



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos (ERIS)

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA 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**

Ing. José Miguel Duarte Díaz

Asesorado por el MSc. Ing. Zenón Much Santos

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL AGUA 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**

ESTUDIO ESPECIAL

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

POR

ING. JOSÉ MIGUEL DUARTE DÍAZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. ZENÓN MUCH SANTOS

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

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

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**DIRECTOR DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECUSOS HIDRÁULICOS**

MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR	MSc. Ing. Zenón Much Santos
EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
EXAMINADOR	MSc. Ing. Joram Matías 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:

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA 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

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), el 13 de febrero de 2014.



Ing. José Miguel Duarte Díaz
joseduarte1502@gmail.com
Carné No. 100023557



UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Regional de Ingeniería
Sanitaria y Recursos Hídricos



ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRAULICOS - ERIS -
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - USAC -

Edificio de ERIS,
Instalaciones de Prefabricados, CII
Ciudad universitaria Zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 24188000,
Ext.86212 y 86213
(502) 24189138
(502) 24189140

Telfax (502) 24189124

www.ingenieria-usac.edu.gt

Guatemala, octubre 16 de 2014

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

Respetuosamente me dirijo a usted, informándole por
medio de la presente que he revisado el documento
titulado:

**"Caracterización Físicoquímica del Agua 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".**

Elaborado por el Ingeniero José Miguel Duarte Díaz, como
parte de su Estudio Especial II y como requisito para optar
al grado académico de Maestro en Ingeniería Sanitaria,
mediante la presente me permito informarle mi satisfacción
con su contenido y 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. Zenon Muñoz Sarría
Asesor del estudio



UNIVERSIDAD SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA



Guatemala, 29 de octubre de 2014

Señores Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos

Respetuosamente les comunico que he revisado y aprobado, en mi calidad de Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el documento de Estudio Especial titulado:

Caracterización Físicoquímica del Agua 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.

Presentado por el estudiante:

Ing. José Miguel Duarte Díaz

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 E. Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria

Guatemala, 28 de octubre de 2014

Ingeniero Pedro Saravia
Director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ing. Saravia:

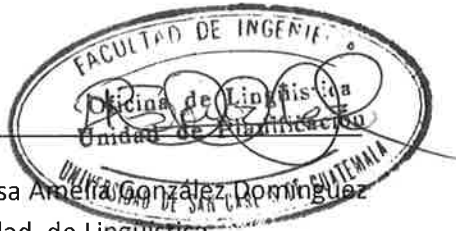
Por este medio extiendo constancia a la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, de la Facultad de Ingeniería, que se ha realizado satisfactoriamente la revisión y corrección de estilo del trabajo de graduación de Maestría en Ciencias de Ingeniería Sanitaria: **Caracterización fisicoquímica del agua 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**, del estudiante ingeniero **José Miguel Duarte Díaz (carné: 100023557)**.

Para los requerimientos que su despacho necesite.

Atentamente,

(f) y sello

Licda. Rosa Amelia González Domínguez
Unidad de Lingüística
Facultad de Ingeniería



Rosa Amelia González Domínguez
LICENCIADA EN LETRAS
Colegiado No. 5284

UNIVERSIDAD SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA



Guatemala, 03 de noviembre de 2014

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. Zenón Much Santos, M.Sc. Ing. Joram Matías Gil Larroj, M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria; M.Sc. Ing. Adán Pocasangre Collazos y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Rosa Amelia González Domínguez, Colegiada No. 5284, al trabajo del estudiante Ing. José Miguel Duarte Díaz, titulado: **Caracterización Físicoquímica del Agua de la Laguna El Pino, ubicada entre los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo del Departamento de Santa Rosa de la Republica de Guatemala**. En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los 03 días del mes de noviembre de 2014.

Imprimase

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
DIRECTOR



AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por acompañarme en cada momento de mi vida.
- Mis padres** Hilder Abilio Duarte Beza y Fabiola Díaz Matta de Duarte, por alentarme y guiarme en el mejor camino a seguir adelante y ser una mejor persona y profesional cada día.
- Mis hermanos** M.Sc. Ing. Felipe Duarte e Ing. Juan Duarte, por acompañarme en cada etapa de mi formación, con cariño este logro es de todos.
- En especial** María Natalia Ruiz Rendón, por todo su amor.
- Mis amigos y compañeros** Por su amistad, apoyo y aprendizaje y por esos momentos que nunca voy a olvidar compartidos en ERIS 2012, especialmente al Ing. Misael Cambara.
- Mi asesor** M.Sc. Ing. Zenón Much Santos, por acompañarme en la investigación, compartir sus conocimientos que fue de mucha ayuda para culminar este logro de mi vida.

**Escuela Regional de
Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos**

Por mi formación académica durante mi carrera
y a los catedráticos los recuerdo con mucho
cariño.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme alcanzar este grado académico.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
HIPÓTESIS.....	XXV
ANTECEDENTES GENERALES.....	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII
1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL PINO.....	1
1.1. Datos socioeconómicos	3
1.2. Problemas en el cuerpo de agua	4
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Importancia básica de los estudios de los lagos	7
2.2. Clasificación del agua por su uso	7
2.3. Calidad del agua	8
2.4. Tipos de lagos	10
2.5. Zonificación de los lagos	10
2.6. Batimetría laguna El Pino	11
2.7. Variables abióticas que determinan la calidad de un cuerpo de agua	14
2.8. Transparencia	14

2.9.	Potencial de hidrógeno (pH)	14
2.10.	Temperatura	15
2.11.	Oxígeno disuelto	15
2.12.	Control de nutrientes	16
2.12.1.	Nitrógeno.....	16
2.12.2.	Fosfatos.....	17
2.13.	Sólidos volátiles	17
2.14.	Limitantes para realizar el estudio.....	18
3.	METODOLOGÍA	19
3.1.	Vista preliminar	19
3.3.1.	Recursos humanos	19
3.2.	Puntos de muestreo	20
3.3.	Equipo <i>in situ</i> utilizado	21
3.4.	Toma de muestras <i>in situ</i>	22
3.5.	Parámetros determinados en el laboratorio	24
3.6.	Cantidad representativa de muestras.....	25
4.	RESULTADOS.....	29
4.1.	Resultados <i>in situ</i>	29
4.2.	Resultados de parámetros obtenidos en laboratorio	34
4.3.	Valores promedio de parámetros <i>in situ</i>	39
4.4.	Valores promedio de parámetros en laboratorio	40
4.5.	Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua superficial (0 metros)	42
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
5.1.	Transparencia	45
5.1.1.	Oxígeno disuelto	47

5.1.2.	Potencial de hidrógeno (pH)	55
5.1.3.	Temperatura	63
5.1.4.	Conductividad eléctrica.....	70
5.2.	Parámetros en laboratorio	77
5.2.1.	Amoniacó.....	78
5.2.2.	Nitratos	85
5.2.3.	Nitritos	92
5.2.4.	Fosfatos.....	100
5.2.5.	Turbiedad.....	107
5.2.6.	Color	114
5.2.7.	Sólidos suspendidos totales	120
5.2.8.	Sólidos volátiles	126
6.	DISCUSIÓN DE VALORES DE PARÁMETROS HISTÓRICOS CON EL ESTUDIO ACTUAL	131
6.1.	Transparencia	132
6.2.	Potencial de hidrógeno (pH)	133
6.3.	Oxígeno disuelto	133
6.4.	Temperatura	134
6.5.	Conductividad eléctrica	135
6.6.	Amoniacó	136
6.7.	Nitratos	137
6.8.	Nitritos	138
6.9.	Fosfatos	139
6.10.	Turbiedad	140
6.11.	Color	141

CONCLUSIONES..... 143
RECOMENDACIONES 145
BIBLIOGRAFÍA..... 147
APÉNDICES..... 149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista laguna El Pino.....	1
2.	Ubicación lugar del estudio.....	2
3.	Proliferación de <i>hydrilla verticillata</i> en la laguna El Pino.....	4
4.	Proliferación de <i>hydrilla verticillata</i> en el fondo de la laguna El Pino.....	5
5.	Tul en las orillas de la laguna El Pino.....	6
6.	Práctica de lavado de ropa en las orillas de la laguna El Pino.....	6
7.	Mapa batimétrico de la laguna El Pino.....	13
8.	Vista área del lugar del estudio.....	20
9.	Sondas para medir parámetros <i>in situ</i>	22
10.	Medición de transparencia con el disco Secchi.....	23
11.	Captador de profundidad diseñado por el investigador.....	24
12.	Análisis de muestras de la laguna El Pino.....	25
13.	Desviación estándar.....	27
14.	Histograma del parámetro de transparencia.....	46
15.	Muestreo superficial de transparencia.....	46
16.	Muestreo # 1.....	47
17.	Muestreo # 2.....	48
18.	Muestreo # 3.....	49
19.	Muestreo # 4.....	49
20.	Muestreo # 5.....	50
21.	Promedios del oxígeno disuelto.....	51

22.	Histograma del oxígeno disuelto <i>in situ</i> a una profundidad de 1 metro	53
23.	Histograma del oxígeno disuelto medido <i>in situ</i> a 4 metros de profundidad.....	54
24.	Muestreo superficial oxígeno disuelto.....	54
25.	Valores del pH obtenidos en el muestreo # 1	55
26.	Valores del pH obtenidos en el muestreo # 2	56
27.	Valores del pH obtenidos en el muestreo # 3	57
28.	Valores del pH obtenidos en el muestreo # 4	57
29.	Valores del pH obtenidos en el muestreo # 5	58
30.	Promedios del potencial de hidrógeno (pH).....	59
31.	Histograma del pH medido <i>in situ</i> a 1 metro de profundidad	60
32.	Histograma del pH medido <i>in situ</i> a 4 metros de profundidad	61
33.	Muestreo superficial del potencial de hidrógeno (pH).....	62
34.	Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 1.....	63
35.	Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 2.....	64
36.	Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 3.....	64
37.	Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 4.....	65
38.	Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 5.....	66
39.	Perfil estratigráfico de la temperatura media	66
40.	Histograma de la temperatura media <i>in situ</i> a 1 metro de profundidad	68
41.	Histograma de la temperatura media <i>in situ</i> a 4 metros de profundidad.....	69
42.	Muestreo superficial de la temperatura.....	69
43.	Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 1	70
44.	Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 2.....	71

45.	Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 3	72
46.	Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 4	72
47.	Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 5	73
48.	Perfil estratigráfico de la conductividad eléctrica media.....	74
49.	Histograma de la conductividad eléctrica media <i>in situ</i> a 1 metro de profundidad	75
50.	Histograma de la conductividad eléctrica media <i>in situ</i> a 4 metros de profundidad	76
51.	Muestreo superficial de la conductividad eléctrica	77
52.	Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 1	78
53.	Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 2.....	79
54.	Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 3	79
55.	Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 4.....	80
56.	Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 5.....	81
57.	Perfil estratigráfico del amoniaco media	81
58.	Histograma amoniaco media <i>in situ</i> a 1 metro de profundidad	83
59.	Histograma amoniaco media <i>in situ</i> a 4 metros de profundidad	84
60.	Muestreo superficial del amoniaco.....	84
61.	Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 1	85
62.	Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 2	86
63.	Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 3	86
64.	Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 4	87
65.	Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 5	88
66.	Promedio de nitratos.....	88
67.	Histograma de nitratos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad	90

68.	Histograma de nitratos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad.....	91
69.	Muestreo superficial de nitratos.....	91
70.	Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 1	92
71.	Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 2	93
72.	Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 3	94
73.	Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 4	94
74.	Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 5	95
75.	Promedios de nitritos.....	96
76.	Histograma de nitritos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad.....	97
77.	Histograma de nitritos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad.....	98
78.	Muestreo superficial de nitritos	99
79.	Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 1	100
80.	Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 2	101
81.	Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 3	101
82.	Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 4	102
83.	Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 5	103
84.	Promedios de fosfatos.....	103
85.	Histograma de fosfatos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad.....	105
86.	Histograma de fosfatos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad.....	106
87.	Muestreo superficial de fosfatos	107
88.	Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 1.....	108
89.	Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 2.....	108
90.	Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 3.....	109
91.	Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 4.....	110

92.	Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 5	110
93.	Promedios de turbiedad	111
94.	Histograma de turbiedad medio en laboratorio a 2 metros de profundidad	113
95.	Muestreo superficial de turbiedad	113
96.	Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 1	114
97.	Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 2	115
98.	Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 3	115
99.	Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 4	116
100.	Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 5	117
101.	Promedios del color	117
102.	Histograma de color medio en laboratorio a 2 metros de profundidad	119
103.	Muestreo superficial del color	119
104.	Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 1	120
105.	Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 2	121
106.	Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 3	122
107.	Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 4	123
108.	Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 5	123
109.	Promedios de sólidos suspendidos totales	124
110.	Histograma de sólidos suspendidos medio en laboratorios a 2 metros de profundidad	125
111.	Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 3	126

112.	Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 4.....	127
113.	Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 5.....	127
114.	Promedios de los sólidos volátiles	128
115.	Histograma de sólidos volátiles medido en el lecho de la laguna a 5 metros de profundidad.....	130
116.	Variación de transparencia	132
117.	Variación de potencial de hidrógeno (pH).....	133
118.	Variación de OD	134
119.	Variación de temperatura	135
120.	Variación de conductividad eléctrica.....	136
121.	Variación de amoníaco	137
122.	Variación de nitratos.....	138
123.	Variación de nitritos	139
124.	Variación de fosfatos	140
125.	Variación de turbiedad.....	141
126.	Variación de color	142

TABLAS

I.	Parámetros de la calidad del agua en la laguna El Pino	5
II.	Criterios de calidad del agua para diferentes usos.....	9
III.	Coordenadas de los puntos de muestreo.....	21
IV.	Muestreo <i>in situ</i> # 1	29
V.	Muestreo <i>in situ</i> # 2	30
VI.	Muestreo <i>in situ</i> # 3	31
VII.	Muestreo <i>in situ</i> # 4.....	32
VIII.	Muestreo <i>in situ</i> # 5.....	33

IX.	Muestreo # 1	34
X.	Muestreo # 2	35
XI.	Muestreo # 3	36
XII.	Muestreo # 4.....	37
XIII.	Muestreo # 5	38
XIV.	Valores de temperatura media <i>in situ</i> (°C).....	39
XV.	Valores de oxígeno disuelto media <i>in situ</i> (mg/L)	39
XVI.	Transparencia de la laguna en los diferentes puntos de muestreo en metros y sus profundidades.....	40
XVII.	Valores de fosfatos media en laboratorio (mg/L)	40
XVIII.	Valores de nitratos media en laboratorio (mg/L)	41
XIX.	Muestreo superficial punto # 1 (0 metros)	42
XX.	Muestreo superficial punto # 2 (0 metros)	43
XXI.	Muestreo superficial punto # 3 (0 metros)	44
XXII.	Resumen estadístico del parámetro de transparencia	45
XXIII.	Resumen estadístico para el parámetro oxígeno disuelto a 1 metro de profundidad.....	52
XXIV.	Resumen estadístico para el parámetro oxígeno disuelto a 4 metros de profundidad	53
XXV.	Resumen estadístico para el parámetro pH a 1 metro de profundidad	60
XXVI.	Resumen estadístico para el parámetro pH a 4 metros de profundidad.....	61
XXVII.	Resumen estadístico para el parámetro temperatura a 1 metro de profundidad	67
XXVIII.	Resumen estadístico para el parámetro temperatura a 4 metros de profundidad.....	68
XXIX.	Resumen estadístico para el parámetro conductividad eléctrica a 1 metro de profundidad	75

XXX.	Resumen estadístico para el parámetro conductividad eléctrica a 4 metros de profundidad	76
XXXI.	Resumen estadístico para el parámetro amoniaco a 1 metro de profundidad	82
XXXII.	Resumen estadístico para el parámetro amoniaco a 4 metros de profundidad	83
XXXIII.	Resumen estadístico del parámetro de nitratos a 1 metro de profundidad	89
XXXIV.	Resumen estadístico del parámetro de nitratos a 4 metros de profundidad	90
XXXV.	Resumen estadístico del parámetro de nitritos a 1 metro de profundidad	97
XXXVI.	Resumen estadístico del parámetro de nitritos a 4 metros de profundidad	98
XXXVII.	Resumen estadístico del parámetro de fosfatos a 1 metro de profundidad	105
XXXVIII.	Resumen estadístico del parámetro de fosfatos a 4 metros de profundidad	106
XXXIX.	Resumen estadístico del parámetro de turbiedad a 2 metros de profundidad	112
XL.	Resumen estadístico del parámetro de color a 2 metros de profundidad	118
XLI.	Resumen estadístico del parámetro de sólidos suspendidos totales a 2 metros de profundidad	125
XLII.	Resumen estadístico del parámetro de sólidos volátiles en el lecho del lago a 5 metros de profundidad.....	129
XLIII.	Resumen de valores superficiales (0 metros)	131

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
°C	Grados Celsius
g/L	Gramos por litro
m	Metros
msnml	Metros sobre el nivel del mar
µs/cm	Microsiemens por centímetro
mg/l	Miligramos por litro
OD	Oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno

GLOSARIO

Actividades antropogénicas	Efectos, procesos o materiales que son resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.
Ecología	Ciencia que estudia a los seres vivos, su ambiente, la distribución, abundancia y como esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su ambiente.
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 frecuencias.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismográfica, Vulcanología, Meteorología e Hidráulica.
<i>In situ</i>	Expresión latina que significa en el sitio o en el lugar.
Limnológico	Relativo a acuáticos ubicado en continentes, lo que involucra a lagos, lagunas, ríos.

Sedimento	Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.
Sistema lacustre	Sistema que se refiere a lagos.
Sistema léntico	Sistemas de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como los lagos, las lagunas, los esteros o los pantanos.

RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de realizar una caracterización fisicoquímica del agua de la laguna El Pino.

A través de una visita preliminar del área del estudio, se hizo una evaluación para determinar los puntos de muestreo más representativos. Los parámetros medidos *in situ* fueron: transparencia, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, y temperatura. En laboratorio fueron: amoníaco, nitritos, nitratos, fosfatos, turbiedad, color, sólidos suspendidos totales y sólidos volátiles.

Se evaluaron los parámetros anteriormente descritos a profundidad para conocer su perfil estratigráfico y determinar el deterioro a través del tiempo a una profundidad superficial en cada punto.

El procedimiento de las mediciones *in situ* y la recolección de las muestras a cada metro de profundidad según captador se hizo, para su posterior análisis en Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini.

La interpretación de los resultados se realizó con el objetivo de verificar el impacto del ingreso de nutrientes al cuerpo lacustre, para recomendar el uso que se le puede dar al agua de la laguna El Pino, según criterios de calidad de agua (MSc. P. Saravia, 2007).

