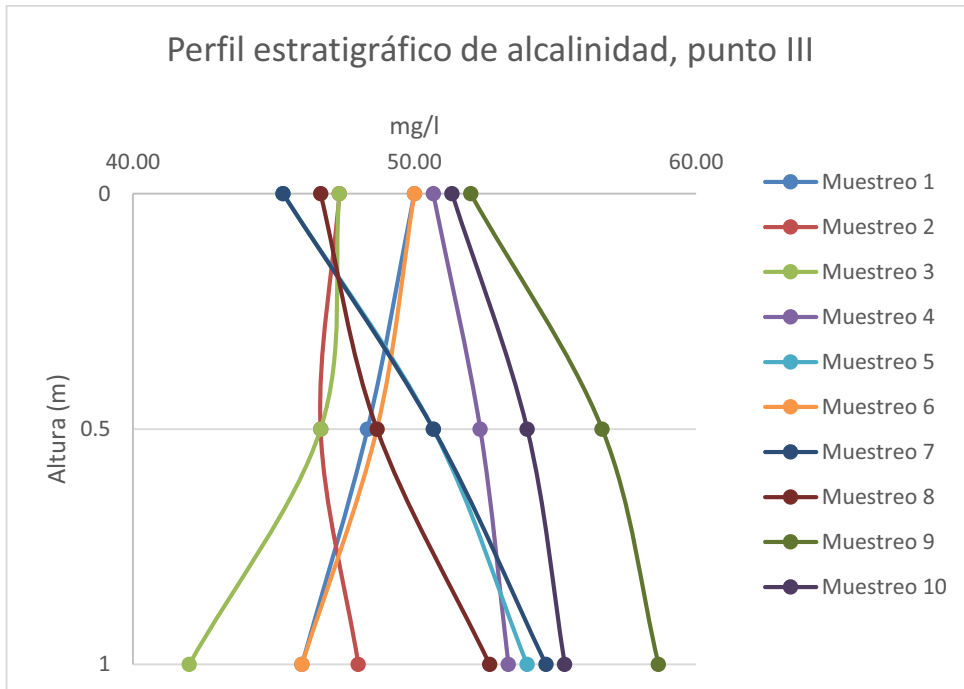
Figura 82. Perfil de alcalinidad, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de alcalinidad en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 50.20 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 47.60 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 83. Perfil promedio de alcalinidad



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de lcalinidad promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo de 51.07 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo de 48.60 mg/l a un nivel de superficie.

La laguna Monja Blanca se considera que posee una alcalinidad baja y el 100 % de esta constituida de bicarbonatos.

Acontinuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

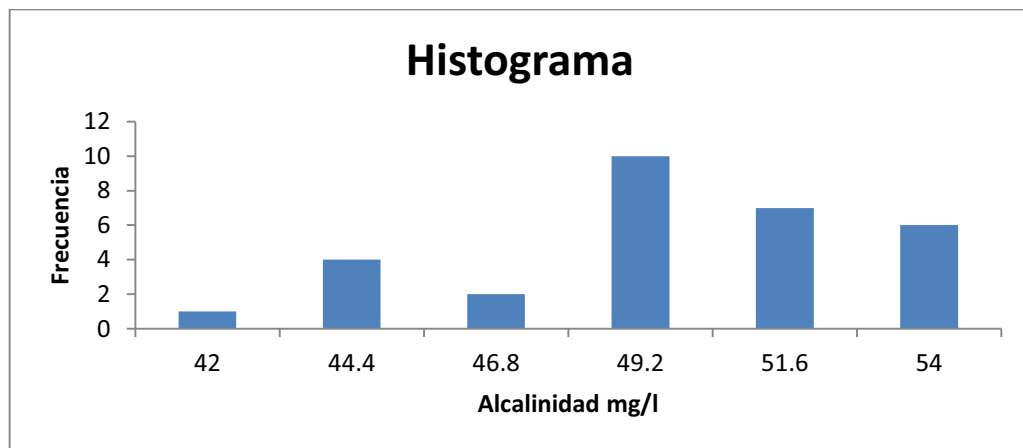
Tabla XL. **Datos estadísticos de alcalinidad en superficie**

<i>Alcalinidad Superficial</i>	
Media	48.6
Error típico	0.56852299
Mediana	48
Moda	48
Desviación estándar	3.11392866
Varianza de la muestra	9.69655172
Curtosis	-0.28753949
Coefficiente de asimetría	-0.12803744
Rango	12
Mínimo	42
Máximo	54
Suma	1458
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 42 mg/l y 54 mg/l con un valor promedio de 48.60 mg/l.

Figura 84. **Histograma de alcalinidad en superficial**



Fuente: elaboración propia.

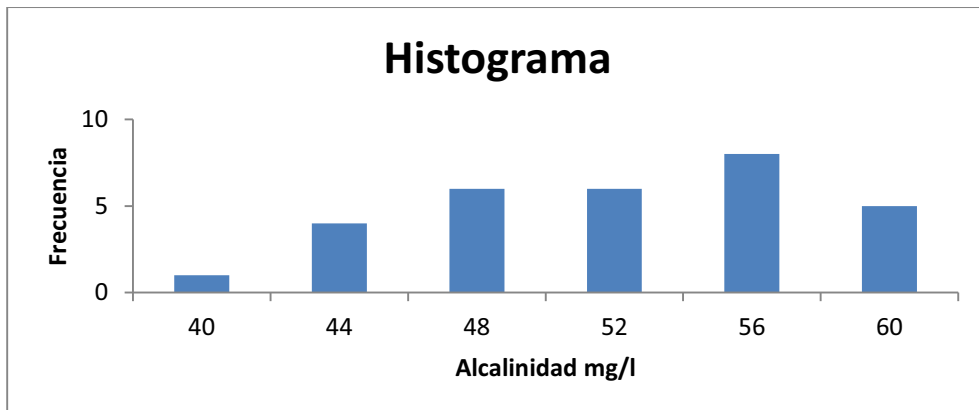
Tabla XLI. **Datos estadísticos alcalinidad 1.00 metro**

<i>Alcalinidad 1.00 m</i>	
Media	51.0666667
Error típico	0.99068458
Mediana	52
Moda	54
Desviación estándar	5.42620292
Varianza de la muestra	29.4436782
Curtosis	-0.92768155
Coefficiente de asimetría	-0.25547818
Rango	20
Mínimo	40
Máximo	60
Suma	1532
Cuenta	30

Fuente: elaboración propia.

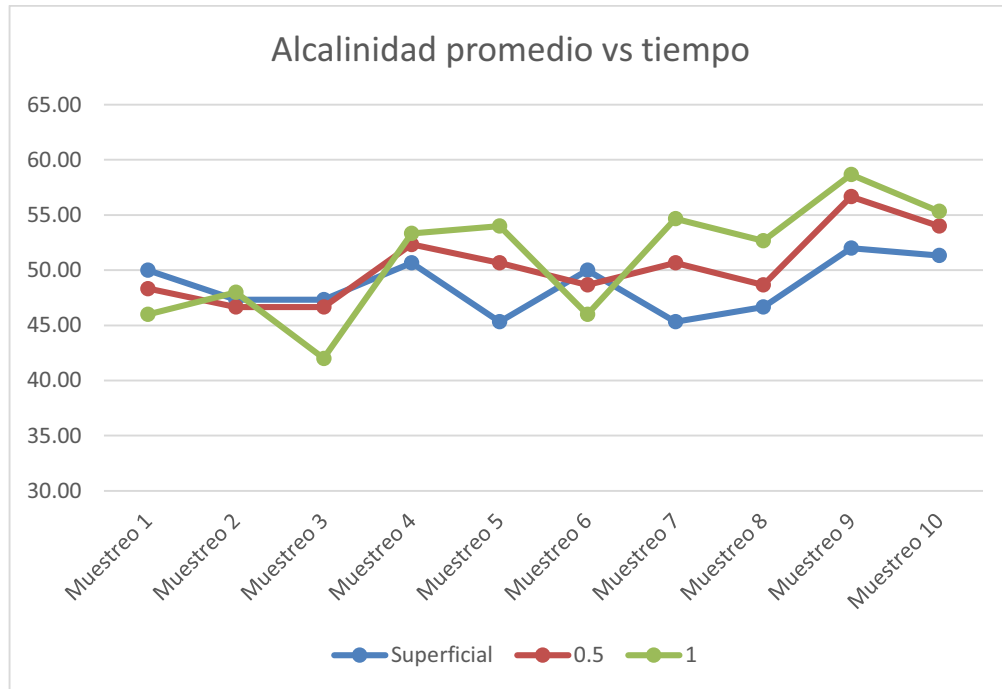
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 40 mg/l y 60 mg/l con un valor promedio de 51.06 mg/l.

Figura 85. **Histograma de alcalinidad 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 86. **Alcalinidad en el tiempo**



Fuente: elaboración propia.

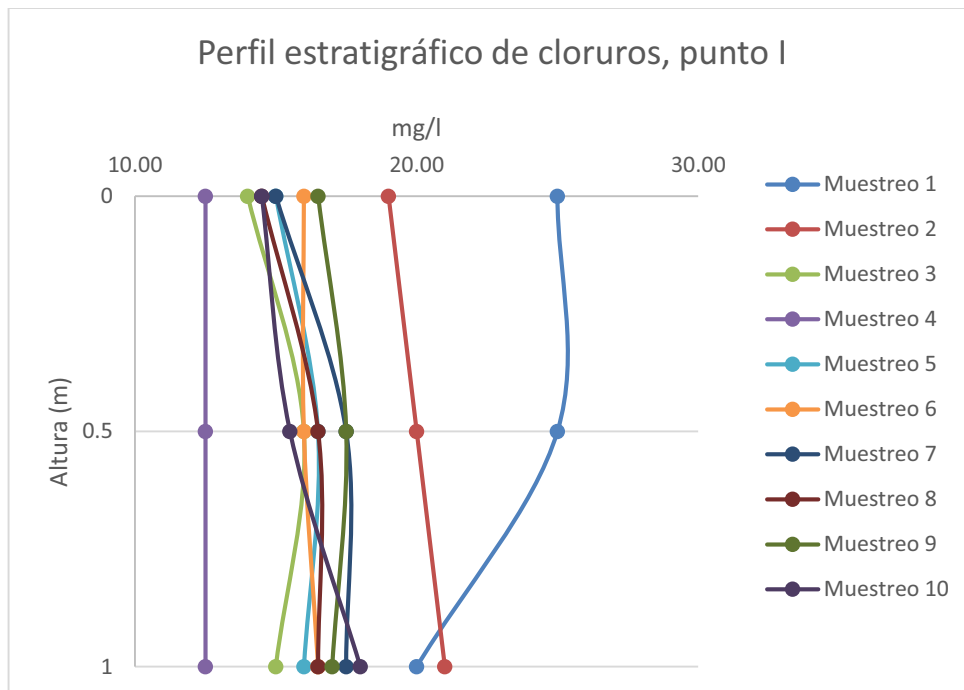
En la gráfica de alcalinidad en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) podemos observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de alcalinidad de 51.07 mg/l y un mínimo de alcalinidad de 48.60 mg/l.

Los resultados muestran niveles bajos de alcalinidad y una totalidad del 100 % de bicarbonatos de manera uniforme en la laguna Monja Blanca.

6.3.7. Cloruros

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de cloruros en los tres puntos de muestreo. En las gráficas, se podrán ver los perfiles estratigráficos donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

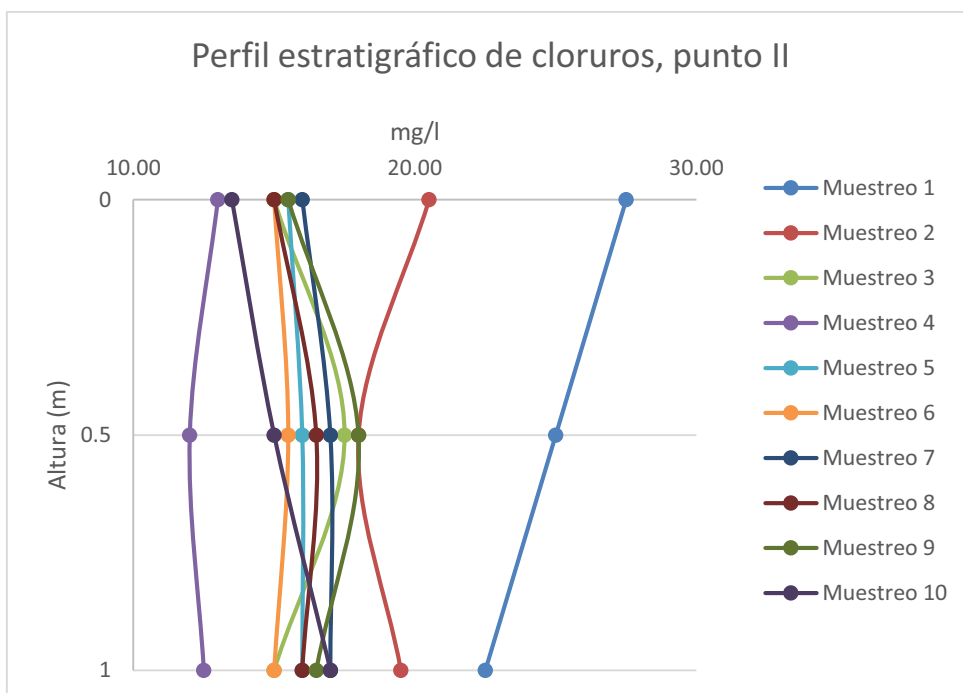
Figura 87. Perfil de cloruros, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de cloruros en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 17.00 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 16.20 mg/l a un nivel de superficie.

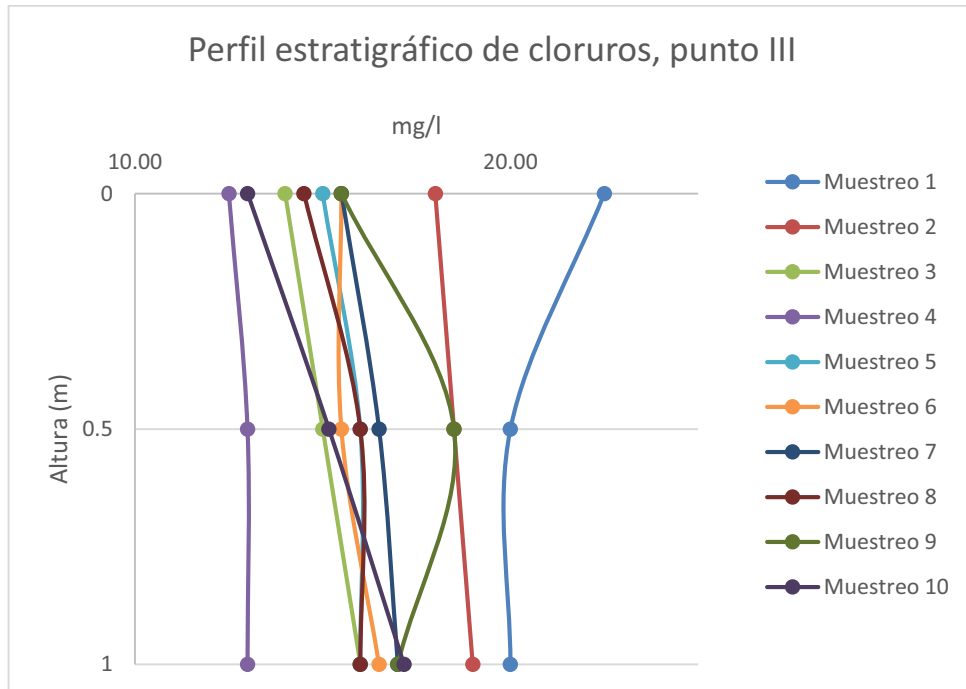
Figura 88. Perfil de cloruros, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de cloruros en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 16.70 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 16.65 mg/l a un nivel de superficie.