De acuerdo a los resultados obtenidos, existe un deterioro en el cuerpo lacustre debido al descenso de los valores de los parámetros medidos *in situ* oxígeno disuelto, temperatura, pH en su perfil estratigráfico. A través del tiempo el nivel de los nutrientes ha aumentado, siendo estos: amoníaco, nitratos, nitritos y fosfatos. El arrastre de materia orgánica hacia el lecho del cuerpo lacustre se confirma con el aumento de los valores a través del tiempo de estudio.

Con base en los resultados obtenidos el agua de la laguna El Pino puede ser utilizada para recreación, riego de hortalizas, crianza de animales, generación de energía y navegación. Se hizo la propuesta de darle seguimiento y actualización a los datos generados en esta investigación, que permita tener bajo observación las fuentes y medios de contaminación que puedan ser potencialmente peligrosos para la calidad del agua del cuerpo lacustre.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La laguna El Pino declarada Parque Nacional en 1955, protegida por leyes como: Mejoramientos del Medio Ambiente, de Áreas Protegidas y de Pesca y Acuicultura. En los últimos años, el crecimiento desordenado y acelerado de la población impide que estas leyes se cumplan.

Por lo tanto, es evidente que se explotan con mayor rapidez y sin ningún control los recursos naturales, siendo uno de estos el Parque Nacional (laguna El Pino). Este lugar posee una importancia turística debido a su belleza, por lo que se le tiene que hacer énfasis al deterioro desmedido al cual está siendo sometido el cuerpo de agua.

El impacto que están teniendo los recursos hídricos del país son alarmantes y especialmente en la laguna El Pino, siendo un cuerpo de agua que, por su ubicación geográfica, cuenta con poblaciones en sus alrededores, ya que lugares de la laguna contienen agua estancada, en la cual pueden proliferar vectores, que pueden afectar a los habitantes de las poblaciones cercanas.

El agua de la laguna El Pino es utilizada en los alrededores de la cuenca para satisfacer sus necesidades básicas, por ejemplo: lavado ropa, higiene personal, recreación y pesca.

Actualmente son pocos los datos que se cuentan en relación con las características fisicoquímicas de la laguna El Pino; se espera que este estudio

sirva para tener un registro inicial de sus características fisicoquímicas, las cuales deberán evaluarse continuamente para ver su deterioro.

¿Será que los parámetros fisicoquímicos varían con el tiempo, producto de las diferentes actividades que se desarrollan en la cuenca de la laguna El Pino?

JUSTIFICACIÓN

Debido al concepto que se tiene sobre el cuidado y vigilancia de los recursos hídricos con los que cuenta el país, es necesario, de alguna manera, realizar monitoreos conjuntamente con las instituciones que están involucradas en protección de este preciado recurso y que se esfuercen en coordinar acciones que permitan hacer la preservación y las mejoras pertinentes.

A pesar de que existen leyes (Mejoramientos del Medio Ambiente, de Áreas Protegidas y de Pesca y Acuicultura) que protegen al Parque Nacional y la Laguna El Pino, el crecimiento y la demanda del recurso hídrico aumenta sus posibilidades de ser contaminado por el deficiente control del cuerpo lacustre.

La causa importante para realizar esta investigación es tomar en cuenta el ejemplo del lago de Amatlán, que se caracterizó por ser un recurso importante de agua para el país. Debido que, el proceso de contaminación se aceleró hace aproximadamente 3 décadas; durante su desarrollo físico poco planificado provocó un excesivo flujo de materiales de desecho hacia este cuerpo de agua, y cuya capacidad de amortiguamiento fue sobrepasando hasta el punto en que se encuentra una gran densidad de algas.

Por lo anterior, se considera oportuno realizar esta investigación, la cual ayudará para determinar la calidad fisicoquímica del agua de la laguna El Pino y al presentar un informe sobre la calidad del agua, este sea para su preservación para evitar el deterioro acelerado del cuerpo de agua y llegar a niveles de contaminación altos, sin remedio para su conservación y utilización para actividades.

Conocer sus variaciones a través del tiempo a fin de verificar si su deterioro es constante.

Existen más razones que justifican este estudio y su cumplimiento, puesto que al presentarse los valores de cada parámetro, se podrá saber la calidad del agua del cuerpo lacustre que promoverá su conservación y ayudará al desarrollo del recurso hídrico.

Crear conciencia y disminuir el impacto ambiental del cual está siendo objeto la laguna El Pino y evitar su deterioro acelerado que afecta la calidad del recurso hídrico, es una razón más para realizar el presente proyecto.

OBJETIVOS

General

Caracterizar el agua de la laguna El Pino, analizando los parámetros fisicoquímicos con el fin de determinar su calidad.

Específicos

1. Determinar el comportamiento de los parámetros *in situ* de transparencia, temperatura, oxígeno disuelto y pH en función de la profundidad de la laguna El Pino.
2. Analizar el comportamiento de los parámetros realizados en el laboratorio: amoníaco, nitritos, nitratos, fosfatos, turbiedad, color, sólidos suspendidos en función del tiempo y de la profundidad de la laguna El Pino.
3. Cuantificar los sólidos volátiles de los sedimentos, como interpretación de la cantidad de materia orgánica biodegradable en la laguna El Pino.
4. Analizar los cambios de los resultados históricos de los parámetros fisicoquímicos de los años 2003, 2010 en comparación con el estudio actual.

5. Identificar qué usos puede darse a la laguna El Pino, dependiendo de los valores fisicoquímicos obtenidos según criterios de calidad de agua (MSc. P. Saravia, 2007).

HIPÓTESIS

La calidad del agua de la laguna El Pino está siendo deteriorada por el ingreso de nutrientes de la cuenca al cuerpo de agua producto del lavado de ropa, agua de esorrentía y por las aguas residuales provenientes de las descargas de los habitantes que se encuentran cercanas a la misma.

ANTECEDENTES GENERALES

La laguna El Pino, conocida por este nombre debido a los árboles de pino que existen en su cuenca fue declarada Parque Nacional en 1955, inaugurada al público en junio de 1972. Teniendo en cuenta tres leyes importantes para su conservación.

- Primera ley: Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto del Congreso de la República de Guatemala 68-86 publicado en diciembre de 1986 su objetivo principal es la conservación y mejoramiento del medio ambiente.
- Segunda ley: Áreas Protegidas, Decreto 4-89, publicado en febrero de 1989 cuyo objetivo principal es el manejo de las áreas protegidas.
- Tercera ley: Pesca y Acuicultura, Decreto 80-2002 publicado en diciembre de 2002, su objetivo principal es regular las actividades pesqueras y acuícolas, cumpliendo con estas leyes se considera que se regula el mal uso que se le pueda dar a la misma.

Para iniciar el estudio limnológico de un lago determinado debe conocerse los datos históricos e investigaciones antes realizadas sobre cuerpos lacustres. Iniciando con los lagos de Atilán y Amatitlán y los estudios de plancton fue W. Clark y sobre algas J. E. Tilden en 1908. Juday captó muestras con el objetivo de estudios limnológicos en febrero de 1910, haciendo públicos estos en 1915, G.E. Deevy Jr, efectuó captación de las muestras para investigaciones limnológicos en 1950, publicando su trabajo en 1957.

Durante 1974 y 1975 se efectuaron 3 trabajos de tesis en la Facultad de Ingeniería/Usac, con el objetivo de obtener ciertos criterios a corto plazo; para evaluar algunos parámetros que contribuyeron a mantener el interés en la limnología; siendo J.F. Calzada en 1974, C.E Vásquez en 1975, J.F Silva G. en agosto de 1975, respectivamente a la determinación de constantes cinéticas de algas, investigación de coliformes totales y fecales y de una encuesta para el nivel de purificación requerida en relación a los usos benéficos del lago de Amatitlán.

Resumiendo se puede afirmar que, los albores de investigación sobre limnología en Centro América, se iniciaron en 1974 y 1975. Con los estudios de los lagos de Amatitlán y Atitlán en los programas de investigación de la ERIS, bajo la iniciativa del Dr. Luis E. García Martínez, con el apoyo del personal técnico del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sobre la laguna El Pino se han realizado estudios de pregrado en diferentes facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala siendo estos:

En noviembre de 1982, por Roger Bonilla, Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, USAC. Se concluyó el estudio de grado Caracterización ecológica de la cuenca de la Laguna El Pino como objetivo principal fue establecer las condiciones básicas de los recursos: suelo, vegetación y agua, para su conservación y su aprovechamiento, se realizó el estudio de área, concluyendo en los aspectos analizados tienen gran importancia para su preservación y cuidado del mismo.

En septiembre de 1985 se publica el libro del Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas conjuntamente con el INSIVUMEH; Sección de Hidrología Aplicada la *Batimetría de la Laguna El Pino*. Con el objetivo de obtener información sobre las características morfológicas de la laguna, necesarias para el desarrollo de estudios para los actuales o futuros aprovechamientos y conservación de aguas.

En julio de 1997 se publica la tesis de grado *Análisis descriptivos de los parámetros físicos y químicos de: Laguna El Pino durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre*. Jorge Calderón, Marco Pinto, Técnico Universitario Acuicultura, Usac, cuyo objetivo es analizar si la relación de los parámetros físicos y químicos de la laguna presentan evidencias de contaminación, y si está en proceso de deterioro, este estudio fue realizado en el área. Se concluyó que, debido al enriquecimiento de nutrientes, este cuerpo de agua tiende a perder área, por lo que puede desaparecer.

La tesis más reciente titulada *Propuesta de rescate ecológico ampliación y remodelación parque nacional recreativo laguna El Pino Barberena, Santa Rosa*, de Erick Racancoj, Facultad de Arquitectura, Usac, noviembre 2002. Tuvo como objetivo una propuesta ecológica de infraestructura para el Parque Nacional para facilitar el desarrollo de las actividades turísticas en él, concluyendo que reducirá el deterioro del mismo.

De acuerdo con la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), son escasas las investigaciones en torno a la calidad fisicoquímica y biológica de la laguna, por lo que decidió aperturar una línea de investigación basada en la caracterización de la laguna El Pino, incluyendo estudios limnológico (calidad fisicoquímica, batimetría, estudio de *plancton*, entre otros), que ayuden en el monitoreo de este preciado recurso hídrico.

Por parte de la ERIS existen estudios limnológicos realizados por diferentes grupos de trabajo en la laguna El Pino, por el curso de Limnología y Saneamiento de Corrientes.

El estudio más reciente, previo a esta investigación, data de mayo 2011, es una tesis elaborada por el ingeniero Dennis Salvador Argueta Mayorga, en la cual detalla claramente el procedimiento requerido para realizar una caracterización fisicoquímica dentro de un estudio limnológico titulado: *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*. Concluyendo que esta laguna se encuentra en proceso de deterioro en su calidad del agua.

Seguidamente a la investigación descrita anteriormente, en abril del 2014 presenta la tesis del ingeniero Mariano Luis Alberto Martínez Méndez, en el donde detalla claramente, el procedimiento requerido para realizar una caracterización fisicoquímica dentro de un estudio limnológico titulada: *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*, dicho estudio lo realizó para optar al grado de Maestro en Ciencias de Ingeniería Sanitaria.

El artículo pendiente de publicación que complementa esta investigación es: *Estudio limnológico, calidad del agua y plancton laguna El Pino*; tiene como principal objetivo determinar el estado de la laguna en cuanto a calidad de agua y *plancton* realizado por los MSc. en Ingeniería Sanitaria, Carlos Galindo, María Colmenares. MSc. en Ingeniería Recursos Hidráulicos Kelder, Ortiz, Thylma Chamorro, Gerson Urtecho. Concluyendo que la laguna El Pino se encuentra

con inicios de contaminación por el aumento o proliferación de algas (*hydrilla verticillata*) y que el aumento de los niveles de nutrientes está ocasionando una leve reducción de su volumen de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

Una laguna, como un ecosistema acuático, es un recurso natural no renovable, lo que determina su importancia como recurso nacional al que debe dársele atención de primer orden, con el objetivo de asegurar su preservación.

Ante la necesidad de conocer la calidad de agua que contiene la laguna El Pino es urgente dar el primer avance en la generación de información de los parámetros fisicoquímicos que determinen la calidad de agua de este cuerpo lacustre.

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 lacustre. En este primer capítulo se incluyen la caracterización de la cuenca de la laguna El Pino, las actividades e infraestructura pesquera, su institucionalidad y legislación y normativas presentes, datos socioeconómicos y ambientales, y problemas en el cuerpo de agua.

Además se incluirá información vital sobre la batimetría de la laguna El Pino, incluyendo un mapa con las profundidades que posee dicho cuerpo lacustre, en el cual se tomaron como base para determinar las profundidades en los puntos de muestreo.

Incluso, durante el desarrollo de la tesis, se agregará la importancia del estudio de los sistemas lacustres en donde se ejemplificarán las causas que han llevado a la muerte a varios lagos y lagunas en Guatemala.

En los siguientes capítulos se muestran los análisis de las muestras de agua tomados a profundidad con sus respectivos resultados y su discusión, para determinar el estado de la laguna El Pino.

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.

1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL PINO

El acceso a la cuenca de la laguna El Pino se encuentra localizado aproximadamente a la altura del kilómetro 48 de la carretera Interamericana (CA-1) hacia El Salvador, dicha cuenca se encuentra entre los $14^{\circ} 49,40'$ y los $14^{\circ} 21,05'$ de latitud norte y los $90^{\circ} 22,80'$ y $90^{\circ} 24,40'$ de longitud oeste, dentro del área de la cuenca del río María Linda.

Figura 1. **Vista laguna El Pino**



Fuente: laguna El Pino, departamento de Santa Rosa.

La cuenca colinda al norte con la finca El Carmen Estrada, al sur con la finca Santa Teresa, al este con la aldea El Colorado y al oeste, con el parcelamiento Fray Bartolomé de las Casas, por lo que se deduce que parte de dicha cuenca pertenece al municipio de Santa Rosa Naranjo y la otra al de Barberena.

Figura 2. **Ubicación del lugar del estudio**



Fuente: INSIVUMEH. *Barimetría laguna El Pino*. Mapa cartográfico de la laguna El Pino, a escala 1:50 000. p. 95.

La forma de la cuenca de la laguna El Pino, según figura 2, posee una forma alargada con una orientación noroeste, se puede observar que no existe ninguna corriente, por lo que la mayor parte del aporte de la laguna es debido a aguas subterráneas y por precipitaciones en época de invierno que recargan el cuerpo de agua. Se reporta para la zona una humedad promedio anual del 76 por ciento, precipitación anual de 1 552,3 milímetros; vientos de 2,7 kilómetros/hora y la temperatura ambiente promedio es de 23 grados Celsius. (INSIVUMEH, 2008)

Según las instituciones que se encargan por velar la preservación del Parque Nacional laguna El Pino, se encuentra el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) que unen esfuerzos con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). A continuación algunas leyes que se rigen para la conservación de dicha área protegida.

- Ley General de Pesca y Acuicultura, Decreto del Congreso de la República de Guatemala 80-2002; el cual fue publicado en el Diario Oficial el 24 de diciembre del 2002 y su objetivo principal es regular las actividades pesqueras y acuícolas.
- Ley de Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto del Congreso de la República de Guatemala 68-86; el cual fue publicado en el Diario Oficial el 19 de diciembre de 1986 y su objetivo principal es la conservación y mejoramiento del medio ambiente.
- Ley de Áreas Protegidas, Decreto del Congreso de la República de Guatemala 4-89; el cual fue publicado en el Diario Oficial el 10 de febrero de 1989 y su objetivo principal es manejo de las áreas protegidas.

1.1. Datos socioeconómicos

El total de la población de la aldea El Pino es de 1 249 personas, el 49 por ciento son hombres y el 51 por ciento son mujeres. El Instituto Nacional de Estadística INE 2002, reporta un ingreso familiar promedio para la región suroriente, donde se encuentra el departamento de Santa Rosa del 0,3 por ciento que perciben un ingreso mensual menor de US\$ 100,00; el 83,02 por

ciento que reportan ingresos mensuales entre US\$ 101,00 y 300,00; y el restante 16,67 por ciento que perciben mensualmente más de US\$ 300,00.

1.2. Problemas en el cuerpo de agua

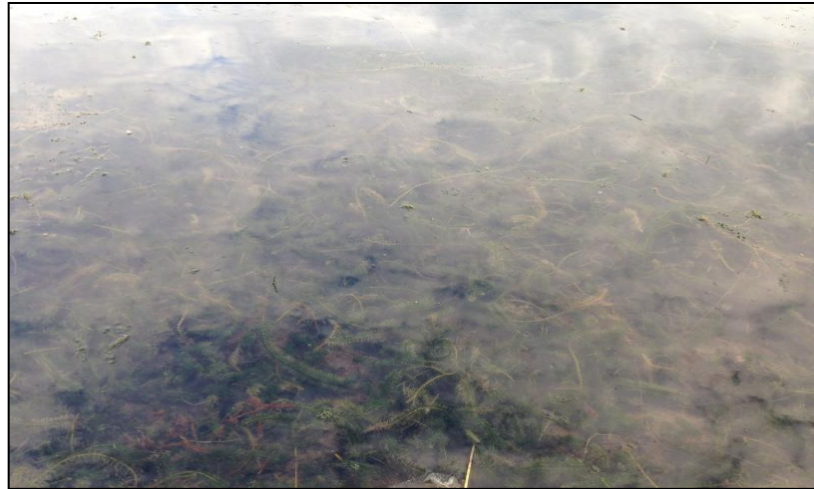
Se observa la proliferación principal de *hydrilla verticillata* (ver figuras 3 y 4), que se encuentra en todo el cuerpo de agua, tanto superficial como en el fondo de la laguna. El tul que se encontró en la orillas del cuerpo de agua que cubren aproximadamente la mayor parte del espejo de agua, en el momento de la visita no se constituyó como un problema, pero un crecimiento desmedido de estas plantas puede ocasionar problemas a bañistas y a la navegación o reducción del cuerpo lacustre.

Figura 3. Proliferación de *hydrilla verticillata* en la laguna El Pino



Fuente: Laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

Figura 4. **Proliferación de *hydrilla verticillata* en el fondo de la laguna El Pino**



Fuente: Laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

Tabla I. **Parámetros de la calidad del agua en la laguna El Pino**

Parámetros de calidad de agua de la laguna El Pino	
Temperatura promedio	26 °C
Dureza	16-30 ppm
pH	5,7 y 6,1
Amonio	Entre 0,03 y 0,203 ppm
Nitritos	2,42 ppm
Fosfato	14 ppm

Fuente: VELASCO, A. *Descripción de lagos de Guatemala*, 2005. p. 192.

Según la concentración de fosfatos, el cuerpo de agua es oligomesotrófico, el origen químico de la contaminación sobre la laguna El Pino

es por fertilizantes usados en el cultivo de la cuenca y detergentes para lavar ropa. (Calderón, E., Pinto, V, 2004).

Figura 5. Tul en las orillas de la laguna El Pino



Fuente: Laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

Figura 6. Práctica de lavado de ropa en las orillas de la laguna El Pino



Fuente: Laguna El Pino [7 de marzo de 2014].

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia básica de los estudios de los lagos

El estudio que trata de los lagos constituye la Limnología, ciencia derivada de la Biología, que tiene por objeto el estudio e investigación de la productividad biológica de los cuerpos de agua intraterrestres y de todas aquellas influencias causales que impliquen factores físicos, químicos, biológicos, meteorológicos, geológicos que determinan las características y la cantidad de la productividad.

2.2. Clasificación del agua por su uso

- Aguas alimenticias: aquellas que se emplean para beber y la elaborar los alimentos.
- Aguas agrícolas: se utilizan para el riego de campos agrícolas.
- Aguas para generación de energía: se emplean para generar energía eléctrica y mecánicamente, mediante el uso de motores y generadores.
- Aguas industriales: se emplean en la industria, en calderas, operaciones de limpieza, operaciones de enfriamiento, etc.
- Aguas domésticas: se distribuyen entre los hogares de la población para su uso, como: lavado de pisos, lavado de ropa, baño, sanitarios, etc.

- Aguas para recreación: el hombre encuentra en el agua un medio de esparcimiento y diversión como nadar y navegar, etc. (Contaminación del agua, MSc. Pedro Saravia, 2007).

2.3. Calidad del agua

El agua es el solvente universal de la naturaleza, por su contacto con la atmósfera o el suelo hace que se incorporen dentro de ella una gran cantidad de elementos como: gases, sales, minerales y microorganismos, todos estos elementos determinan las características del agua en la naturaleza.

Al conjunto de características del agua en su estado natural o después de ser alterada por su uso, se denomina: calidad del agua y se refiere a una condición o estado de la sustancia, usualmente se describe mediante indicadores o parámetros.

Generalmente, tres son los objetivos fundamentales de la calidad del agua:

- Determinar la calidad del agua en su estado natural, con el propósito de conocer su uso o aprovechamiento para un fin determinado. Así como protegerla y conservarla.
- Determinar el impacto de las actividades humanas sobre los cuerpos de agua.
- Mantener bajo observación las fuentes y medios de contaminación que pueden ser potencialmente peligrosos a los cuerpos de agua. (Contaminación del agua, MSc. Pedro Saravia, 2007).

Tabla II. **Criterios de calidad de agua para diferentes usos**

Criterios de calidad del agua			
Conservación de la flora y fauna en agua dulce-natural			
Parámetros	Unidad	Valores	Observación
pH	U	6,0-9,0	-
OD	mg/L	4	Valor mínimo
Nitratos	mg/L	10	Valor máximo
Nitritos	mg/L	1	Valor máximo
Recreación en agua dulce, contacto primario			
pH	U	4.0-9.0	-
Conservación de especies destinadas a alimentación humana en agua dulce			
pH	U	6,0-9,0	-
OD	mg/L	4	Valor máximo
Nitratos	mg/L	10	Valor máximo
Nitritos	mg/L	1	Valor máximo
Calidad de agua para riego de hortalizas que puedan consumirse crudas y frutas que se desarrollan en el suelo y que seas ingeridas sin remoción de cáscara			
pH	U	4,5-9,0	-
OD	mg/L	5	Valor mínimo
Nitratos	mg/L	10	Valor máximo
Nitritos	mg/L	1	Valor máximo
Calidad del agua para crianza de animales			
OD	mg/L	4	Valor mínimo
Nitratos	mg/L	10	Valor máximo
Nitritos	mg/L	1	Valor máximo
Calidad del agua para abastecimiento industrial y generación de energía			
OD	mg/L	2	Valor mínimo
Calidad de agua para navegación			
OD	mg/L	2	Valor mínimo

Fuente: SARAVIA CELIS, Pedro. *Contaminación del agua*, 2007. p. 95.

2.4. Tipos de lagos

Para la clasificación de los lagos hay una característica de gran importancia que sirve para diferenciarlos en cuatro tipos principales.

Atendiendo al factor de la estratificación y la mezcla de sus masas de agua se distinguen 3 tipos de lagos, siendo estos:

- Lagos fríos: con una capa de agua profunda a 4 °C y otra superior a menor temperatura; ambas solo se mezclan durante el verano.
- Lagos templados: con la capa superficial a más de 4 °C en verano y que se mezclan con la inferior en primavera y otoño. Lagos templados subtropicales, con la temperatura de la capa superior no inferior nunca a los 4 °C en invierno y que se mezclan con la inferior solo durante el invierno.
- Lagos tropicales: con una temperatura de la capa superior de unos 20 °C durante todo el año y, que solo de modo ocasional, se mezcla con la inferior, haciéndolo además a intervalos irregulares.

2.5. Zonificación de los lagos

Como en los océanos, los lagos tienen una zonificación, de acuerdo al relieve del fondo y la penetración de la luz.

La zona litoral es la parte más externa, de aguas someras, con buena penetración de luz hasta el fondo.

La zona limnética o fótica se extiende hasta donde penetra la luz, en ella vive el *plancton* y el *necton*.

La zona profunda se encuentra más allá del límite de penetración de la luz, que se inicia en la zona de compensación de la luz (en ese sitio la respiración equilibra a la fotosíntesis).

La zona bentónica es la más profunda y en ella ocurren los principales procesos de descomposición.

Los lagos, charcas y lagunas siempre están rodeados por ecosistemas terrestres, entre los cuales hay una estrecha vinculación. Los nutrientes fluyen entre los lagos y los ecosistemas circundantes de una manera dinámica. Las redes y cadenas tróficas contemplan esa interacción.

2.6. Batimetría laguna El Pino

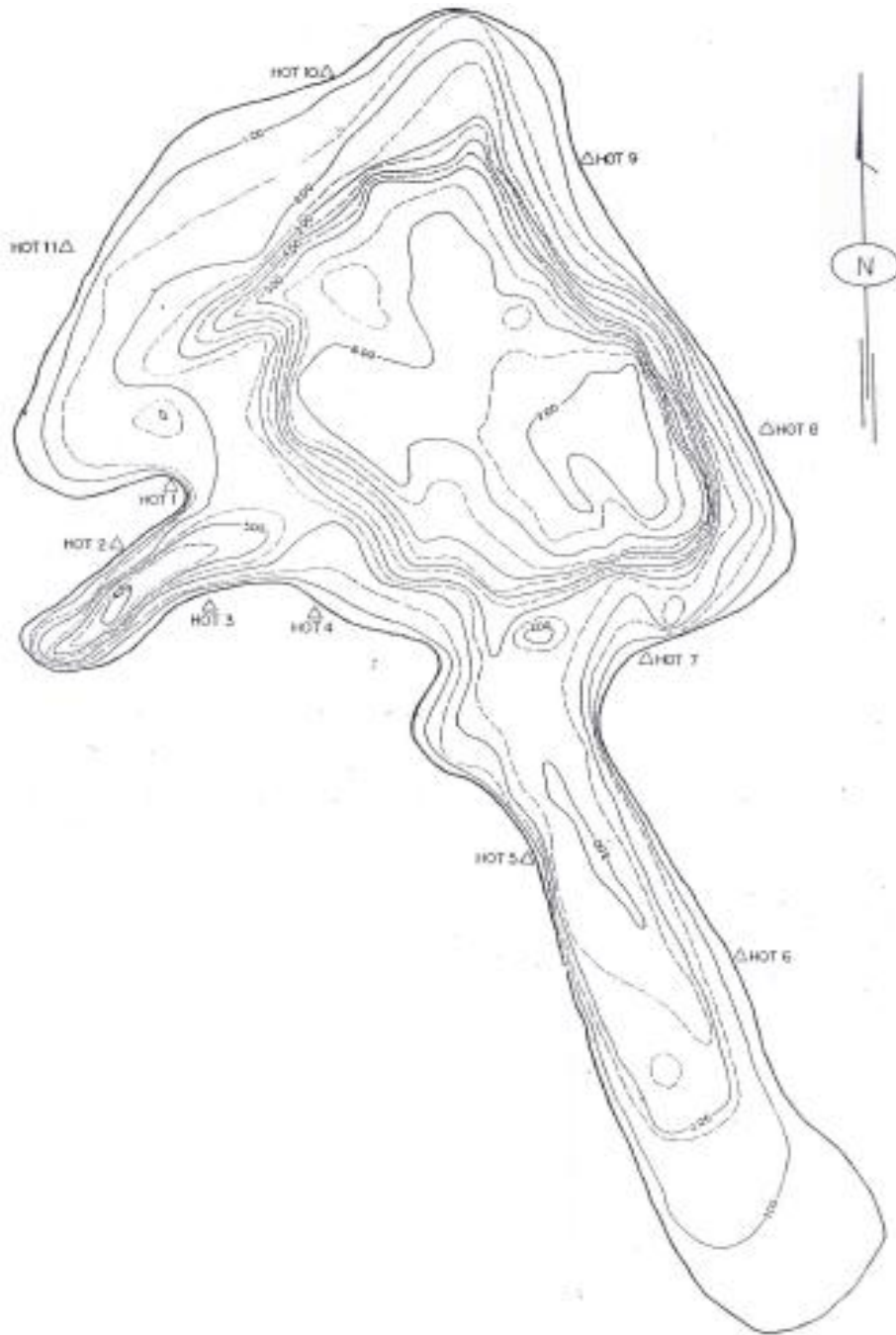
Se denomina levantamiento batimétrico al conjunto de trabajos de un trabajo hidrográfico, que tiene como objetivo describir y delinear detalladamente la superficie del fondo de los cuerpos de agua. La batimetría de la laguna El Pino se realizó en septiembre de 1985 a cargo del Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, conjuntamente con el INSIVUMEH; sección de Hidrología.

La batimetría de la Laguna El Pino se realizó con un equipo de ecosonda completo y aparatos complementarios que fueron utilizados para el levantamiento batimétrico.

Se concluyó que la laguna El Pino, no presenta profundidades muy grandes, siendo el máximo de 7,47 metros. (INSIVUMEH 1985)

A continuación en la figura 7, se presenta el mapa batimétrico de la Laguna El Pino donde presenta sus curvas de nivel mostrando las profundidades que contiene el cuerpo lacustre siendo de utilidad para la realización del estudio.

Figura 7. **Mapa batimétrico de la laguna El Pino**



Fuente: INSIVUMEH. *Barimetría laguna El Pino, sección de hidrología aplicada*, 1985. p. 91.

2.7. Variables abióticas que determinan la calidad de un cuerpo de agua

Para conocer la calidad de agua de un cuerpo lacustre es necesario establecer una red de vigilancia de los factores abióticos que vienen dados por influencias fisicoquímicas.

2.8. Transparencia

Es la cantidad de luz que se transmite (traspasa) en el cuerpo de agua, en un lago con deterioro e *hydrilla verticillata* la luz penetra con dificultad y el crecimiento de flora béntica productora de oxígeno se minimiza y queda en la oscuridad. Esta variable ayuda a determinar ciertas características de lagos (tipo de lago, flora, fauna, propiedades de agua, etc.)

2.9. Potencial de hidrógeno (pH)

El valor del 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 o cambios súbitos 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.

2.10. 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, propicia la aparición o desaparición de poblaciones acuáticas.

2.11. 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 del oxígeno disuelto en el agua de un lago depende de la temperatura del agua, que a su vez, de la radiación solar y de la profundidad.

2.12. Control de nutrientes

El nitrógeno y el fósforo son los principales nutrientes de importancia en el vertido de aguas residuales tratadas. Los vertidos que contienen nitrógeno y fósforo pueden acelerar los procesos de eutrofización de lagos y embalses, así como estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en cursos de agua poco profundos. 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.

Las elevadas concentraciones de nitrógeno en efluentes tratados, también pueden tener otros efectos negativos, como la reducción de la concentración de oxígeno disuelto en las aguas receptoras, toxicidad para la vida acuática, efectos negativos sobre la efectividad de la desinfección con cloro, peligro para la salud pública, y efectos sobre el potencial de agua residual para ser reutilizada. Por lo tanto, el control del nitrógeno y del fósforo está ganando importancia en la gestión de la calidad del agua y en el proyecto de las plantas de tratamiento (Metcalf & Eddy, INC. 1995).

2.12.1. Nitrógeno

La principal fuente de nitrógeno es de origen antropogénico, de las aguas residuales domésticas; está, principalmente, en forma de amoníaco y nitrógeno orgánico.

- **Efecto**

El nitrógeno, en todas sus formas, puede estimular el crecimiento (eutrofización de las aguas).

- Amoniaco: tóxico y consumidor de oxígeno
- Nitritos: tóxico a muy bajas concentraciones
- Nitratos: relacionado con la calidad del agua potable
- N-Orgánico: consumidor de oxígeno

2.12.2. Fosfatos

El fósforo, generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes, y pueden llegar a un cuerpo de agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras.

Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas. También estimulan el crecimiento de algas, lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas. Los crecimientos rápidos de algas se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden, eventualmente, cubrir la superficie y fondo del agua. Al crecer las plantas y las algas ahogan a otros organismos.

2.13. Sólidos volátiles

Este parámetro es importante realizarlo, ya que ofrece información valiosa sobre la cantidad de materia orgánica que se encuentra en el lecho del cuerpo

de agua. Es importante determinar la cantidad de materia orgánica que existe en el fondo de la laguna El Pino, para determinar la cantidad de contaminación que está siendo depositada por escorrentía en el fondo de la laguna El Pino.

2.14. Limitantes para realizar el estudio

Las limitantes más importantes al realizar la caracterización fisicoquímica de la laguna El Pino, para determinar la calidad del agua que se encuentra en ella son:

- La dificultad de la toma de muestras *in situ* con los electrodos por lo difícil de sumergirlo para la lectura de datos, debido a la proliferación de la *hydrilla verticillata*.
- Los datos batimétricos de la laguna El Pino datan desde 1985, por lo consiguiente, la profundidad del cuerpo de agua a la actualidad no es la misma, lo cual reduce la profundidad para la captación de muestras en el perfil estratigráfico que fue de 5 metros.

3. METODOLOGÍA

3.1. Vista preliminar

Se inició con la visita preliminar del área de estudio, en el cual se identificaron los aspectos importantes como aquello que se encuentre en el perímetro de la Laguna El Pino, canales cuyos efluentes en época de invierno fluyen naturalmente a la laguna.

Se identificó además, la vegetación que prolifera en la microcuenca siendo estas: el tul y la *hydrilla verticillata*.

En la visita realizada el 6 marzo de 2014, en la cual se contactó a personas que podrían realizar la labor de transportar el equipo investigativo en lancha con motor, para poder hacer la toma de muestras en diferentes puntos de la laguna El Pino. En caso de emergencia, como medida de prevención, se hizo el contacto con el administrador del Parque Nacional laguna El Pino, quien proporcionaría la ayuda que se requiera en ese caso.

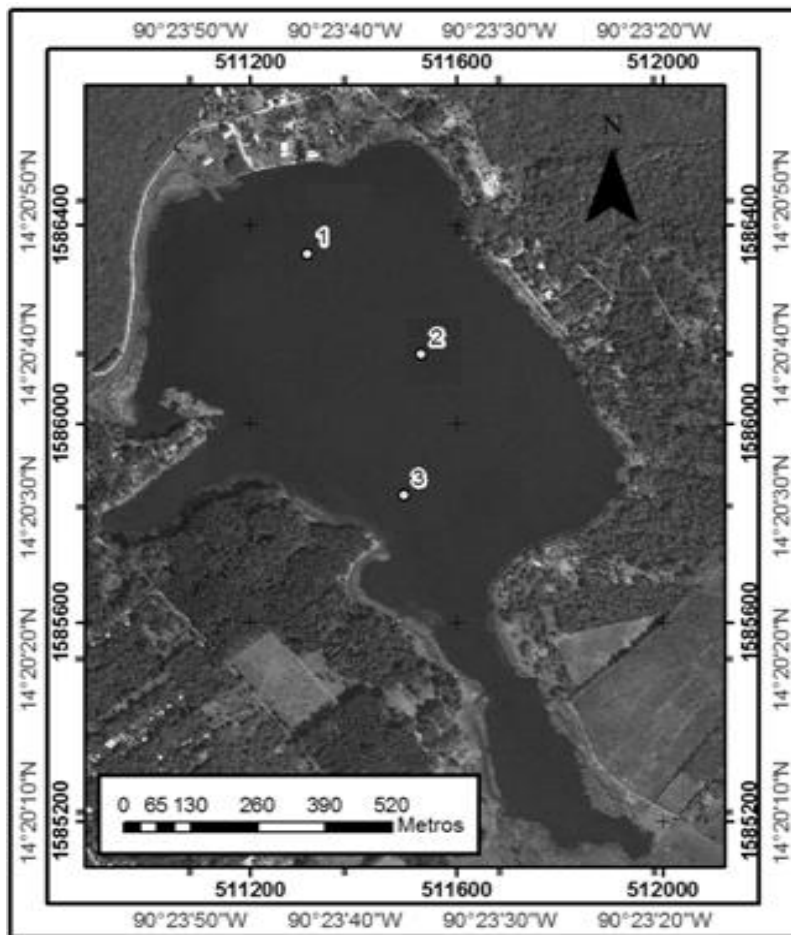
3.1.1. Recursos humanos

- Investigador: Ing. José Miguel Duarte Díaz
- Asesor: MSc. Ing. Zenón Much Santos

3.2. Puntos de muestreo

Se determinaron los puntos de muestreo del estudio en la laguna El Pino, se utilizó el software Google Earth y se ubicaron 3 puntos que fueran representativos al área de estudio a criterio y experiencia del asesor de la tesis, ya que no existe ningún documento al respecto que indique las cantidades de puntos de muestras en dicho cuerpo de agua.

Figura 8. Vista área del lugar del estudio



Fuente: Google Earth. Consulta: 13 de marzo de 2014.

Tabla III. **Coordenadas de los puntos de muestreo**

Punto	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	14°20'42.00" N	90°23'30.00" O
2	14°20'39.00" N	14°20'45.00" O
3	14°20'25.00" N	14°20'55.00" O

Fuente: elaboración propia.

El número de visitas efectuadas para obtener valores representativos fue de 5. En la tabla V se muestran las coordenadas de los 3 puntos donde se capturaron las muestras a profundidad.

3.3. Equipo *in situ* utilizado

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

- Lancha con motor
- 20 recipientes vacíos de 1 litro cada uno (20 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 multiparámetro

3.4. Toma de muestras *in situ*

Para determinar los parámetros *in situ* se utilizará un equipo Hach HQ 40d multiparámetro. Se sumergen las sondas para medir los parámetros *in situ*, los cuales son: temperatura, pH, oxígeno disuelto y transparencia. 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.