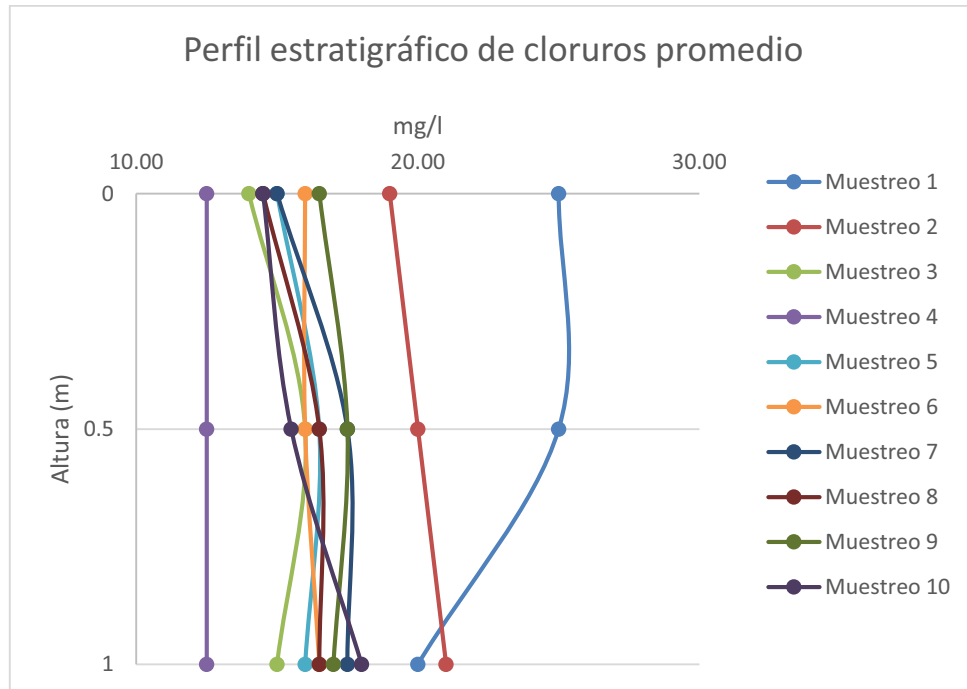
Figura 89. Perfil de cloruros, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de cloruros en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 16.70 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 15.40 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 90. Perfil promedio de cloruros



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de cloruros promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 16.80 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 16.08 mg/l a un nivel de superficie.

A continuación se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variación en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

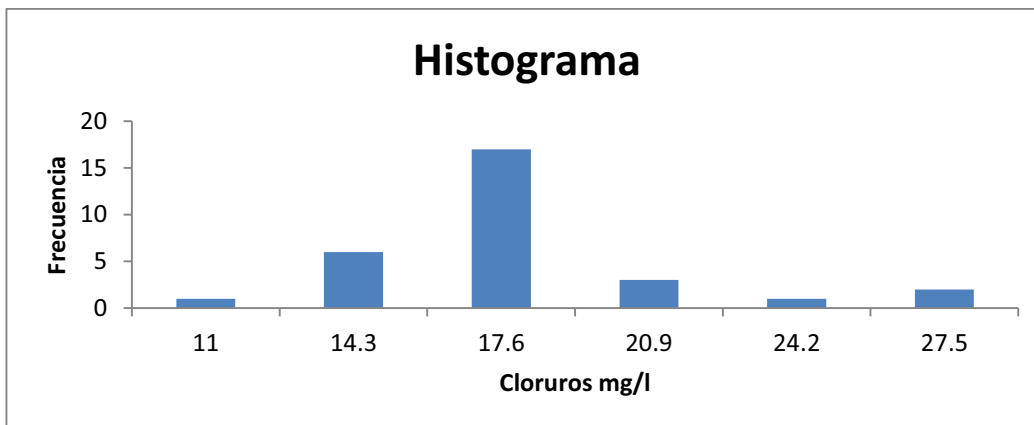
Tabla XLII. **Datos estadísticos cloruros superficial**

<i>Cloruros Superficial</i>	
Media	16.08
Error típico	0.66
Mediana	15.00
Moda	15.00
Desviación estándar	3.60
Varianza de la muestra	12.95
Curtosis	3.41
Coefficiente de asimetría	1.80
Rango	16.50
Mínimo	11.00
Máximo	27.50
Suma	482.50
Cuenta	30.00

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 11.00 mg/l y 27.50 mg/l con un valor promedio de 16.08 mg/l.

Figura 91. **Histograma cloruros superficial**



Fuente: elaboración propia.

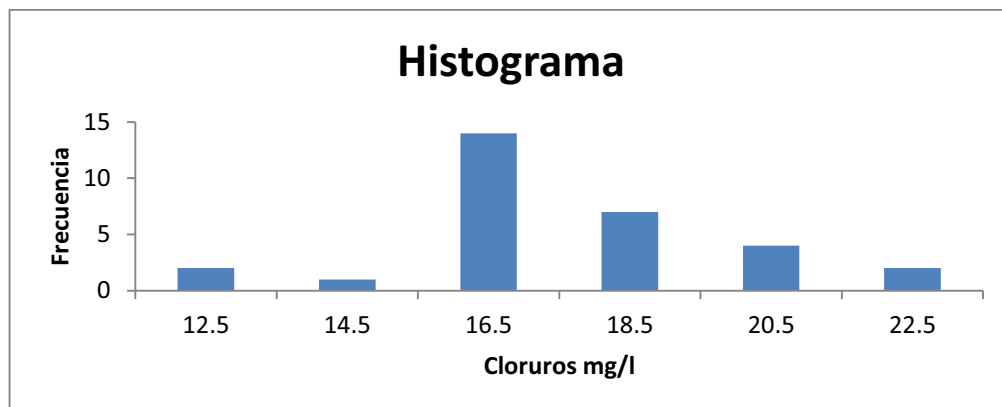
Tabla XLIII. **Datos estadísticos de cloruros 1.00 metro**

<i>Cloruros 1.00 m</i>	
Media	16.80
Error típico	0.42
Mediana	16.50
Moda	16.00
Desviación estándar	2.28
Varianza de la muestra	5.18
Curtosis	0.74
Coefficiente de asimetría	0.38
Rango	10.00
Mínimo	12.50
Máximo	22.50
Suma	504.00
Cuenta	30.00

Fuente: elaboración propia.

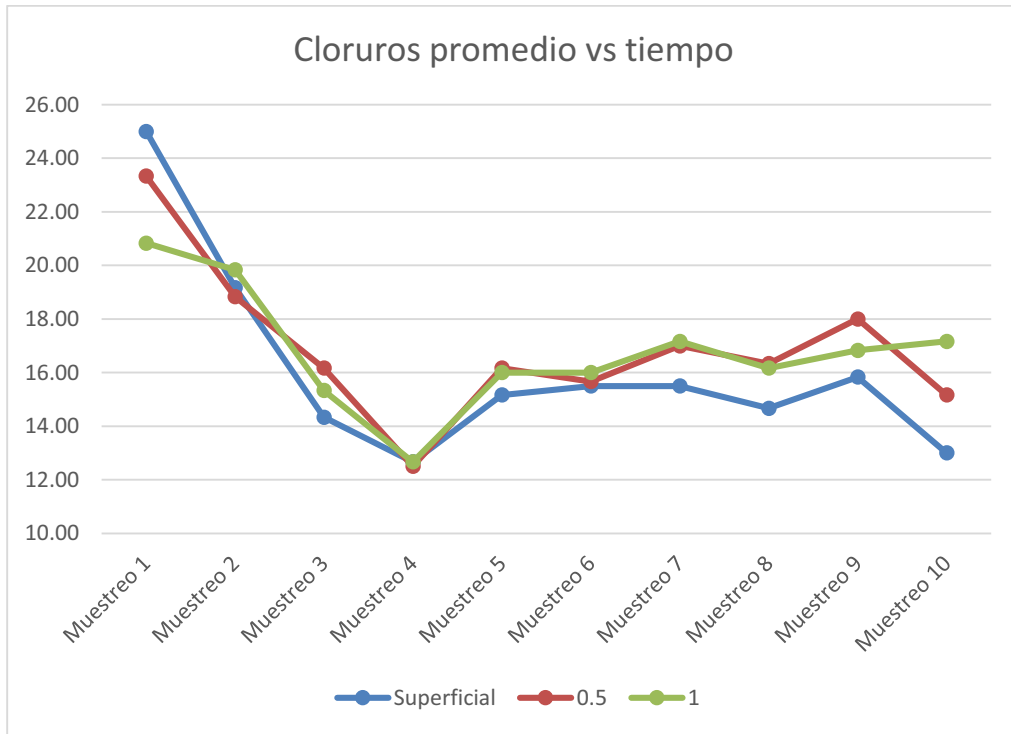
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 12.50 mg/l y 22.50 mg/l con un valor promedio de 16.80 mg/l.