Figura 9. **Sondas para medir parámetros *in situ***

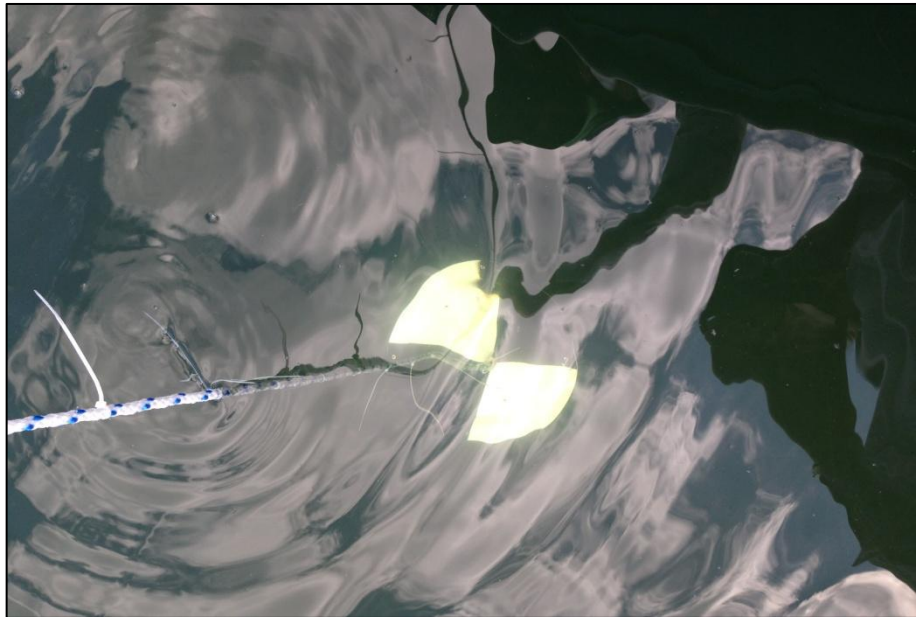


Fuente: laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

En la toma de muestras se utilizará un captador de profundidad diseñado para tal fin, como se muestra en la figura 11.

Por último, para medir transparencia se utilizó el disco Secchi, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. **Medición de transparencia con el disco Secchi**



Fuente: laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

Figura 11. **Captador de profundidad diseñado por el investigador**



Fuente: laguna El Pino. 7 de marzo de 2014.

3.5. Parámetros determinados en el laboratorio

Los parámetros determinados en el laboratorio fueron: color, turbiedad, sólidos suspendidos totales, nitratos, nitritos, fosfatos y amoníaco.

Figura 12. **Análisis de muestras de la laguna El Pino**



Fuente: Laboratorio, Dra. Alba Tabarini, Facultad de Ingeniería, Usac.

3.6. Cantidad representativa de muestras

Como consecuencia de las variaciones aleatorias, tanto del procedimiento analítico como de la presencia de algún constituyente en el punto de muestreo,

una muestra simple es insuficiente para obtener el nivel deseado de incertidumbre.

Si es posible conocer la desviación estándar en todo el proceso, entonces el número de muestras que se requerirán, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N \geq \left(t * \frac{s}{U}\right)^2$$

En donde:

N = número de muestras a tomar

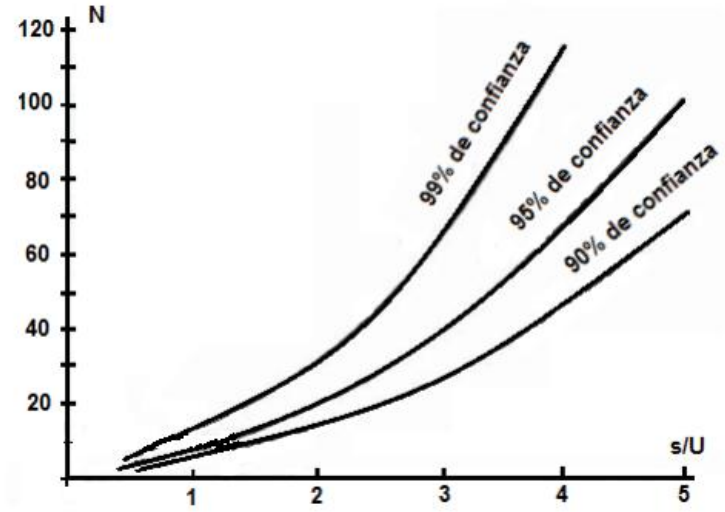
t = prueba t de *student* para un nivel de confianza dado

s = desviación estándar global

U = nivel aceptable de incertidumbre

Para este caso se tomará una desviación estándar igual a 0,02 y un nivel de confianza de 0,016. La relación entre estos dos valores (s/U) es igual a 1,25. Tomando un nivel de confianza igual a 95 por ciento y con la ayuda de la gráfica mostrada en la figura 13 se obtiene el número de muestras aproximado que se debe utilizar, siendo igual o mayor a 5 muestras.

Figura 13. Desviación estándar



Fuente: EUGENE, W. American public Health Association. *Estándar Methods*, (2012). p. 724.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados *in situ*

Los resultados de las mediciones de parámetros *in situ* fueron tomados directamente de la sonda Hach 40d multiparámetro. Se tomaron datos en tablas especiales y luego fueron digitalizados para poder interpretar los datos e graficar en discusión de resultados.

Tabla IV. Muestreo *in situ* # 1

Análisis de parámetros físico químicos					
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"				
Fecha	13-marzo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 1	
PUNTO # 1					
Profundidad (m)	Transparencia (m)	OD (mg/L)	pH(u)	T(°C)	Conductividad eléctrica (µs/cm)
0	2,70 m	5,02	8,93	25,9	81,2
1		4,77	9,07	26	80,9
2		3,92	9,06	25,9	81
3		5,96	8,82	25,9	81,2
3,46		5,97	8,88	26	81,3
PUNTO # 2					
0	3,75 m	4,71	9,06	25,9	81,4
1		4,73	9,01	26	81,3
2		4,82	9,05	25,9	81,4
3		5,19	8,97	25,9	81,3
PUNTO # 3					
0	2,70 m	5,13	8,97	26,1	81,7
1		5,36	8,97	25,9	81,5
2		5,44	8,84	25,8	81,5
3		5,43	8,83	25,7	81,5
4		2,02	7,66	25,3	82,2
5		1,92	7,73	25,1	83,3

Continuación de la tabla IV.

PUNTO # 4					
0		4,82	9,21	26,6	81,4
1		4,96	9,21	26,5	81,2
2	4,20 m	4,85	9,29	26,3	81,3
3		4,73	9,19	26,1	80,2
4		3,77	8,26	25,7	80,7

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Muestreo *in situ* # 2**

Análisis de parámetros <i>in situ</i>					
Fecha	28-marzo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 2	
PUNTO # 1					
Profundidad (m)	Transparencia (m)	OD (mg/L)	pH(u)	T(°C)	Conductividad eléctrica (µs/cm)
0		7,11	8,7	24,8	83
1		6,76	8,57	25,8	83
2	3,45 m	6,68	8,54	26	83
3		6,47	8,47	26,3	84
4		0,2	7,46	25,7	227
5		0,09	7,28	25,2	237
PUNTO # 2					
0		6,78	8,26	25,3	83
1		6,72	8,21	25,8	83
2	3,44 m	6,67	8,24	26,1	83
3		6,64	8,25	26,3	84
4		0,17	7,34	25,8	87
5		0,09	7,17	25,5	101
PUNTO # 3					
0		7,5	8,67	23,3	83
1		7,33	8,64	25,1	83
2	3,87 m	7,26	8,66	25,7	83
3		7,23	8,66	26	84
4		0,16	7,31	25,7	90

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Muestreo *in situ* # 3**

Análisis de parámetros <i>in situ</i>					
Fecha	22-mayo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 3	
PUNTO # 1					
Profundidad (m)	Transparencia (m)	OD (mg/L)	pH(u)	Conductividad eléctrica (µs/cm)	T(°C)
0	2,90 m	5,14	7,79	82,2	25,5
1		5,18	7,6	82,3	25,5
2		5,1	7,56	82,4	25,5
3		5,04	7,63	82,4	25,5
4		3,99	7,57	84	25,5
5		0,12	7,22	85	25
PUNTO # 2					
0	2,50 m	5,66	7,57	82,7	25,3
1		5,27	7,52	82,6	25,4
2		5,21	7,45	82,4	25,4
3		5,1	7,37	82,3	25,4
4		3,91	7,27	82,7	25,4
5		0,22	7,16	91,7	25,2
PUNTO # 3					
0	2,20 m	5,89	7,9	81,9	25,4
1		5,84	7,82	82	25,5
2		5,78	7,74	82	25,5
3		5,58	7,66	82	25,4
4		0,64	7,31	83,9	25,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Muestreo *in situ* # 4**

Análisis de parámetros <i>in situ</i>					
Fecha	11-julio-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 4	
PUNTO # 1					
Profundidad (m)	Transparencia (m)	OD (mg/L)	pH(u)	Conductividad eléctrica (µs/cm)	T(°C)
0	3 m	6,65	8,26	76,6	25,5
1		6,51	8,05	76,7	26,1
2		6,44	7,95	76,8	26,3
3		6,41	7,9	76,8	26,4
4		6,39	7,82	77,1	26,4
5		5,43	7,48	89	26,3
PUNTO # 2					
0	2 m	6,1	7,76	77,1	26
1		5,97	7,46	77,1	26,4
2		5,99	7,45	77,1	26,5
3		5,94	7,4	77,1	26,5
4		5,72	7,37	77,2	26,5
5		0,19	6,75	151,4	26,1
PUNTO # 3					
0	3 m	6,15	7,79	77	26,1
1		6,01	7,57	76,8	26,5
2		5,86	7,43	76,7	26,5
3		5,75	7,44	77,3	26,5
4		5,48	7,43	99,3	26,6

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Muestreo *in situ* # 5**

Análisis de parámetros <i>in situ</i>					
Fecha	30-julio-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 5	
PUNTO # 1					
Profundidad (m)	Transparencia (m)	OD (mg/L)	pH(u)	Conductividad eléctrica (µs/cm)	T(°C)
0	2 m	5,46	8,19	78,4	26,5
1		5,45	7,97	78,2	26,7
2		5,47	7,89	78	26,7
3		5,51	7,79	78	26,7
4		5,52	7,72	78	26,7
5		0,36	7,08	99	26,7
PUNTO # 2					
0	2 m	5,84	7,58	78	26,3
1		5,73	7,53	78	26,5
2		5,7	7,5	78	26,6
3		5,69	7,48	78	26,6
4		5,65	7,49	78,1	26,6
5		5,38	7,25	78,9	26,3
PUNTO # 3					
0	2,3 m	6,44	8,61	75,3	26,8
1		6,27	8,58	75,3	26,7
2		6,12	8,48	75,4	26,8
3		6,1	8,2	75,4	26,8
4		5,62	8,09	75,4	26,8

Fuente: elaboración propia.

4.2. Resultados de parámetros obtenidos en laboratorio

A continuación se presentan los resultados obtenidos en laboratorio para su interpretación.

Tabla IX. **Muestreo # 1**

Análisis de parámetros físico químicos							
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"						
Fecha	13-marzo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 1			
PUNTO # 1							
Profundidad (m)	Amoniaco mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Turbiedad UNT	Color UC	Sólidos suspendidos mg/L
0	0,09	0,14	40,0	0,29	0,78	2	700
1	0,15	0,04	35,2	0,29	1,32	4	300
2	0,06	0,07	39,6	0,52	1,64	5	300
3	0,67	0,05	25,1	0,47	6,9	10	350
3,46	0,11	0,05	48,4	0,21	3,67	7	250
PUNTO # 2							
0	0,23	0,11	48,4	0,46	1,08	3	600
1	0,00	0,18	38,3	0,15	1,1	2	500
2	0,01	0,08	28,6	0,41	0,66	1	400
3	0,01	0,08	37,8	0,38	1,32	2	300
4	0,16	0,04	20,2	0,28	5,48	8	500
5	0,16	0,05	36,5	0,26	5,47	7	910
PUNTO # 3							
0	0,05	0,04	44,0	0,29	0,76	1	1 000
1	0,05	0,07	29,5	0,31	0,78	1	1 000
2	0,03	0,05	46,6	0,39	3,39	5	900
3	0,06	0,02	44,9	0,39	2,17	4	800
PUNTO # 4							
0	0,06	0,00	37,8	0,31	1,15	3	900
1	0,12	0,02	0,03	0,38	1,38	3	1 000
2	0,05	0,07	0,10	0,26	1,25	2	1 200
3	0,07	0,05	0,07	0,14	0,99	2	1 000
4	0,11	0,05	0,07	0,2	2,17	4	400

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Muestreo # 2**

Análisis de parámetros físico químicos							
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"						
Fecha	28-marzo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 2			
PUNTO # 1							
Profundidad (m)	Amoniaco mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Turbiedad UNT	Color UC	Sólidos suspendidos mg/L
0	0,27	0,04	120,5	0,16	1,13	3	400
1	0,28	0,05	102,8	0,16	1,22	4	600
2	0,37	0,08	53,24	0,52	0,412	1	600
3	0,23	0,02	107,8	0,12	0,958	2	400
4	0,34	0,02	144,32	0,06	2,95	5	100
5	0,50	0,02	123,64	0,09	5,04	8	500
PUNTO # 2							
0	0,29	0,05	95,04	0,05	1,12	2	200
1	0,32	0,04	62,04	0,12	1,71	3	400
2	0,39	0,06	82,72	0,08	1,73	3	700
3	0,43	0,03	89,76	0,14	1,77	3	200
4	0,41	0,02	88,8	0,05	7,13	12	1 000
5	0,52	0,03	119,24	0,01	6,43	10	1 000
PUNTO # 3							
0	0,05	0,39	69,9	0,17	1,76	3	300
1	0,21	0,05	66,8	0,17	0,44	1	500
2	0,23	0,06	108,2	0,16	1,42	2	500
3	0,2	0,05	95,4	0,15	1,7	3	700
4	0,32	0,03	143,8	0,16	5,21	8	800

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Muestreo # 3**

Análisis de parámetros físico químicos								
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"							
Fecha	22-mayo-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 3				
PUNTO # 1								
Profundidad (m)	Amoniaco mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Turbiedad UNT	Color UC	Sólidos suspendidos mg/L	Sólidos volátiles mg/L
0	0,19	0,02	2,64	0,15	2,38	6,7	831	
1	0,01	0,01	0,44	0,11	2,78	7,2	780	
2	0,15	0,02	0,88	0,11	2,5	7	887	
3	0,11	0,05	0,88	0,06	2,45	7,3	696	
4	0,09	0,06	0,00	0,1	2,5	9,8	891	
5	0,24	0,02	8,80	0,04	3,05	13	758	702
PUNTO # 2								
0	0,11	0,02	0,44	0,1	1,83	6,2	658	
1	0,16	0,01	0,88	0,06	2,41	10	721	
2	0,09	0,10	2,64	0,07	2,77	8,4	787	
3	0,11	0,01	2,64	0,1	3,07	8,5	890	
4	0,14	0,00	0,44	0,07	2,95	9,7	645	
5	0,28	0,02	4,40	0,13	3,8	16,4	893	693
PUNTO # 3								
0	0,2	0,01	0,44	0,16	2,04	6,5	649	
1	0,12	0,01	2,64	0,12	2,56	7,9	879	
2	0,11	0,01	2,20	0,01	2,47	7,2	696	
3	0,06	0,02	4,40	0,08	2,57	7,3	876	
4	0,15	0,02	2,20	0,08	3,03	9	675	394

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Muestreo # 4**

Análisis de parámetros físico químicos								
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"							
Fecha	11-julio-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 4				
PUNTO # 1								
Profundidad (m)	Amoniaco mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Turbiedad UNT	Color UC	Sólidos suspendidos mg/L	Sólidos volátiles mg/L
0	0,05	0,013	0,44	0,08	1,41	6,4	100	
1	0,06	0,04	0,88	0,06	1,67	7,3	300	
2	0,15	0,062	0,88	0,02	1,47	7	400	
3	0,02	0,026	0,44	0,03	1,44	7,9	500	
4	0,11	0,02	3,96	0,03	1,5	8	600	
5	0,25	0,049	7,04	0,03	5,54	7,8	250	2 152
PUNTO # 2								
0	0,03	0,009	0,88	0,05	1,85	7	250	
1	0,07	0,013	0,44	0,09	2,42	6,4	350	
2	0,06	0,049	0,88	0,14	2,78	8,7	300	
3	0,10	0,023	1,32	0,14	3,08	8,9	260	
4	0,05	0,023	4,4	0,06	2,96	9	500	
5	0,12	0,019	25,08	0,1	3,8	7	400	1 7324
PUNTO # 3								
0	0,05	0,013	8,36	0,02	2,04	7,1	600	
1	0,01	0,009	1,32	0,03	2,56	8,1	500	
2	0,02	0,013	4,4	0,12	2,47	7,3	300	
3	0,01	0,016	13,2	0,05	2,57	8,4	320	
4	0,03	0,023	4,4	0,04	2,49	10	400	8 113

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Muestreo # 5**

Análisis de parámetros físico químicos								
Lugar	Laboratorio "Dra. Alba Tabarini Molina"							
Fecha	30-julio-2014	Lugar	Laguna El Pino	Muestreo 5				
PUNTO # 1								
Profundidad (m)	Amoniaco mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Fosfatos mg/L	Turbiedad UNT	Color UC	Sólidos suspendidos mg/L	Sólidos volátiles mg/L
0	0,3	0,02	4,8	0,2	2,0	3,1	250,0	
1	0,2	0,02	1,8	0,3	2,3	4,0	350,0	
2	0,4	0,03	2,2	0,6	2,3	2,0	450,0	
3	0,3	0,02	0,9	1,4	2,4	3,0	550,0	
4	0,3	0,03	0,9	0,3	3,0	4,0	600,0	
5	0,6	0,03	1,3	0,2	3,3	5,0	650,0	6 848,0
PUNTO # 2								
0	0,4	0,03	3,1	0,3	2,0	2,0	300,0	
1	0,3	0,01	1,8	0,2	2,5	3,0	350,0	
2	0,3	0,04	7,5	0,4	2,8	3,0	375,0	
3	0,4	0,03	0,9	0,4	2,9	3,0	500,0	
4	0,3	0,06	2,2	0,4	3,0	11,0	600,0	
5	0,5	0,04	1,3	1,2	3,0	15,0	800,0	
PUNTO # 3								
0	0,2	0,06	2,6	1,2	2,0	3,0	400,0	
1	0,2	0,03	3,1	1,0	3,0	4,0	500,0	
2	0,4	0,03	2,6	0,3	2,5	5,0	450,0	
3	0,4	0,01	2,2	1,8	2,8	2,0	350,0	
4	0,3	0,03	1,8	1,1	3,0	8,0	250,0	

Fuente: elaboración propia.

4.3. Valores promedio de parámetros *in situ*

A continuación se muestran las tablas XIV, XV y XVI de parámetros *in situ* con sus respectivos valores promedio.

Tabla XIV. Valores de temperatura media *in situ* (°C)

Punto # Profundidad #	1	2	3
0	25,64	25,76	25,54
1	26,02	26,02	25,94
2	26,08	26,10	26,06
3	26,16	26,14	26,08
4	26,06	26,08	25,96
5	25,8	25,78	25,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Valores de oxígeno disuelto media *in situ* (mg/L)

Punto # Profundidad #	1	2	3
0	5,88	5,82	6,22
1	5,73	5,68	6,16
2	5,52	5,68	6,09
3	5,88	5,71	6,02
4	4,41	3,86	2,78
5	1,50	1,47	1,92

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Transparencia de la laguna en los diferentes puntos de muestreo en metros y sus profundidades**

Muestreo # Punto #	1	2	3	4	5	Promedio
1	2,70	3,45	2,90	3,00	2,00	2,81
2	3,75	3,44	2,50	2,00	2,00	2,74
3	2,70	3,87	2,20	3,00	2,30	2,81

Fuente: elaboración propia.

4.4. **Valores promedio de parámetros en laboratorio**

A continuación se muestran tablas de parámetros en laboratorio con sus respectivos valores promedio.

Tabla XVII. **Valores de fosfatos media en laboratorio (mg/L)**

Punto # Profundidad #	1	2	3
0	0,17	0,18	0,38
1	0,18	0,12	0,32
2	0,35	0,21	0,19
3	0,42	0,23	0,50
4	0,14	0,16	0,35
5	0,10	0,34	NSR

Nota: NSR = no se realizó

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Valores de nitratos media en laboratorio (mg/L)**

Valores de nitratos media laboratorio (mg/L)			
Profundidad (m)	Punto # 1	Punto # 2	Punto # 3
0	33,68	29,57	25,60
1	28,22	20,69	20,67
2	19,36	24,47	32,80
3	27,02	26,48	32,02
4	39,52	23,21	38,05
5	35,20	37,30	NSR
Nota: NSR = no se realizó			

Fuente: elaboración propia.

4.5. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua superficial (0 metros)

A continuación se describen las tablas de los parámetros con los resultados de muestreo superficial para determinar sus variaciones con el tiempo y conocer el comportamiento lineal de cada parámetro.

Tabla XIX. **Muestreo superficial punto # 1 (0 metros)**

Análisis de parámetros físico químicos						
Parámetros <i>in situ</i>		Punto # 1		Superficial (0 metros)		
Fecha		13-mar-14	28-mar-14	22-may-14	11-jul-14	30-jul-14
Parámetro	Unidad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Transparencia	m	2,7	3,45	2,9	3	2
Oxígeno disuelto	mg/L	5,02	7,11	5,14	6,65	5,46
pH	u	8,93	8,7	7,79	8,26	8,19
Temperatura	°C	25,9	24,8	25,5	25,5	26,5
Conductividad eléctrica	µs/cm	81,2	83	82,2	76,7	78,4
Parámetros laboratorio		Punto # 1		Superficial (0 metros)		
Amoniaco	mg/L	0,09	0,27	0,19	0,05	0,03
Nitritos	mg/L	0,14	0,04	0,02	0,013	0,02
Nitratos	mg/L	40,0	120,5	2,64	0,44	4,8
Fosfatos	mg/L	0,29	0,16	0,15	0,08	0,17
Turbiedad	UNT	0,78	1,13	2,38	1,41	2
Color	UC	2	3	6,7	6,4	3,1
Sólidos suspendidos totales	mg/L	700	400	831	100	250
Sólidos volátiles	mg/L	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Muestreo superficial punto # 2 (0 metros)**

Análisis de parámetros físico químicos						
Parámetros <i>in situ</i>		Punto # 2		Superficial (0 metros)		
Fecha		13-mar-14	28-mar-14	22-may-14	11-jul-14	30-jul-14
Parámetro	Unidad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Transparencia	m	3,75	3,44	2,5	2	2
Oxígeno disuelto	mg/L	4,71	6,78	5,66	6,1	5,84
pH	u	9,06	8,26	7,57	7,76	7,58
Temperatura	°C	25,9	25,8	25,3	26	26,3
Conductividad eléctrica	µs/cm	81,4	83	82,7	77,1	78
Parámetros Laboratorio		Punto # 2		Superficial (0 metros)		
Amoniaco	mg/L	0,23	0,29	0,11	0,03	0,4
Nitritos	mg/L	0,11	0,05	0,02	0,009	0,03
Nitratos	mg/L	48,4	95,04	0,44	0,88	3,1
Fosfatos	mg/L	0,46	0,05	0,1	0,05	0,26
Turbiedad	UNT	1,08	1,12	1,83	1,85	2
Color	UC	3	2	6,2	7	2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	600	200	658	250	300
Sólidos volátiles	mg/L	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Muestreo superficial punto # 3 (0 metros)**

Análisis de parámetros físico químicos						
Parámetros <i>in situ</i>		Punto # 3		Superficial (0 metros)		
Fecha		13-mar-14	28-mar-14	22-may-14	11-jul-14	30-jul-14
Parámetro	Unidad	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Transparencia	m	2,7	3,87	2,2	3	2,3
Oxígeno disuelto	mg/L	5,13	7,5	5,89	6,15	6,44
pH	u	8,97	8,67	7,9	7,79	8,61
Temperatura	°C	26,1	23,3	25,4	26,1	26,8
Conductividad eléctrica	µs/cm	81,7	83	81,9	77	75,3
Parámetros laboratorio		Punto # 3		Superficial (0 metros)		
Amoniaco	mg/L	0,05	0,05	0,2	0,05	0,02
Nitritos	mg/L	0,04	0,39	0,01	0,013	0,06
Nitratos	mg/L	44	69,9	0,44	8,36	2,6
Fosfatos	mg/L	0,29	0,17	0,16	0,02	1,24
Turbiedad	UNT	0,76	1,76	2,04	2,04	2
Color	UC	1	3	6,5	7,1	3
Sólidos suspendidos totales	mg/L	1 000	300	649	600	400
Sólidos volátiles	mg/L	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Transparencia

En la tabla XVII (p. 40) se resumen los resultados de los 5 muestreos realizados en los puntos 1,2 y 3 de la laguna El Pino. Existen factores que pudieron influir en los valores obtenidos aparte de sólidos presentes en el cuerpo de agua o materia orgánica, los cuales son: la intensidad luminosa, el porcentaje de nubosidad, el ángulo de incidencia de la luz en la superficie del agua y el grado de agitación del agua (velocidad del viento).

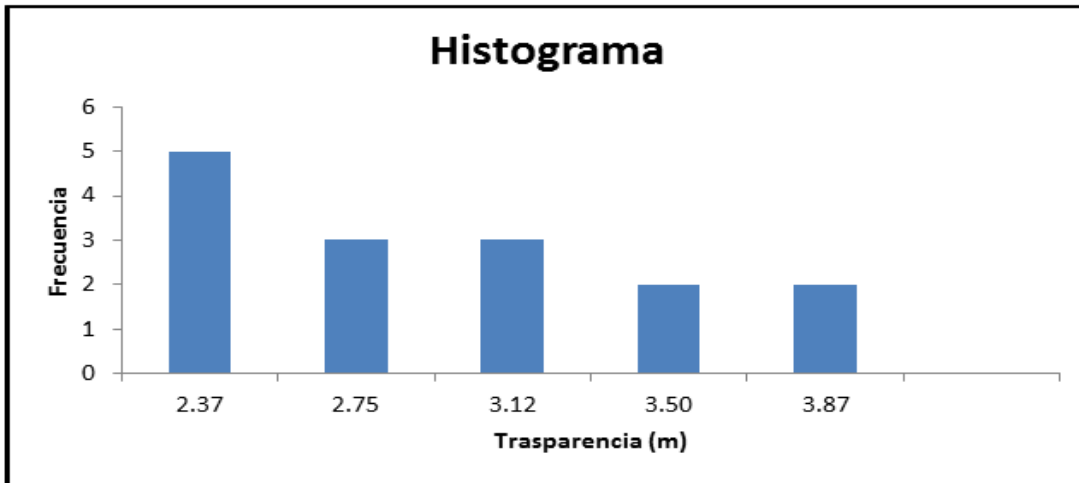
Con los datos obtenidos de la tabla XVII, se determinan los valores resumen estadística de la tabla XXIII, que oscilan a un mínimo 2,00 metros en el punto 1 y un máximo 3,87 metros en el punto 3 para luego graficar su respectivo histograma figura 14.

Tabla XXII. **Resumen estadístico del parámetro de transparencia**

Estadística descriptiva transparencia (m)	
Promedio	2,787333333
Error típico	0,163402706
Mediana	2,7
Moda	2
Desviación estándar	0,63285596
Varianza de la muestra	0,400506667
Curtosis	-1,065592749
Coficiente de asimetría	0,306724954
Rango	1,87
Mínimo	2,00
Máximo	3,87
Suma	41,81
Datos válidos	15

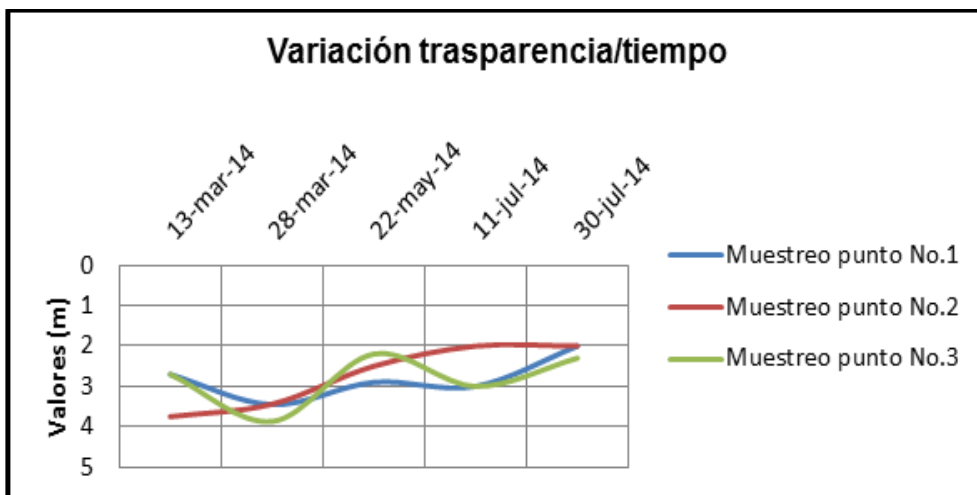
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Histograma del parámetro de transparencia**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Muestreo superficial de transparencia**



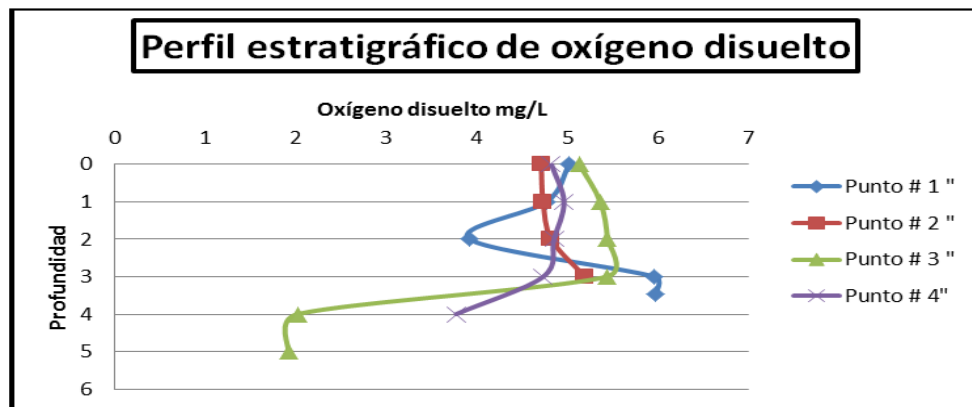
Fuente: elaboración propia.

En la figura 15 se observa la variación de transparencia superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Siendo un ejemplo el punto # 2 como se observa, que el 13 de marzo de 2014 la profundidad fue de 3,75 metros y el 30 julio 2014, la profundidad fue de 2 metros, por lo tanto, la laguna El Pino demuestra un deterioro por su disminución en la profundidad a través del tiempo.

5.1.1. Oxígeno disuelto

En las figuras 16, 17, 18 y 19 que se muestran a continuación, se presentan los valores obtenidos de oxígeno disuelto en los perfiles estratigráficos donde se observan las variaciones de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

Figura 16. Muestreo # 1

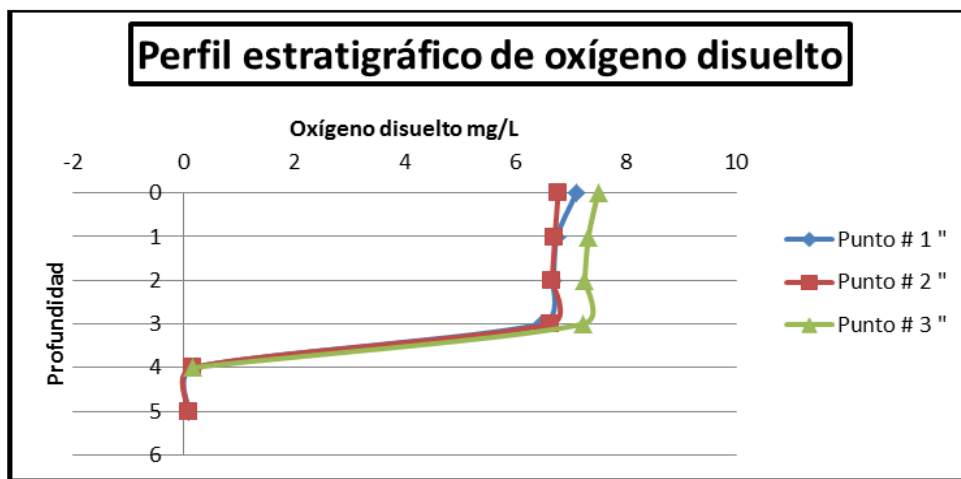


Fuente: elaboración propia.

En la figura 16 de oxígeno disuelto se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,92 miligramos/litro en el punto 1 a

una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 5,97 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 3 metros.

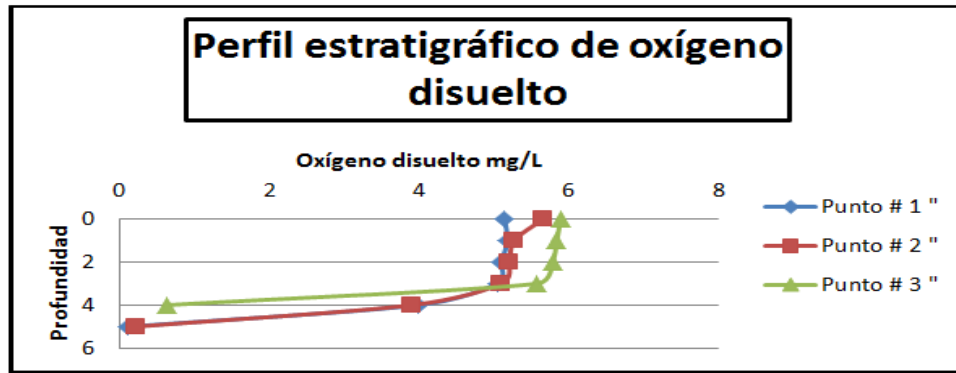
Figura 17. Muestreo # 2



Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 de oxígeno disuelto se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 0,09 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 7,33 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 1 metro.

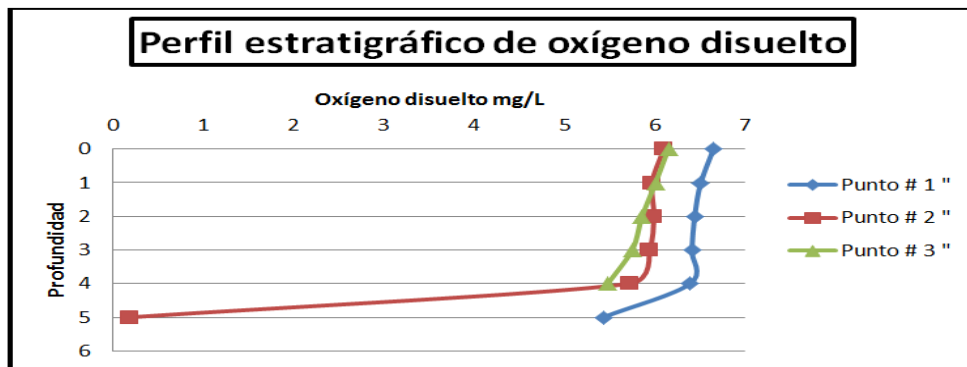
Figura 18. Muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 de oxígeno disuelto se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 0,12 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 5,89 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

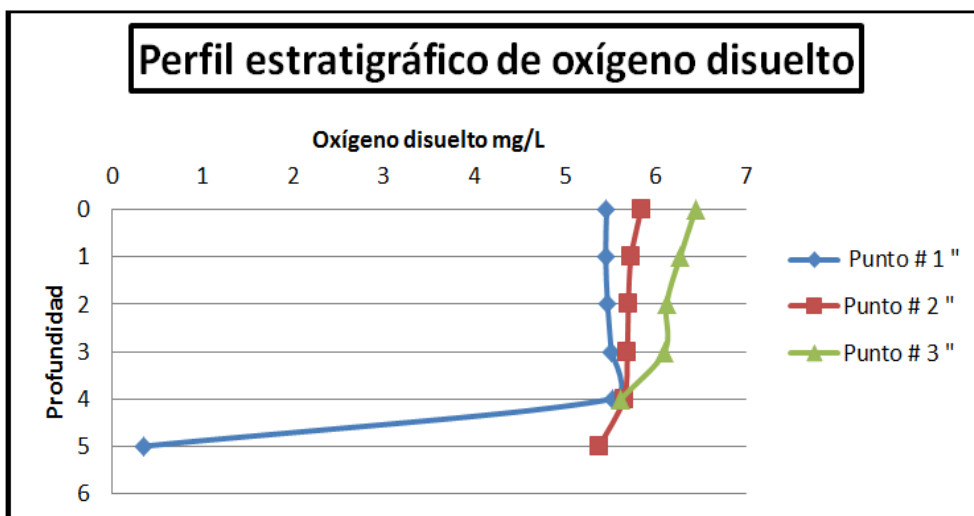
Figura 19. Muestreo # 4



Fuente: elaboración propia.