Figura 92. **Histograma de cloruro 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Cloruros en el tiempo**



Fuente: elaboración propia.

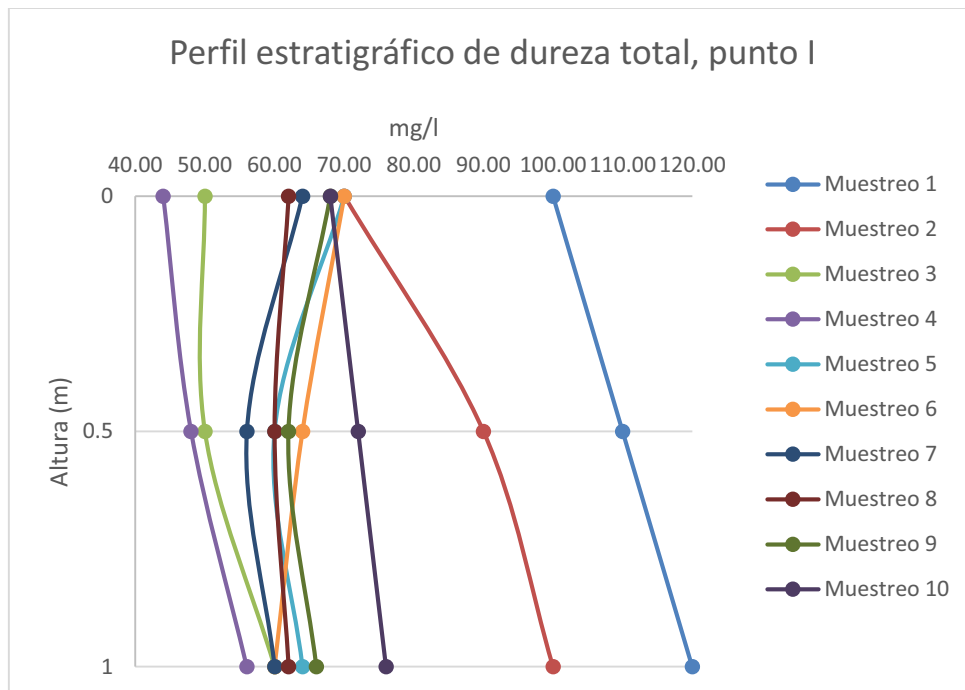
En la gráfica de cloruros en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de cloruros de 16.80 mg/l y un mínimo de cloruros de 12.80 mg/l.

Los resultados muestran niveles bajos de cloruros, por lo tanto, se puede decir que la cantidad de sales en la laguna provocadas por lixivios son mínimas.

6.3.8. Dureza Total

En las siguientes gráficas que se van a mostrar a continuación, se presentan los valores obtenidos de dureza total en los tres puntos de muestreo. En las gráficas se podrán ver los perfiles estratigráficos, donde se observarán las variaciones de cada uno de los puntos de muestreo.

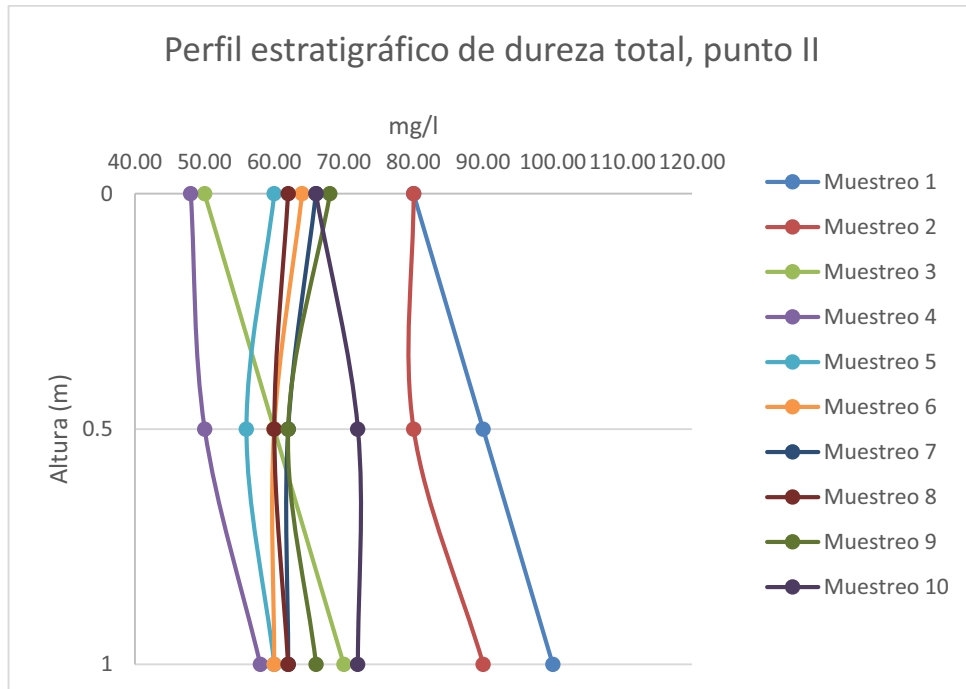
Figura 94. Perfil de dureza total, punto 1



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de dureza total en el punto 1, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 1 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 72.40 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 66.40 mg/l a un nivel de superficie.

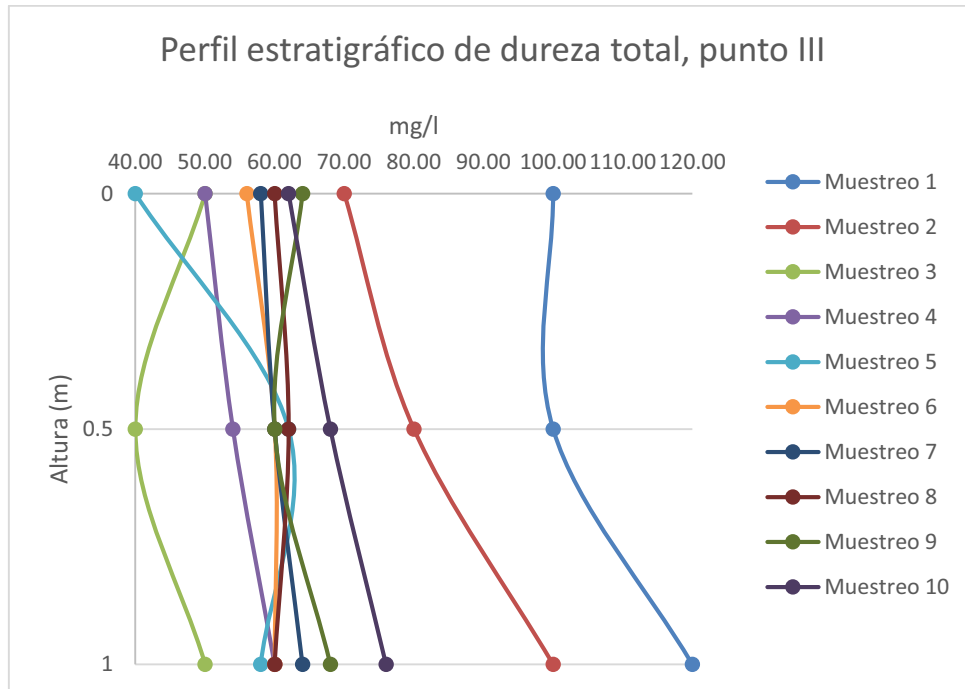
Figura 95. Perfil de dureza total, punto 2



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de dureza total en el punto 2, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 2 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 70.00 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 64.40 mg/l a un nivel de superficie.

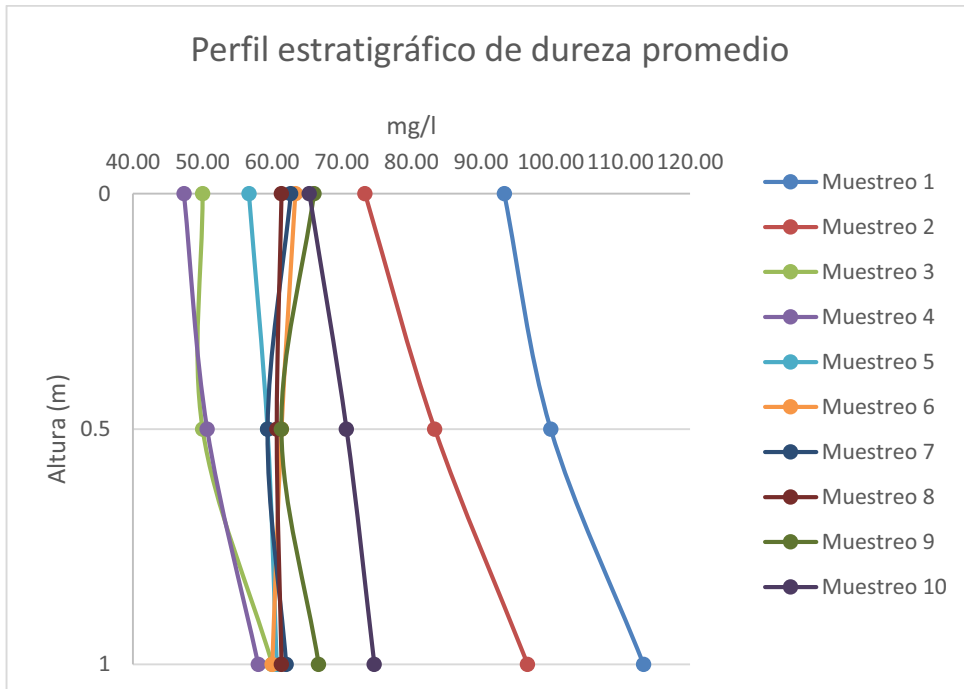
Figura 96. Perfil de dureza total, punto 3



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de dureza total en el punto 3, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo en el punto 3 muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 71.60 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 61.00 mg/l a un nivel de superficie.

Figura 97. Perfil de promedio de dureza total



Fuente: elaboración propia.

En la grafica de dureza total promedio, se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los muestreos realizados a lo largo del tiempo muestran un comportamiento definido, teniendo un valor máximo promedio de 71.33 mg/l a un metro de profundidad y un valor mínimo promedio de 63.93 mg/l a un nivel de superficie.

Acontinuacion se presenta el resumen estadístico, histograma y gráfica de variacion en el tiempo a superficial y 1 metro de profundidad.

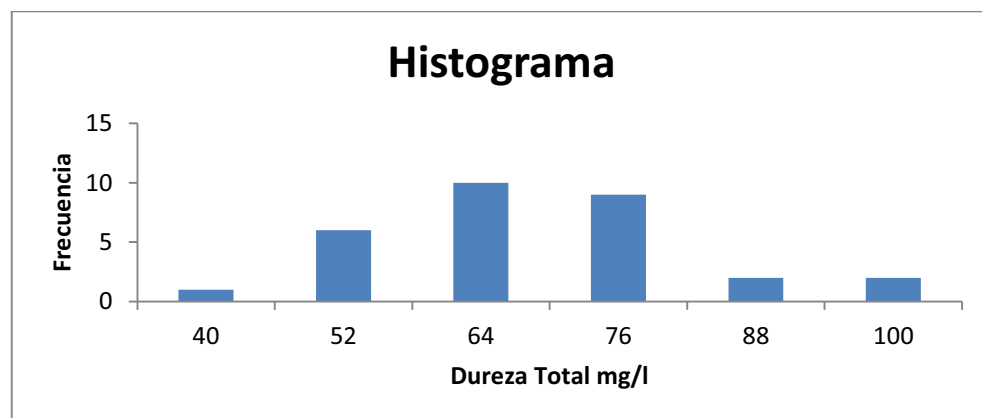
Tabla XLIV. **Datos estadísticos de dureza total superficial**

<i>Dureza Total Superficial</i>	
Media	63.93
Error típico	2.50
Mediana	64.00
Moda	70.00
Desviación estándar	13.71
Varianza de la muestra	188.00
Curtosis	1.74
Coefficiente de asimetría	0.94
Rango	60.00
Mínimo	40.00
Máximo	100.00
Suma	1918.00
Cuenta	30.00

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 40.00 mg/l y 100.00 mg/l con un valor promedio de 63.93 mg/l.

Figura 98. **Histograma de dureza total superficial**



Fuente: elaboración propia.

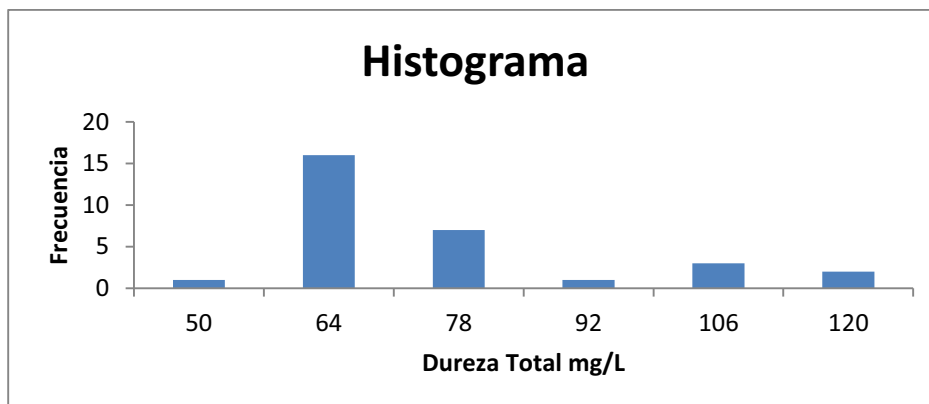
Tabla XLV. **Datos estadísticos de dureza total 1.00 metro**

<i>Dureza Total 1.00 m</i>	
Media	71.33
Error típico	3.41
Mediana	63.00
Moda	60.00
Desviación estándar	18.67
Varianza de la muestra	348.51
Curtosis	1.50
Coefficiente de asimetría	1.56
Rango	70.00
Mínimo	50.00
Máximo	120.00
Suma	2140.00
Cuenta	30.00

Fuente: elaboración propia.

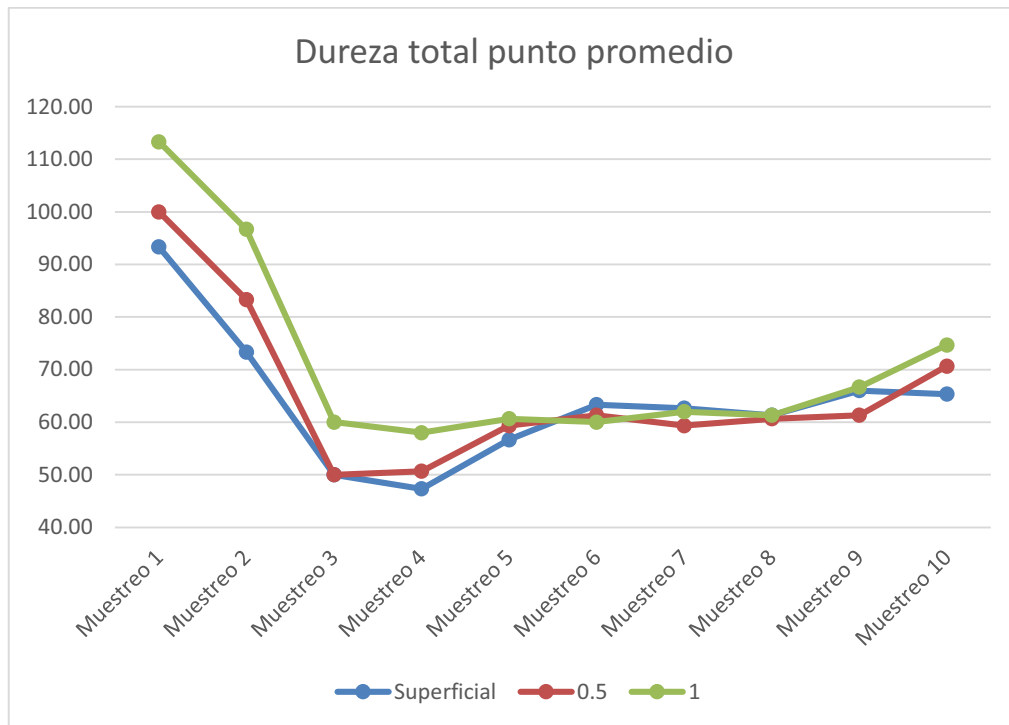
Los datos que se muestran en la tabla indica que los valores oscilan entre 50.00 mg/l y 120.00 mg/l con un valor promedio de 71.33 mg/l.