En la figura 19 de oxígeno disuelto se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 0,19 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 6,65 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

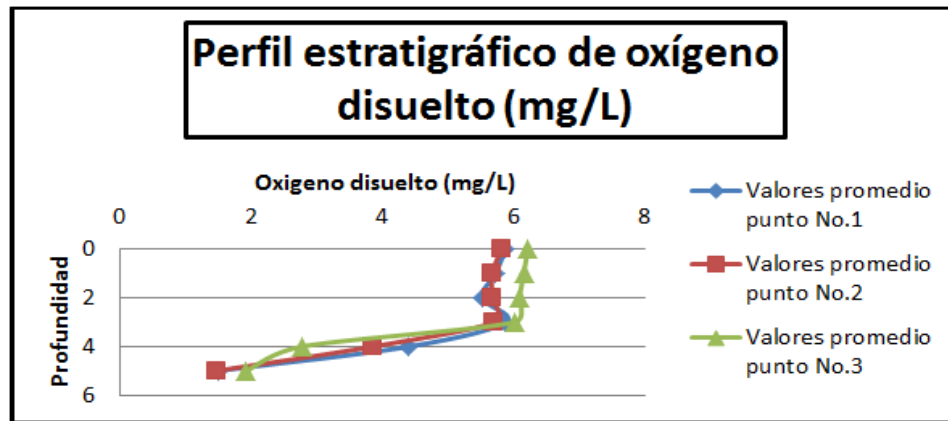
Figura 20. **Muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 20 de oxígeno disuelto se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 0,36 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 6,44 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

Figura 21. Promedios del oxígeno disuelto



Fuente: elaboración propia.

En la figura 21 de oxígeno disuelto media según datos de la tabla XV; se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 1,47 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 6,22 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

Los valores de las gráficas 16, 17, 18,19, 20 y 21 indican que la concentración de oxígeno disuelto del agua de la laguna El Pino disminuye a través de la profundidad.

En la tabla II se muestran los criterios de calidad de agua según los usos que se le pueden dar a la laguna; cumpliendo con los valores establecidos de oxígeno disuelto son para riego de hortalizas, navegación, uso industrial y producción de energía y, por último, crianza de animales.

A continuación se presenta el resumen estadístico, tabla XXIII, histograma figura 22 de profundidad 1 metro. Resumen estadístico tabla XXIV, histograma figura 23 de profundidad 4 metros para su análisis.

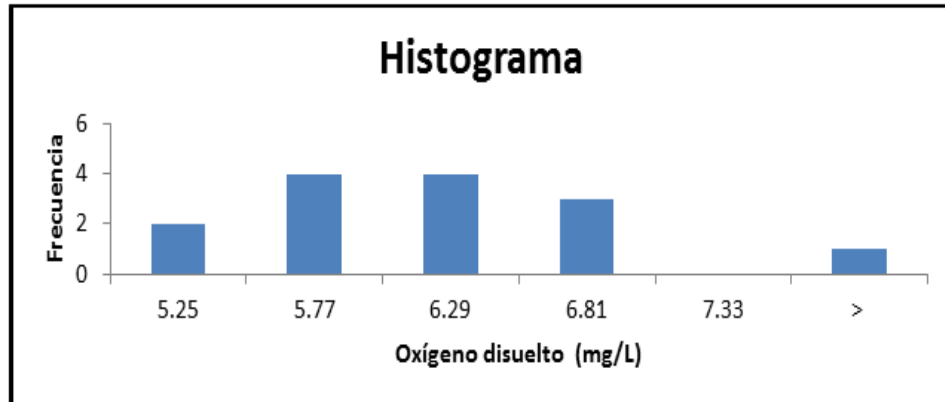
Tabla XXIII. **Resumen estadístico para el parámetro oxígeno disuelto a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva oxígeno disuelto a 1 metro de profundidad	
Promedio	5,94071429
Error típico	0,19155943
Mediana	5,905
Moda	4,9
Desviación estándar	0,71674976
Varianza de la muestra	0,51373022
Curtosis	0,47866132
Coficiente de asimetría	0,3057179
Rango	2,56
Mínimo	4,77
Máximo	7,33
Suma	83,17
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXIII oscilan 4,77 a 7,33 miligramos/litro con un valor promedio de 5,94 miligramos/litro.

Figura 22. **Histograma del oxígeno disuelto *in situ* a una profundidad de 1 metro**



Fuente: elaboración propia.

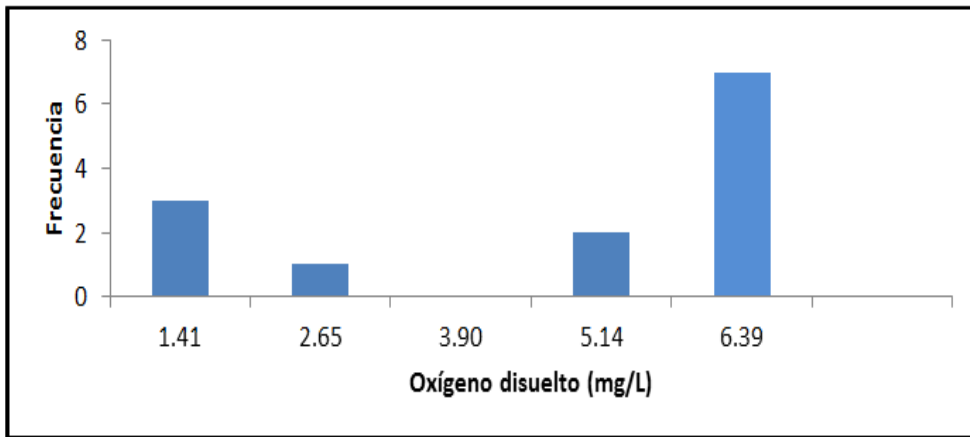
Tabla XXIV. **Resumen estadístico para el parámetro oxígeno disuelto a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva oxígeno disuelto a 4 metros de profundidad	
Promedio	3,66
Error típico	0,66002581
Mediana	4,655
Moda	4,4
Desviación estándar	2,46959044
Varianza de la muestra	6,09887692
Curtosis	1,59314355
Coeficiente de asimetría	0,54388536
Rango	6,23
Mínimo	0,16
Máximo	6,39
Suma	51,24
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

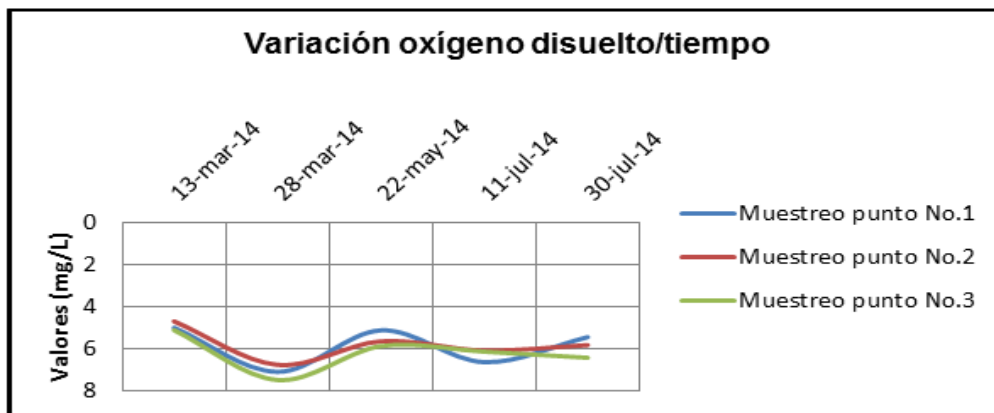
Los datos recabados en la tabla XXIV oscilan 0,16 a 6,39 miligramos/litro con un valor promedio de 3,66 miligramos/litro.

Figura 23. **Histograma del oxígeno disuelto medido *in situ* a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Muestreo superficial oxígeno disuelto**



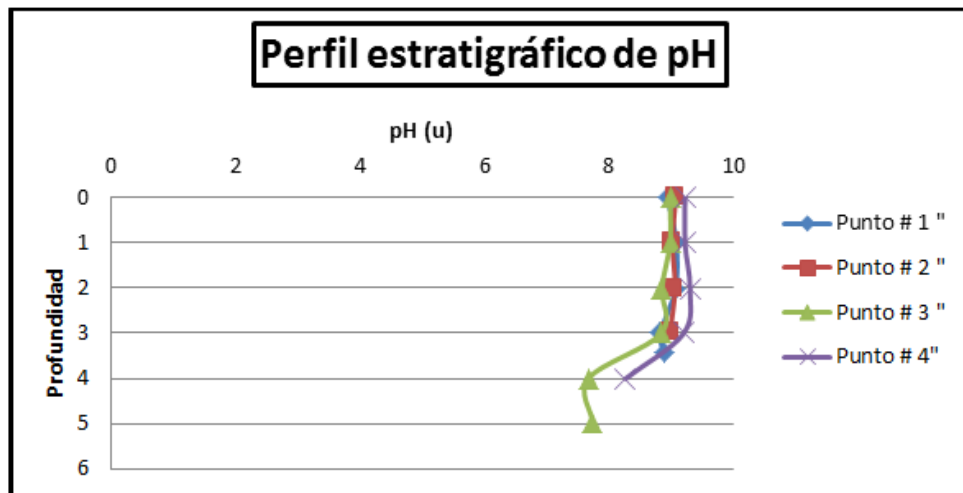
Fuente: elaboración propia.

En la figura 24 se observa la variación de oxígeno disuelto superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Como se registra el 13 de marzo de 2014, punto 3 valor de 5,13 miligramos/litro y el 30 de julio de 2104, punto 3 valor de 6,44 miligramos/litro. Los valores normales de oxígeno disuelto en un cuerpo lacustre para que exista vida acuática son de 7 a 8 miligramos/litro (Inga. Chamorro, 2010), por lo que se determina que la laguna El Pino si presenta un deterioro a través del tiempo.

5.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)

En las figuras 25, 26, 27, 28 y 29, que se muestran a continuación se presentan los valores obtenidos de pH en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

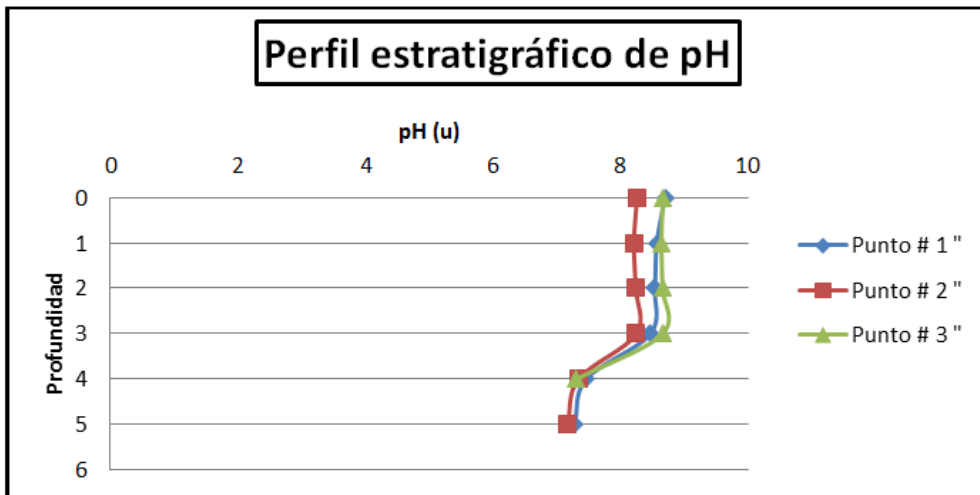
Figura 25. Valores del pH obtenidos en el muestreo # 1



Fuente: elaboración propia.

En la figura 25 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 7,66 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 4 metros y el máximo valor de 9,07 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 1 metro.

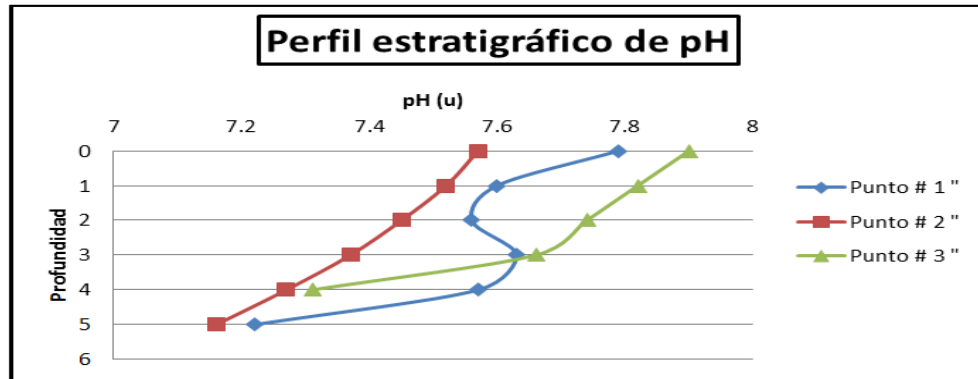
Figura 26. **Valores del pH obtenidos en el muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 26 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 7,17 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 8,7 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad superficial.

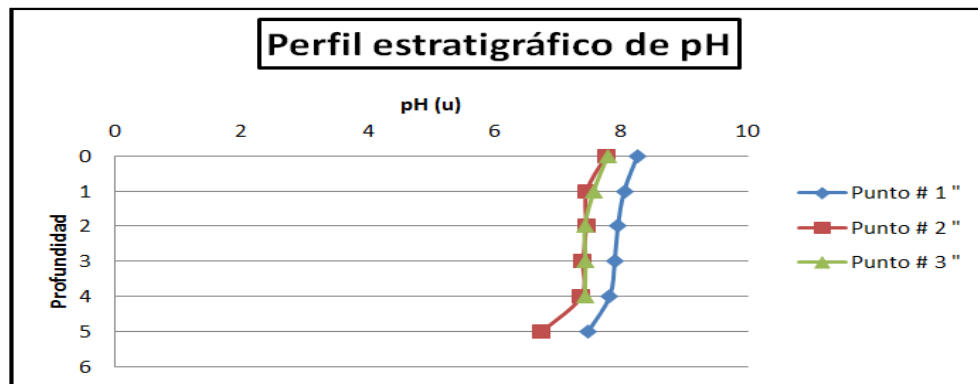
Figura 27. Valores del pH obtenidos en el muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 27 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 7,16 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 7,90 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

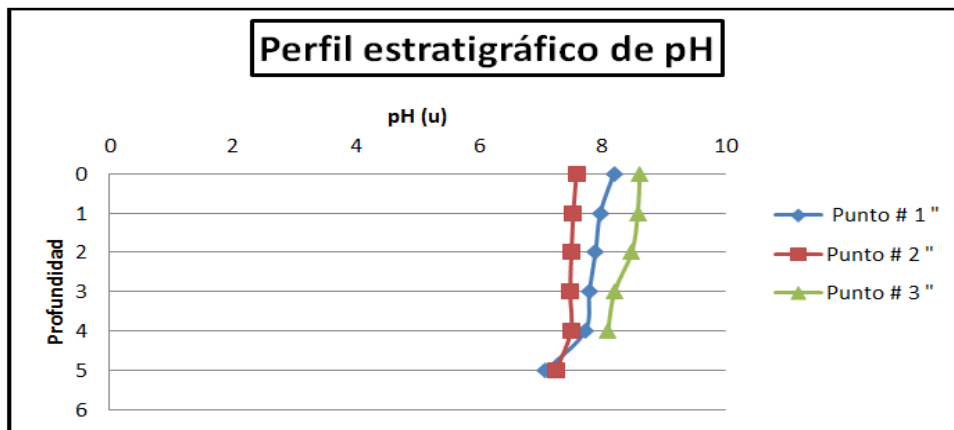
Figura 28. Valores del pH obtenidos en el muestreo # 4



Fuente: elaboración propia.

En la figura 28 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 6,75 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 8,26 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad superficial.

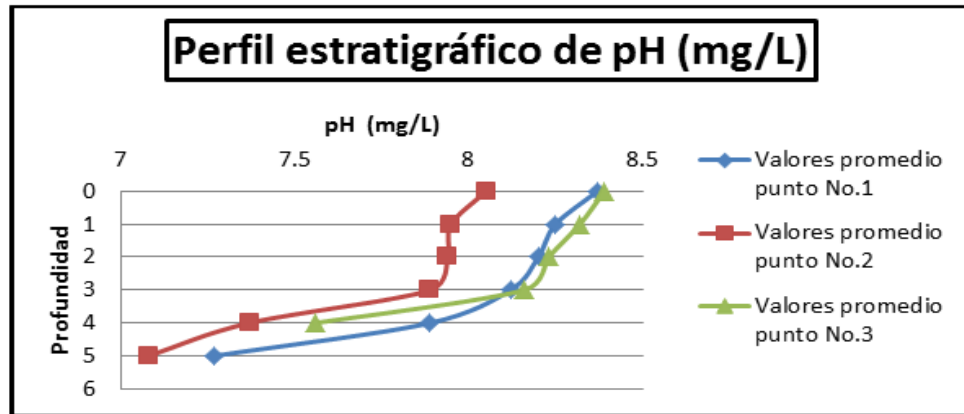
Figura 29. **Valores del pH obtenidos en el muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 29 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 6,75 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 7,90 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad superficial.

Figura 30. Promedios del potencial de hidrógeno (pH)



Fuente: elaboración propia.

En la figura 30 de pH se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 7,08 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 8,61 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial. Lo cual determina que actualmente el perfil estratigráfico del agua de la laguna El Pino es alcalina.

A continuación se presenta un resumen estadístico tabla XXV, histograma figura 31, de profundidad 1 metro. Resumen estadístico tabla XXVI, histograma figura 32, de profundidad 4 metros para su análisis.

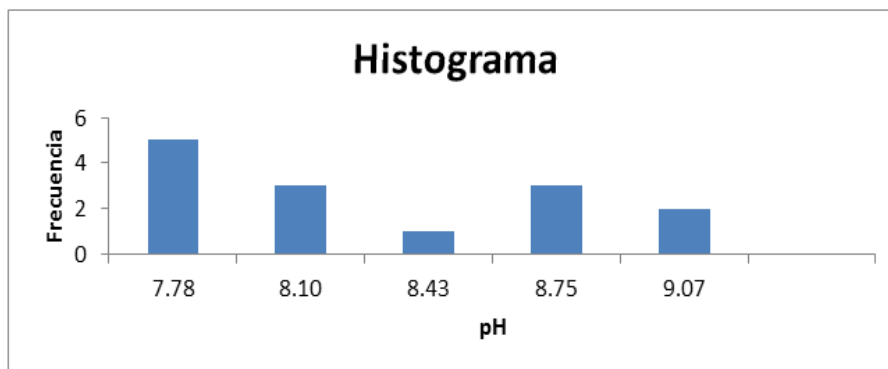
Tabla XXV. **Resumen estadístico para el parámetro pH a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva pH a 1 metro de profundidad	
Promedio	8,17333333
Error típico	0,15222998
Mediana	8,05
Moda	7
Desviación estándar	0,5895842
Varianza de la muestra	0,34760952
Curtosis	1,51425713
Coficiente de asimetría	0,28493285
Rango	1,61
Mínimo	7,46
Máximo	9,07
Suma	122,6
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXVII oscilan entre 7,46 a 9,07 miligramos/litro con un valor promedio de 8,17.