Figura 99. **Histograma de dureza total 1.00 metro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 100. Dureza total en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de dureza total en el tiempo promedio (superficial, 0.50 m y 1.00 m) se puede observar el comportamiento en la laguna Monja Blanca, a través del tiempo de investigación desde el primer muestreo el 07/05/2017 hasta el último que se realizó el 04/03/2018. Además, se tiene un comportamiento definido, teniendo un dato máximo de dureza de 71.33 mg/l y un mínimo de 63.93 mg/l.

Los resultados muestran la cantidad de dureza total es mínima por lo que se considera que esta en un rango de de dureza blanda.

7. PROPUESTA DE PLAN DE SANEAMIENTO

Los resultados obtenidos en el área fisicoquímica identificaron que la laguna Monja Blanca se encuentra en un estado de rango (trófico–hipertrófico) y se desconoce realmente de donde provienen los nutrientes, ya que la laguna no tiene intervención por el ser humano en actividades como (descarga de aguas residuales, agricultura o ganado).

La municipalidad de Palencia tiene contemplado dentro del “Plan de Desarrollo Municipal”, recuperar, proteger y mantener la laguna Monja Blanca, considerandola dentro de sus ejes de desarrollo como “fuente hídrica y área de potencial de turismo”. Sin embargo, hasta el momento no existe ninguna acción o intervención por parte de la municipalidad para dar solución al problema. Por lo que basado en los resultados obtenidos del índice de estado trófico, análisis fisicoquímico y la gestión municipal, se plantea realizar una propuesta de saneamiento en toda la cuenca de la laguna Monja Blanca.

La propuesta de saneamiento tiene como referencia el “PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2011-2025” del municipio de Palencia y las acciones que se tomaron en consideración para la mejora de la laguna Monja Blanca son con base a los ejes de desarrollo que tiene planificado el municipio de Palencia.

7.1. Propuesta de saneamiento de la cuenca de la laguna Monja Blanca

La propuesta tiene como objeto el garantizar el desarrollo de actividades encaminadas a el saneamiento, recuperación y mantenimiento en las mejores condiciones idóneas posibles a la cuenca de la laguna Monja Blanca teniendo como referencia el Plan de Desarrollo Municipal de Palencia.

La propuesta de plan de saneamiento estará en función de los ejes de desarrollo y las matrices de planificación de proyectos que se describen en el Plan de Desarrollo Municipal y en los cuadros anteriores.

- Objetivo estratégico: 3.1

- Objetivo operativo: 3.1.6 - Proteger los atractivos naturales en el municipio de Palencia.

- Indicador: 1 laguna recuperada, protegida y manejada a partir del año 2016. (planteado como solución las siguientes actividades).
 - ✓ Reforestacion
 - ✓ Educación sanitaria
 - ✓ Mejoramiento acceso vial
 - ✓ Desechos solidos

- Programa: Protejamos nuestro entorno natural.

- Proyecto: Proteccion y manejo de la Laguna Monja Blanca.

Figura 101. **Área de influencia de la cuenca de la laguna Monja Blanca**



Fuente: elaboración propia.

El área de influencia de la cuenca de la laguna Monja Blanca se caracteriza por tener áreas con pendientes pronunciadas y terrenos con poca área verde y tiene una distancia respecto a la población de 3.00 kilómetros.

Las áreas se obtuvieron por medio de la herramienta de dibujo Civil 3D y un mapa escala 1: 50,000 obtenido de la universidad de Texas, USA.

- El área de la laguna Monja Blanca es de 0.07 km²
- El área influencia de la cuenca de la laguna Monja Blanca es de 0.64 km²

Dentro de las actividades encaminadas para recuperar, proteger y manejar la cuenca de la laguna Monja Blanca, están las siguientes actividades: reforestación, educación sanitaria, control de desechos sólidos y mejoramiento de acceso a la laguna.

7.1.1. Reforestación

La reforestación es la disminución o eliminación de la vegetación natural y sus causas principales que producen este problema son: la tala inmoderada, el cambio de uso de suelo para la agricultura, establecimiento de espacios urbanos y los incendios naturales y provocados.

Un método para revertir el daño causado por la deforestación es la reforestación, que consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos, cuidándolos para que se desarrollen adecuadamente y puedan regenerar un bosque

7.1.1.1. La reforestación se encuentra dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia

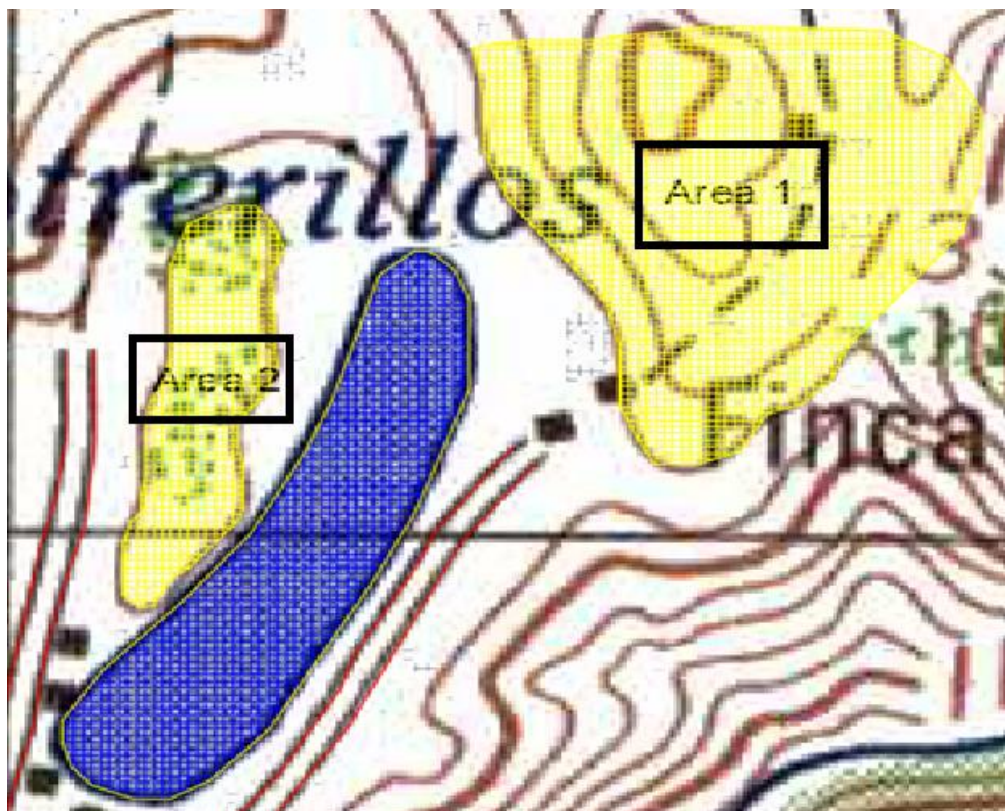
- Objetivo estratégico: 3.1
- Objetivo operativo: 3.1.7 - Proteger las áreas forestales de Palencia.

- Indicador: 10 % anual de area reforestada.
- Programa: proyecto de reforestación.
- Proyecto: Caserío Monja Blanca (no se encuentra descrito en el PDM, pero por ser un área de potencial forestal en el área de Palencia, se debe de incluir plan de áreas a reforestar).

7.1.1.2. Objetivos centrales del proyecto de reforestación

- Conservar el suelo, fuentes de agua y vegetación primaria.
- Evitar problemas de erosión debido a escorrentías superficiales en época de invierno.
- Contribuir a mejorar la calidad de vida de las poblaciones adyacentes a las plantaciones, creando fuentes de empleo permanentes y temporales.

7.1.1.3. Áreas de interés para reforestación



Fuente: elaboración propia.

Las áreas se obtuvieron por medio de la herramienta de dibujo Civil 3D y un mapa escala 1: 50,000 obtenido de la universidad de Texas, USA.

- Área 1: 12.35 hectáreas
- Área 2: 3.05 hectáreas.
- Área total de reforestación: 15.40 hectáreas.

Se plantea sembrar 350 - 400 árboles por hectárea.

7.1.2. Educación sanitaria

La escasa información sobre prácticas saludables de los servicios de saneamiento básico, especialmente en poblaciones rurales incrementa los hábitos inadecuados del uso del agua potable, alcantarillado sanitario, disposición sanitaria de basuras y recursos naturales, haciéndolos vulnerables a enfermedades producidas por inadecuadas condiciones sanitarias; repercutiendo finalmente en el tipo de calidad de vida de la población.

7.1.2.1. La educación encuentra dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia

- Objetivo estratégico: 3.1
- Objetivo operativo: 3.1.3 - Capacitar a la población en edad escolar la importancia de conservación de los recursos naturales
- Indicador: 25 % de establecimientos educativos impartiendo el curso a partir del año 2012.
- Programa: Cuidando nuestros recursos naturales.
- Proyecto: Municipio de Palencia (Implementar tema de educación sanitaria).

7.1.2.2. Objetivos centrales del proyecto de Educación Sanitaria

- Promover en la población de la municipalidad de Palencia conocimiento, prácticas y valores con relación al saneamiento básico, que permita la progresiva sostenibilidad de los servicios, en beneficio de la población.
- Implementar estrategias y acciones de reflexión y concientización dirigidas a desarrollar actitudes y comportamientos adecuados que faciliten la gestión eficiente de los servicios de saneamiento básico, con responsabilidad colectiva.
- Capacitar a la población, para usar racionalmente el agua y mantener adecuadamente los servicios.
- Sensibilizar a la población, a fin de desarrollar en forma conjunta cultura sanitaria.

7.1.2.3. Estrategia

Se propone estrategias educativas para contribuir responsablemente en la problemática del saneamiento básico, asumiendo el reto de intervenir en la cultura de la población mediante procesos educativos que permita lograr cambios en los hábitos, valores y prácticas adecuadas en el uso de los servicios prestados y el medio ambiente, contribuyendo así con la progresiva sostenibilidad de los mismos.

Los temas que se plantean desarrollar son: uso del agua potable, valor económico y ecológico de este recurso, uso del alcantarillado sanitario, cuidado del medio ambiente y reciclaje; mediante actividades dinámico-participativas.

El logro de objetivos y metas propuestos en este plan no se harán realidad sin el apoyo de la municipalidad de Palencia.

7.1.2.4. Actividades

El presenta plan de actividades está orientado a complementar acciones de información, capacitación y sensibilización orientadas a la población de la municipalidad de Palencia; básicamente mediante el uso de medios masivos de comunicación y de material impreso que permita orientas, informar y sensibilizar a la poblacion respecto al uso de los servicios de saneamiento.

7.1.2.4.1. Medio masivos de comunicación

Se promoverá estrategias para informar a la poblacion del municipio de Palencia en general sobre las actividades en educación sanitaria, brindar consejos prácticos para ahorrar agua y para mantener operativas las instalaciones de agua y desagüe.

Las acciones de sensibilización se orientarán de manera importante mediante el uso del medio de comunicación, en temas de carácter operacional, como: mantenimiento de instalaciones sanitarias, como ahorrar el agua, alcantarillado sanitario y cuidado del medio ambiente. De tal manera que se puede logara impactos positivos en la poblacion de la municipalidad de Palencia.

7.1.2.4.2. Material educativo de información y sensibilización (Folletos, trifoliales)

La producción de material educativo involucra todo un proceso serio que va desde la diagramación, validación, producción hasta la distribución. El material educativo a utilizar será, definido, según los temas a impartir.

De esta manera se podrá contar con material de difusión a la mano para desarrollar la labor de orientar y sensibilizar a la población del municipio de Palencia y reforzar las recomendaciones tanto en el buen uso de los servicios.

7.1.2.4.3. Capacitación “Cultura del agua, servicios de saneamiento y cuidado al medio ambiente”

Se implementarán procesos educativos de información en temas de ahorro de agua, valor económico del agua, uso y mantenimiento de los servicios sanitarios, reutilización del agua, relación medio ambiente con el ser humano, los recursos naturales y reciclaje.

7.1.3. Mejoramiento de acceso vial

Con respecto al acceso vial, se propone dar reacondicionamiento a la calle de terracería que lleva a la laguna Monja Blanca, ya que en época de lluvia existe mucho arrastre de sedimentos por lo que deteriora de manera progresiva la calidad de la laguna. Además, es muy importante nivelar la calle alrededor ya que tiene a empozarse mucha el agua cada vez que llueve y eso da cabida a que exista proliferación de mosquitos y zancudos.

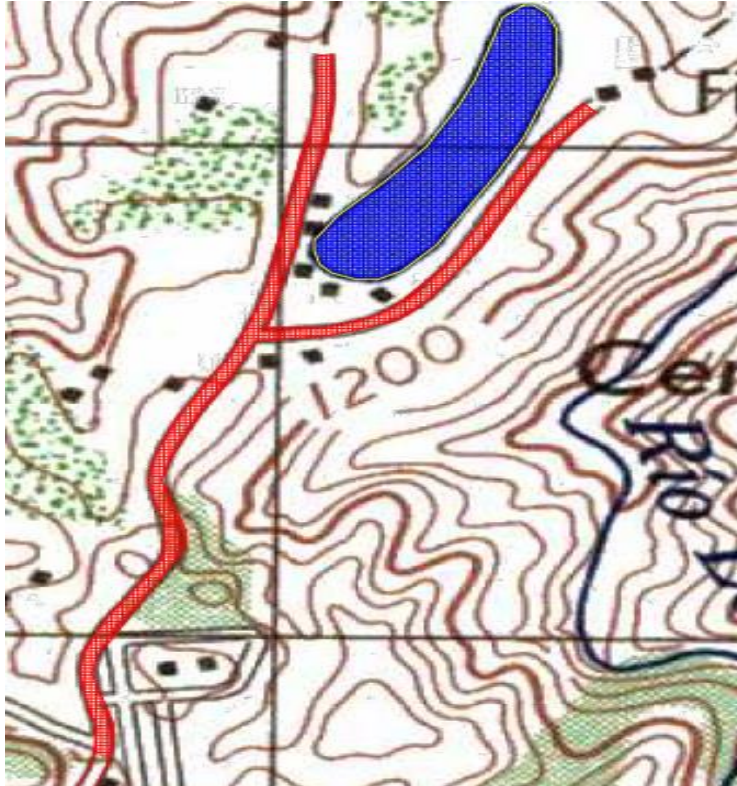
7.1.3.1. Los mejoramientos de acceso vial se encuentran dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia

- Objetivo estratégico: 1.2
- Objetivo operativo: 1.2.5. – Fortalecer la red vial del municipio
- Indicador: 10 % de caminos vecinales anuales mejorados a partir de 2012.
- Programa: Mejoramiento nuestras vías de acceso.
- Proyecto: Mejoramiento de caminos vecinales (La ejecución de mejoramientos viales están descritos en el Plan de Desarrollo Municipal en el área de casco urbano.

7.1.3.2. Objetivos centrales del proyecto de mejoramiento de acceso vial

- Reducción de arrastre de sedimentos en época de lluvia que afecten la calidad de agua de la laguna Monja Blanca.
- Fácil acceso para el turismo en la laguna Monja Blanca.
- Desarrollo para el municipio de Palencia y cumplir con los objetivos propuestos en el plan de desarrollo municipal de Palencia.

7.1.3.3. Áreas de interés para mejoramiento de acceso vial



Fuente: elaboración propia.