Figura 31. **Histograma del pH medido *in situ* a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

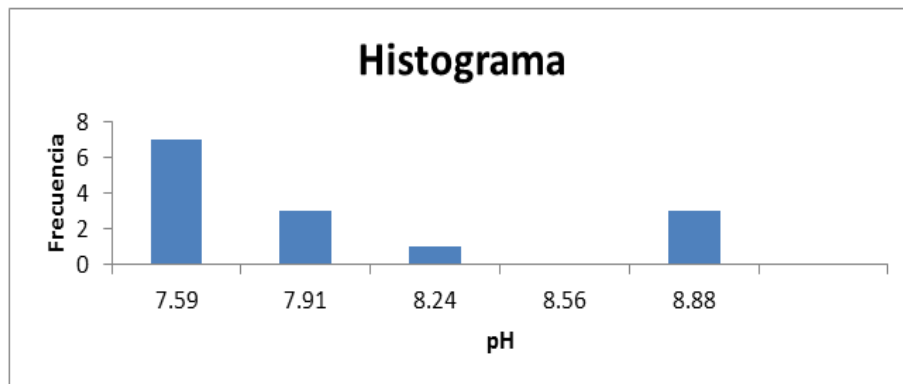
Tabla XXVI. **Resumen estadístico para el parámetro pH a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva pH a 4 metros de profundidad	
Promedio	7,83642857
Error típico	0,15202518
Mediana	7,615
Moda	7
Desviación estándar	0,56882615
Varianza de la muestra	0,32356319
Curtosis	0,43416946
Coefficiente de asimetría	1,04114629
Rango	1,61
Mínimo	7,27
Máximo	8,88
Suma	109,71
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXVIII oscilan entre 7,27 a 8,88 miligramos/litro con un valor promedio de 7,83 miligramos/litro.

Figura 36. **Histograma del pH medido *in situ* a 4 metros de profundidad**

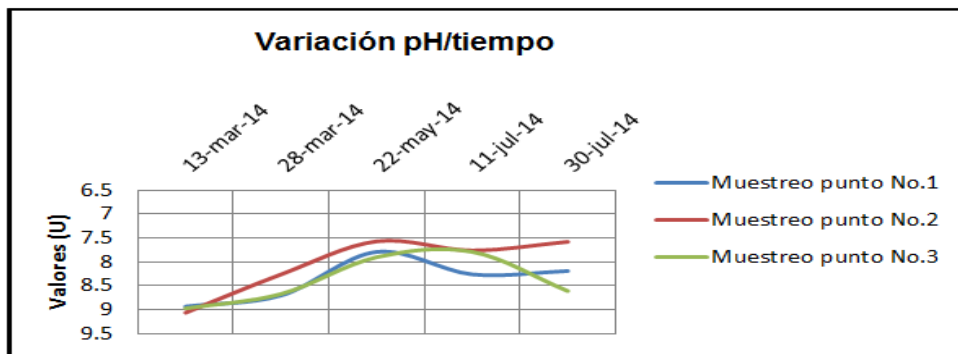


Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXV y XXVI, se ratifica que el comportamiento del pH presenta una leve disminución de 0,34 miligramos/litro a una profundidad de 4 metros, variando como mínimo su perfil estratigráfico pH del agua de la laguna El Pino.

En la tabla II se muestran los criterios de calidad de agua según los usos que se le pueden dar a la laguna, cumpliendo con los valores establecidos de pH son para recreación contacto primario, riego de hortalizas y conservación de la flora y fauna en agua dulce y, por último, para la conservación de especies destinadas a alimentación humana en agua dulce.

Figura 33. **Muestreo superficial del potencial de hidrógeno (pH)**



Fuente: elaboración propia.

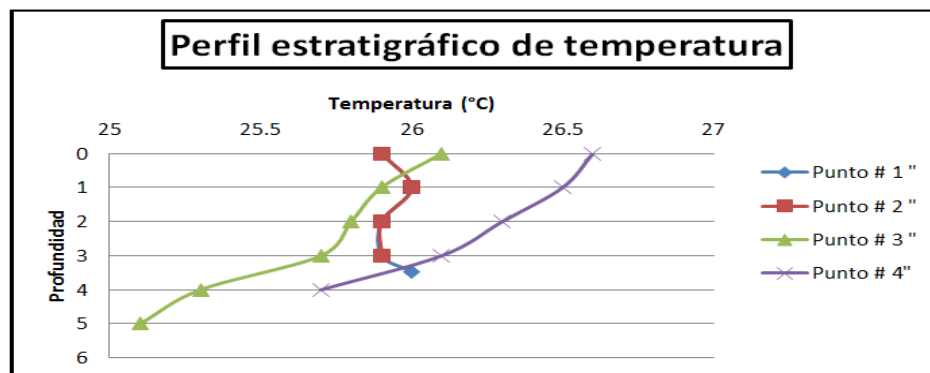
En la figura 33 se observa la variación de oxígeno disuelto superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Como se registra el 13 de marzo de 2014, punto 3 valor de 5,13 miligramos/litro y el 30 de julio de 2104 punto 3 valor de 6,44 miligramos/litro. Los valores normales de oxígeno disuelto en un cuerpo lacustre para que exista vida acuática son de 7 a 8

miligramos/litro (Inga. Chamorro, 2010) por lo que se determina que la laguna El Pino si presenta un deterioro a través del tiempo.

5.1.3. Temperatura

En las figuras 34, 35, 36, 37, 38 y 39 que se muestran a continuación se presentan los valores de temperatura en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones de cada uno de los puntos 1,2 y 3 muestreados.

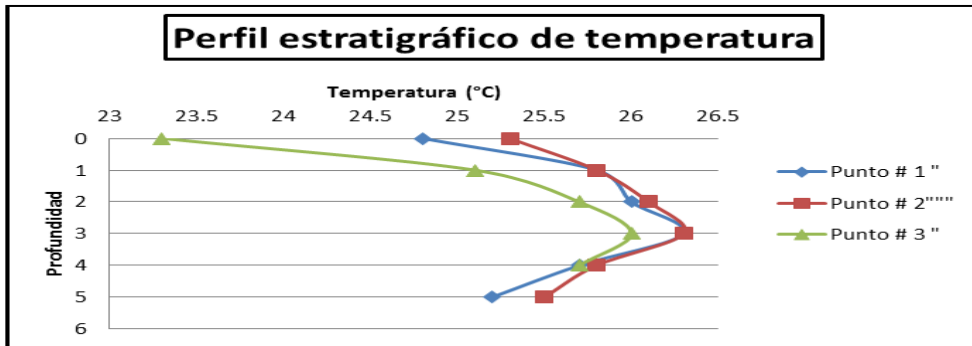
Figura 34. **Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 1**



Fuente: elaboración propia.

En figura 34 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 25,10 °C en el punto 3 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 26,10 °C en el punto 3 a una profundidad superficial.

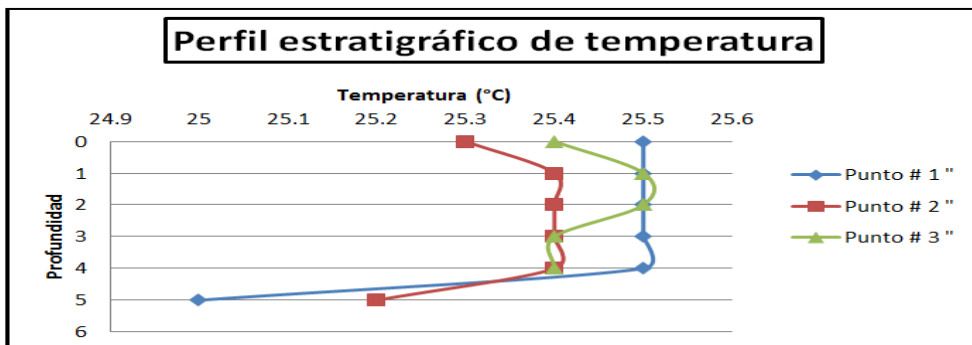
Figura 35. **Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 35 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 23,30 °C en el punto 3 a una profundidad superficial y el máximo valor de 26,10 °C en el punto 1 a una profundidad de 3 metros.

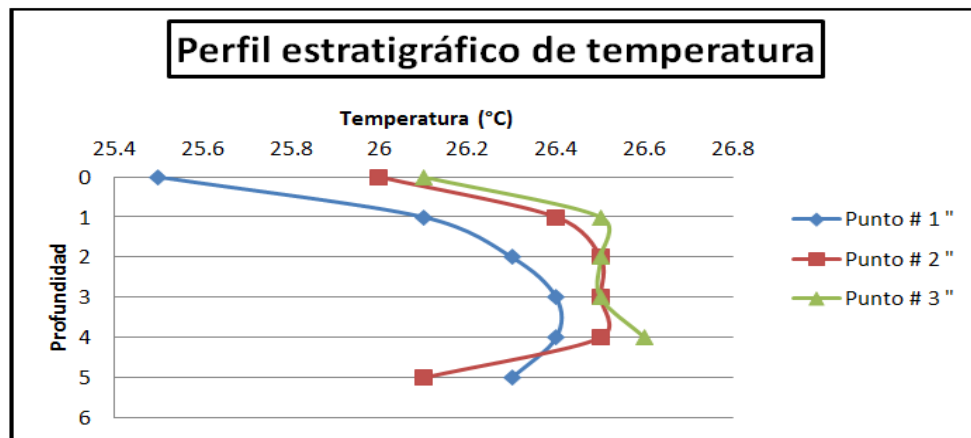
Figura 36. **Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 3**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 36 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 25,00 °C en el punto 3 a una profundidad de 3 metros y el máximo valor de 25,50 °C en el punto 1 a una profundidad de 3 metros.

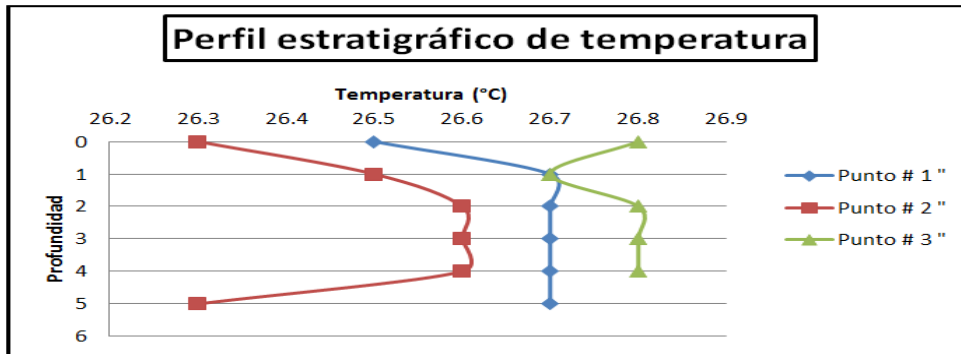
Figura 37. **Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 37 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 25,50 °C en el punto 3 a una profundidad superficial y el máximo valor de 26,60 °C en el punto 3 a una profundidad de 4 metros.

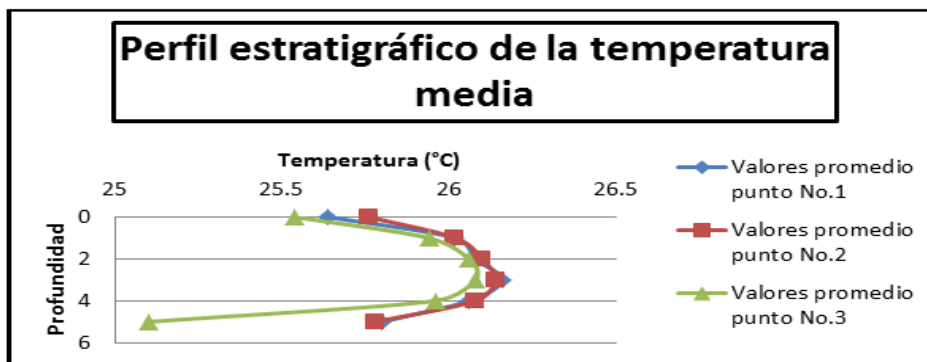
Figura 38. **Valores obtenidos de la temperatura del agua en el muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 38 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 26,30 °C en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 26,80 °C en el punto 3 a una profundidad de 2 metros.

Figura 39. **Perfil estratigráfico de la temperatura media**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 39 de temperatura se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 25,10 °C en el punto 3 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 26,16 °C en el punto 1 a una profundidad de 3 metros. 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 a 1 °C. (Ing. Argueta 2011)

A continuación se presenta el resumen estadístico (tabla XXVII), histograma (figura 40) de profundidad 1 metro. Resumen estadístico (tabla XXVIII), histograma (figura 41) de profundidad 4 metros para su análisis.

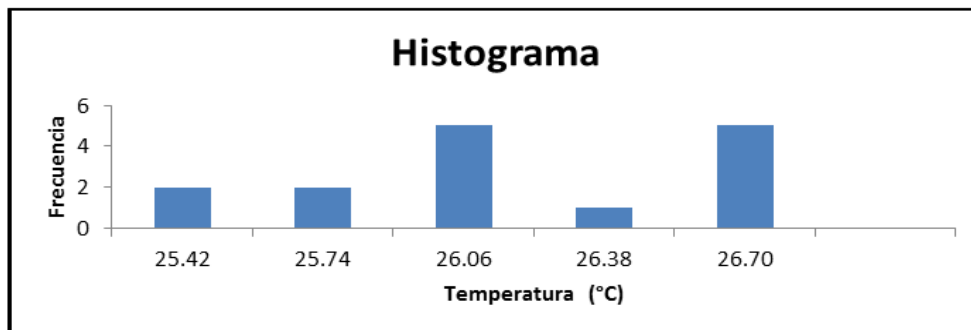
Tabla XXVII. **Resumen estadístico para el parámetro temperatura a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva temperatura a 1 metro de profundidad	
Promedio	25,9933333
Error típico	0,12741633
Mediana	26
Moda	26
Desviación estándar	0,49348132
Varianza de la muestra	0,24352381
Curtosis	0,91527028
Coefficiente de asimetría	0,09794065
Rango	1,6
Mínimo	25,1
Máximo	26,7
Suma	389,9
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXIX oscilan entre 25,10 °C a 26,70 °C con un valor promedio de 25,99 °C.

Figura 40. **Histograma de la temperatura media *in situ* a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

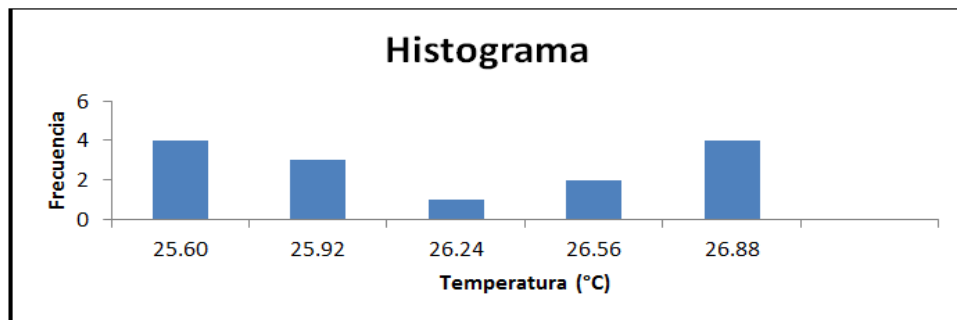
Tabla XXVIII. **Resumen estadístico para el parámetro temperatura a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva temperatura a 4 metros de profundidad	
Promedio	26,0285714
Error típico	0,14692024
Mediana	25,9
Moda	25,7
Desviación estándar	0,54972521
Varianza de la muestra	0,3021978
Curtosis	-1,78108947
Coficiente de asimetría	0,09558495
Rango	1,5
Mínimo	25,3
Máximo	26,8
Suma	364,4
Cuenta	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXX oscilan entre 25,30 °C a 26,80 °C con un valor promedio de 26,02 °C.

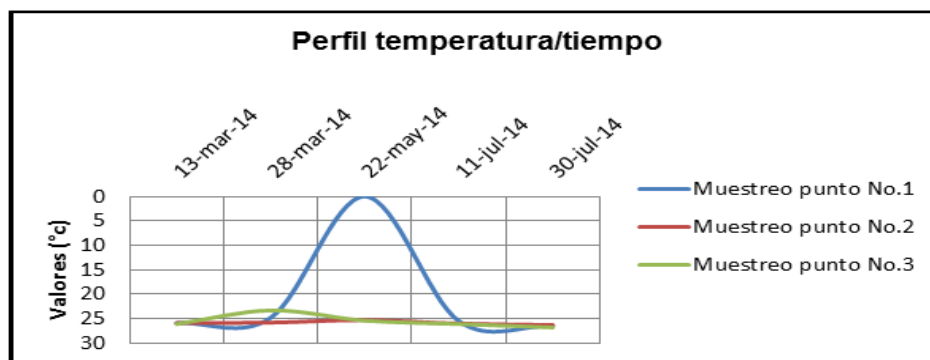
Figura 41. **Histograma de la temperatura media *in situ* a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXIX y XXX se ratifica que la temperatura presenta una disminución leve a mayor profundidad en el perfil estratigráfico del agua de la laguna El Pino.

Figura 42. **Muestreo superficial de la temperatura**



Fuente: elaboración propia.

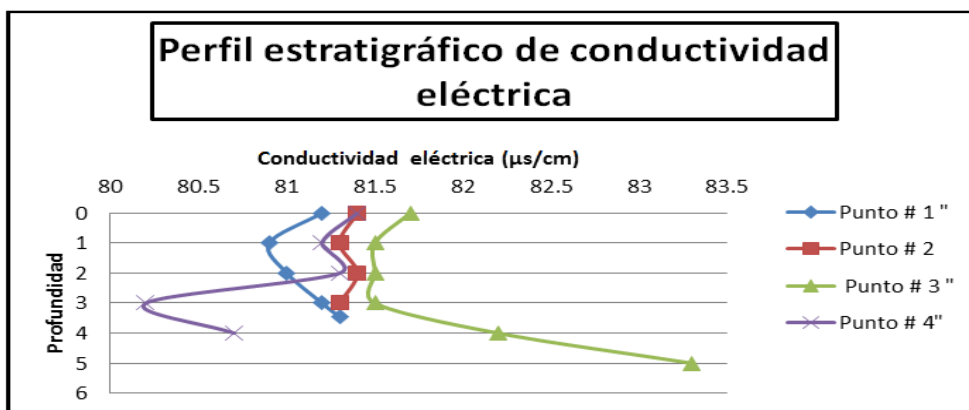
En la figura 42 se observa la variación de temperatura superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Valores que oscilan en mínimo 23,3 °C, punto 3 el 28 de marzo de 2014 y máximo de 26,8 °C, punto 3 el 30 de julio de 2014.