La distancia de obtuvo por medio de la herramienta de dibujo Civil 3D y un mapa escala 1: 50,000 obtenido de la universidad de Texas, USA.

Distancia de mejoramiento de acceso vial – 1.5 km (incluyendo la calle alrededor de la laguna Monja Blanca).

7.1.4. Desechos sólidos

La generación de desechos sólidos es parte insoluble de las actividades que realiza un gobierno local. Considerando que dentro de las etapas del ciclo

de vida de los desechos sólidos (generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final).

Las Municipalidades constituyen el escenario fundamental, en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos. Resulta esencial el tratamiento acertado de los temas y su consideración de forma priorizada en el contexto de las actividades de Gestión Ambiental, a través de los cuales se potencie el establecimiento de esquemas de manejo seguro que garanticen un mayor nivel de protección ambiental, como parte de las metas y objetivos de los diferentes sectores productivos y de servicios, en función del mejoramiento de los servicios que brindan las Municipalidades.

7.1.4.1. Recoleccion de desechos sólidos se encuentran dentro de los ejes de desarrollo del Plan de Desarrollo Municipal de Palencia

- Objetivo estratégico: 2.1
- Objetivo operativo: 2.1.11. – Satisfacer la necesidad de recolección de desechos sólidos de los lugares poblados de municipio de Palencia.
- Indicador: Tren de aseo implementado para el año 2016.
- Programa: Implementación de tren de aseo municipal
- Proyecto: Municipio de Palencia (mantener libre de basura y desechos el municipio de Palencia).

7.1.4.2. Objetivos centrales de recolección de desechos sólidos

- Concientizar y orientar a la comunidad en general, acerca de la importancia de un manejo adecuado de los desechos y del programa a ejecutarse en la localidad.
- Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos sólidos en el medio ambiente y la salud de la población.
- Realizar un inventario y monitorear los desechos generados en la municipalidad de Palencia.
- Categorización de los desechos sólidos para establecer el plan de manejo posterior.

7.2. Presupuesto Total

Es importante mencionar que los costos establecidos en este estudio son únicamente una aproximación y que es necesario realizar un estudio más detallado para establecer los costos reales para este tipo de proyectos.

Tabla XLVI. **Presupuesto estimado**

Presupuesto Estimado	
Reforestación	Q 450,000.00
Mejoramiento de acceso vial	Q 750,000.00
Educación Sanitaria	Q 50,000.00
Desechos sólidos	Q 100,000.00
Total de estimado	Q 1,350,000.00

Fuente: elaboración propia.

7.3. Propuesta de financiamiento

Entre las propuestas de financiamiento para los proyectos propuestos para la mejora de la laguna Monja Blanca están las siguientes:

El Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), mediante fondos del Gobierno de la República respalda el desarrollo sostenible, financiando proyectos dirigidos a proteger el medio ambiente y fortalecer el manejo de los recursos naturales las operaciones ambientales, abarcan agua y saneamiento, protección ecológica, desarrollo sostenible y fortalecimiento institucional.

La municipalidad de Palencia por medio fondos del gobierno, podría planificar y financiar el proyecto en la laguna Monja Blanca. Cabe mencionar que la laguna para el municipio es un patrimonio municipal en el cual pueden ingresar fondos por medio de actividades pesqueras o turísticas.

Otra opción de financiamiento podría ser a través de una ONG que se dedique a protección de recursos ambientales o recuperación de cuerpos de agua.

CONCLUSIONES

1. La hipótesis se comprobó negativamente, ya que la laguna Monja Blanca se encuentra en el nivel de estado Eutrófico – Hipertrófico, según la OCDE y TSI.
2. La deforestación y la erosión de los suelos están influyendo influyen en la carga de nutrientes de la laguna Monja Blanca, ya que los escurrimientos al pasar por una tierra que no tiene protección, lavan la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes de la misma.
3. La propuesta de plan de saneamiento en la cuenca de la laguna Monja Blanca está con base al “Plan de Desarrollo Municipal 2011-2025” del municipio de Palencia y la acciones para mejorarla son: reforestación, mejoramiento de acceso vial, educación sanitaria y desechos sólidos.
4. Los resultados de oxígeno disuelto muestran un dato máximo de 5.87 mg/l, un dato mínimo de 4.64 mg/l, un valor promedio de 5.26 mg/l y una desviación estándar de 0.41.
5. Los parámetros fisicoquímicos son muy similares en época de verano y en época de invierno, presentando pequeñas diferencias como alcalinidad en un rango de (48 mg/l – 50 mg/l), la temperatura en rangos de (30°C – 25°C), entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Para el control y monitoreo confiable por parte de los especialistas en Limnología, es de suma importancia generar registros estadísticos respecto de la variabilidad de los parámetros físicos (color, turbiedad, temperatura, entre otros) y parámetros químicos (fósforo total, nitritos, nitratos, cloruros, entre otros) que reflejen la calidad del agua de las muestras recolectadas y analizadas de un cuerpo de agua.
2. Es importante darles seguimiento a los parámetros evaluados en esta tesis, para que exista un monitoreo continuo que permita generar modelos bastante confiables para predecir el comportamiento de la laguna Monja Blanca en situaciones extremas o fuera de lo común.
3. Las autoridades municipales y a la administración encargada de velar por la conservación de la laguna Monja Blanca, se les recomienda restringir la aprobación de licencias de construcción para proyectos habitacionales que pongan en peligro la integridad de la laguna Monja Blanca y crear una comisión encargada de monitorear la calidad del agua de la laguna para su conservación.
4. Es importante desarrollar la propuesta de saneamiento para mejorar la calidad del agua, los saludos de los habitantes y el medio ambiente
5. Realizar un proyecto de reforestación en las áreas afectadas por la erosión, ya que arrastran sedimentos que azolvan el embalse.

BIBLIOGRAFÍA

- ARGUETA, Denis. Caracterización fisicoquímica de la laguna de Ayarza, ubicada entre los municipios de Casillas y San Rafael Las Flores del departamento de Santa Rosa, de la República de Guatemala. Tesis Magíster Msc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) 2011. 219 p.
- DUARTE Díaz, José Miguel. Caracterización fisicoquímica de la laguna El Pino ubicada entre los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo del departamento de Santa Rosa, de la República de Guatemala. Tesis Magíster Msc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) 2014. 152 p.
- CASTAÑEDA Salguero, César. Deterioro y desaparición de lagos y lagunas en Guatemala. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales, 1989. Vol. 4. 15 p.
- Centro de Investigaciones de Ingeniería. Análisis inventarial primario de las investigaciones limnológicas realizadas por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 18 p.
- COLE, G. A. 1083, 3a ed. USA: Textbook of Limnology. The C. V. Mosby Company, St. Luis, 1983. 1268 p.

MUCH Santos, Zenón (2009). Manual de laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria. USAC, Guatemala.

MURGEL Branco, Samuel (1984). Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Estados Unidos: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos.

RAMÍREZ Gonzáles, Alberto (1998). LIMNOLOGÍA COLOMBIANA, aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Primera edición. Colombia: PANAMERICANA formas e impresos S.A.

SARAVIA Celis, Pedro (2007). Contaminación del agua. Guatemala: Primera edición.

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. "Eutrofización del Lago de Amatitlán", Informe Final, págs. 4-6, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1981.

COLOMA, Santiago (1998). Identificación del Nivel trófico de la laguna de Calderas y Biodiversidad Biológica de la misma, estudio 1997-1998. Problema especial I. Guatemala: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales. Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001. 63p.

NORTHCOTE, T (1991). El lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual. ORSTOM (ed.) Chapter Eutrofización y problemas de polución. Francia: ORSTOM, Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Développement en Cooperation, pp. 563.

ADA, José, ROLDAN, Gabriel y RAMÍREZ John. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquía Colombia". Rev. Biol. Trop. 2000, vol.48, núm. 1, 59-70p.

VOLLENWEIDER, R. A. Directrices para la gestión de lagos. International Lake Environment Committee Foundation (PNUMA). 425 p.

CANTER W, Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental España: s.e., 1998.

Plan de Desarrollo Municipal 2011-2025 del municipio de Palencia. Municipalidad de Palencia.