Por lo tanto, estos valores determinan que la laguna El Pino 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. (Ing. Argueta, 2011).

5.1.4. Conductividad eléctrica

En las figuras 43, 44, 45, 46 y 47 presentan los valores de conductividad eléctrica en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones de cada uno de los puntos 1,2 y 3 muestreados.

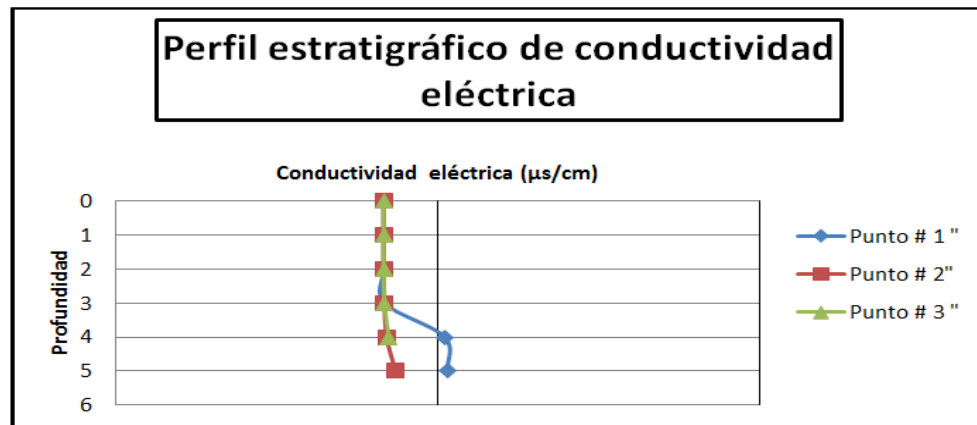
Figura 43. **Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 1**



Fuente: elaboración propia.

En figura 43 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 80,90 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en el punto 1 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 83,30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el punto 3 a una profundidad de 5 metros.

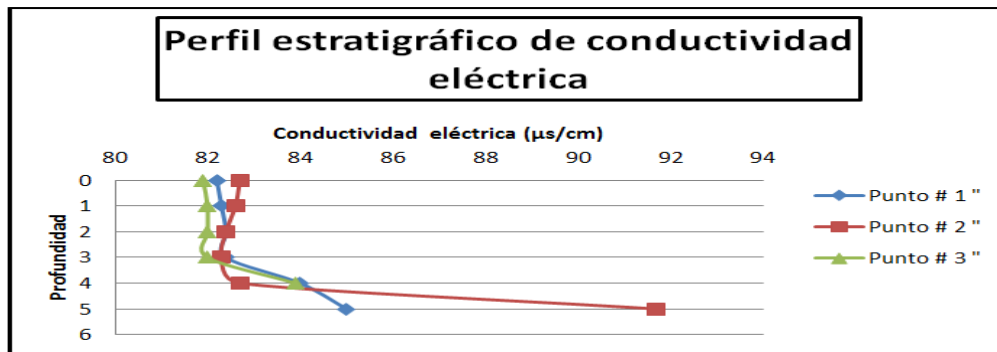
Figura 44. **Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 44 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 83,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en el punto 1 a una profundidad de superficial y el máximo valor de 237 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

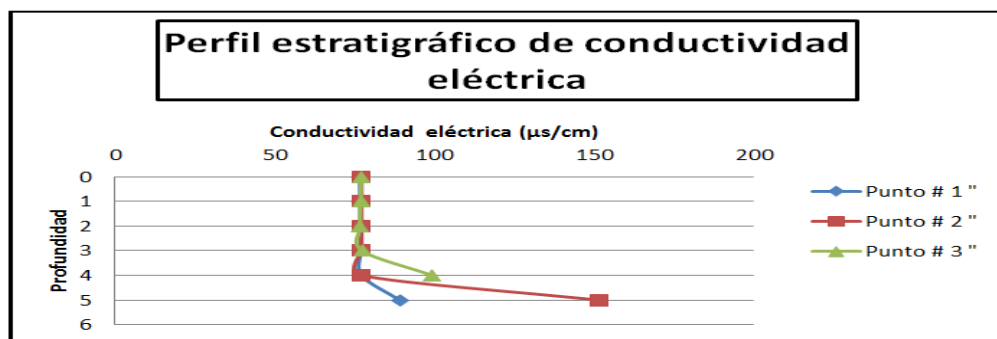
Figura 45. **Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 3**



Fuente: elaboración propia.

En figura 45 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 81,90 $\mu\text{s/cm}$, en el punto 3 a una profundidad superficial y el máximo valor de 91,7 $\mu\text{s/cm}$ en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

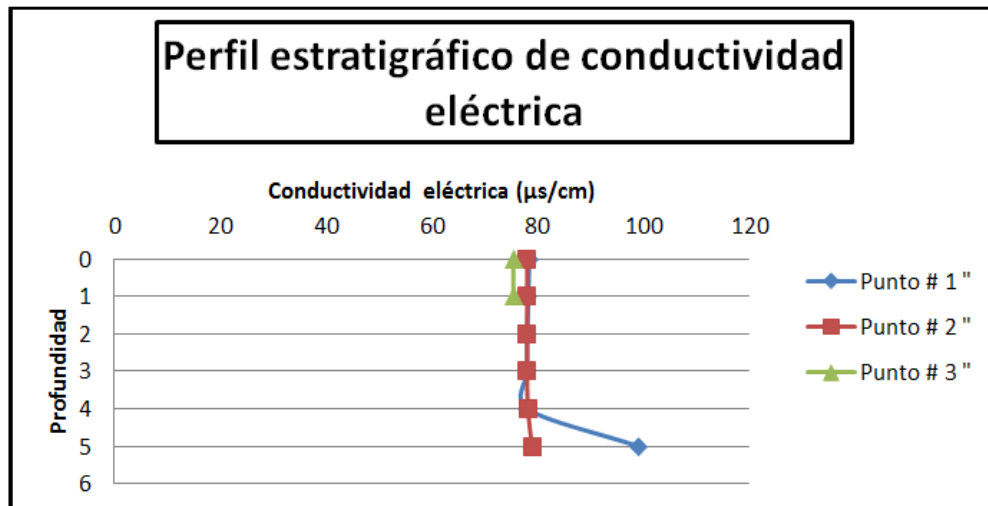
Figura 46. **Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 46 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 76,60 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en el punto 1 a una profundidad superficial y el máximo valor de 151,4 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

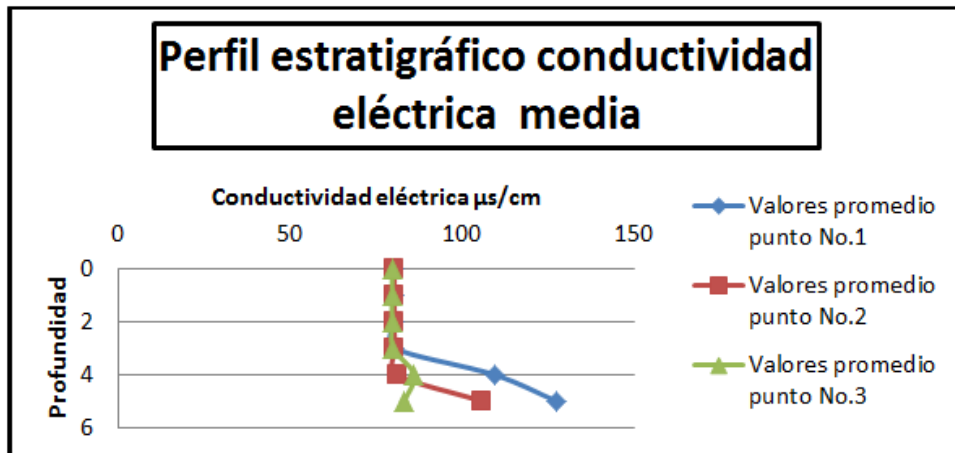
Figura 47. **Valores obtenidos de la conductividad eléctrica del agua en el muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 47 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 75,30 $\mu\text{s}/\text{cm}$. en el punto No.3 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 99,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el punto No. 1 a una profundidad de 5 metros.

Figura 48. Perfil estratigráfico de la conductividad eléctrica media



Fuente: elaboración propia.

En la figura 48 de conductividad eléctrica se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 79,72 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en el punto 3 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 127,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

A continuación se presenta el resumen estadístico (tabla XXIX), histograma (figura 49) de profundidad 1 metro. Resumen estadístico (tabla XXX), histograma (figura 50) de profundidad 4 metros para su análisis.

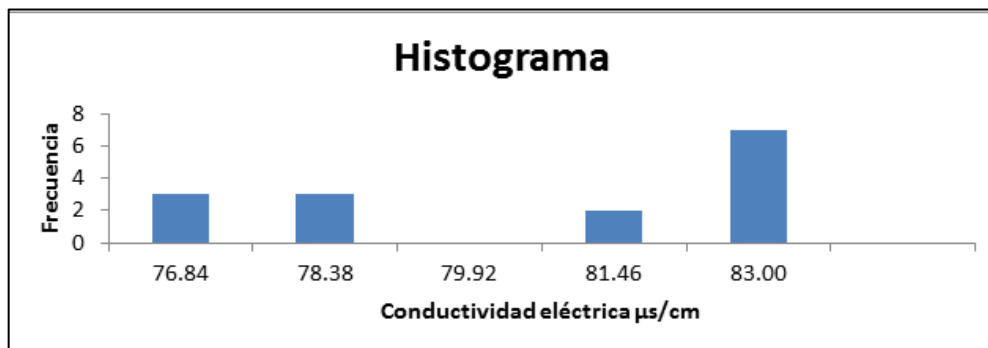
Tabla XXIX. **Resumen estadístico para el parámetro conductividad eléctrica a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva de conductividad eléctrica a 1 metro de profundidad	
Promedio	80,11333333
Error típico	0,714000578
Mediana	81,3
Moda	83
Desviación estándar	2,765312348
Varianza de la muestra	7,646952381
Curtosis	-1,527736969
Coefficiente de asimetría	-0,465629065
Rango	7,7
Mínimo	75,3
Máximo	83
Suma	1201,7
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXIX, los valores oscilan entre 75,3 a 83,00 $\mu\text{s/cm}$ manteniendo un valor promedio de 80,11 $\mu\text{s/cm}$.

Figura 49. **Histograma de la conductividad eléctrica media *in situ* a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

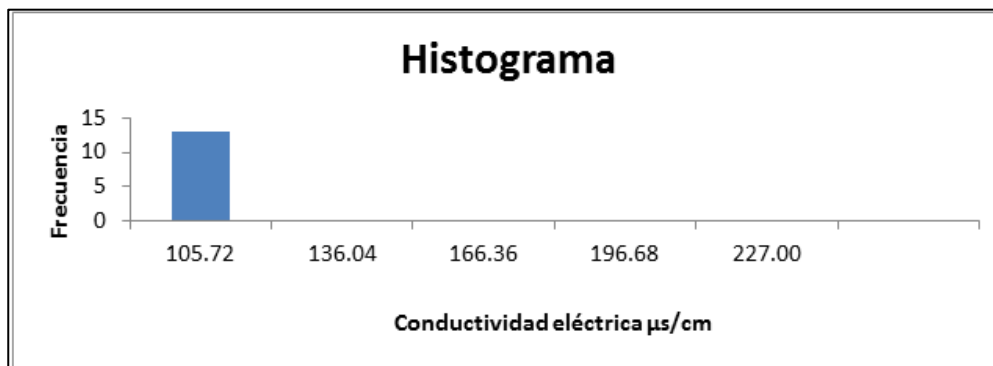
Tabla XXX. **Resumen estadístico para el parámetro conductividad eléctrica a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva de conductividad eléctrica a 4 metros de profundidad	
Media	93,08571429
Error típico	10,4364211
Mediana	82,45
Moda	81
Desviación estándar	39,0495121
Varianza de la muestra	1 524,864396
Curtosis	13,10538626
Coefficiente de asimetría	3,580203129
Rango	151,6
Mínimo	75,4
Máximo	227
Suma	1 303,2
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

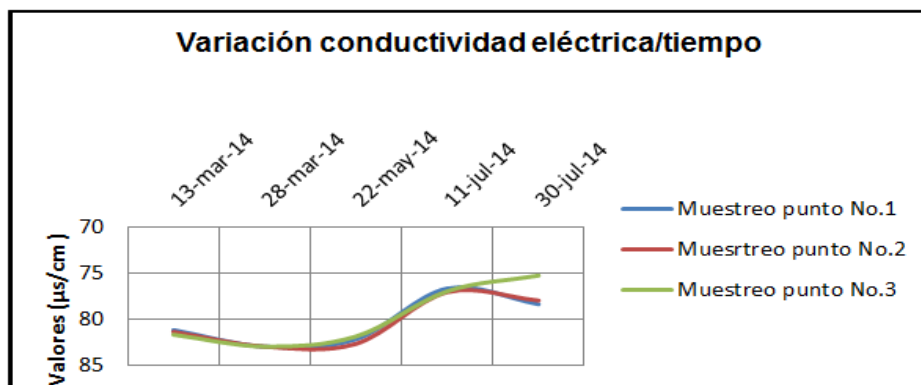
Los datos recabados en la tabla XXX, los valores oscilan entre 75,40 a 227 $\mu\text{s/cm}$ manteniendo un valor promedio de 93,08 $\mu\text{s/cm}$.

Figura 50. **Histograma de la conductividad eléctrica media *in situ* a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Muestreo superficial de la conductividad eléctrica**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 51 se observa la variación de conductividad eléctrica superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Valores que oscilan en mínimo 76,7 $\mu\text{s/cm}$, punto 1 el 11 de julio de 2014 y máximo de 83 $\mu\text{s/cm}$ punto 2 el 28 de marzo de 2014.

La conductividad eléctrica es un parámetro importante en el agua debido a que se puede conocer mucho acerca del metabolismo de un ecosistema acuático. La conductividad eléctrica varía en función de la fuente de agua de la laguna.

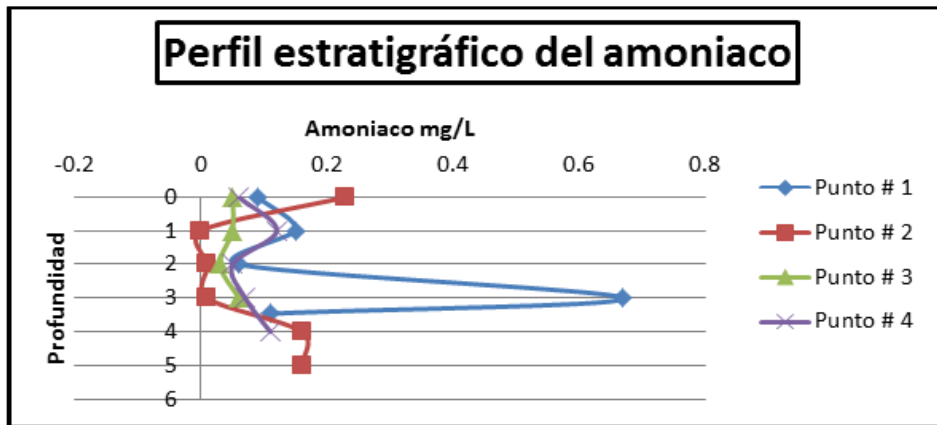
5.2. Parámetros en laboratorio

A continuación se encontrará la discusión de resultados de los parámetros en laboratorio.

5.2.1. Amoniaco

En las figuras 52, 53, 54, 55 y 56 se presenta la concentración de amoniaco en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones de cada uno de los puntos 1,2 y 3 muestreados.

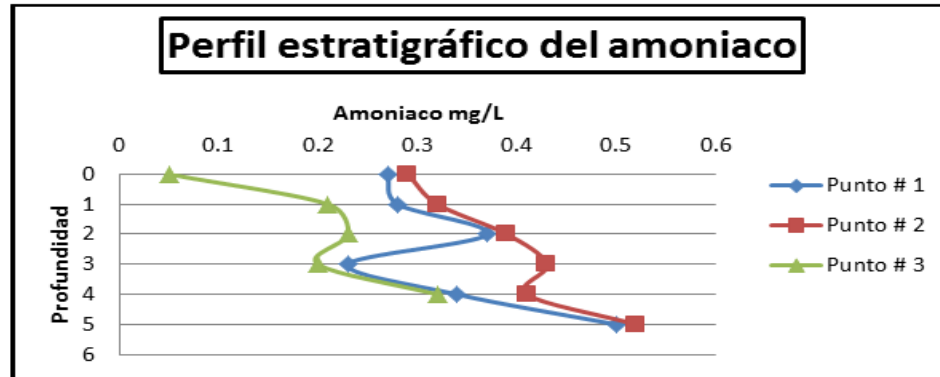
Figura 52. Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 1



Fuente: elaboración propia.

En la figura 52 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,0 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,67 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 3 metros.

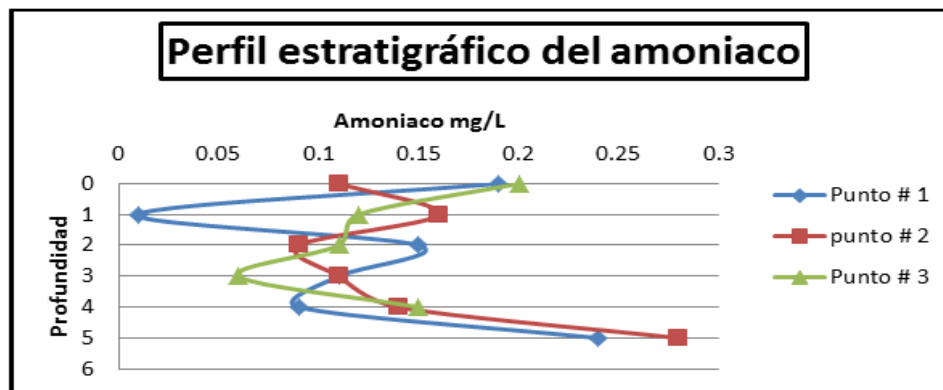
Figura 53. Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 2



Fuente: elaboración propia.

En la figura 53 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,05 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de superficial y el máximo valor de 0,52 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

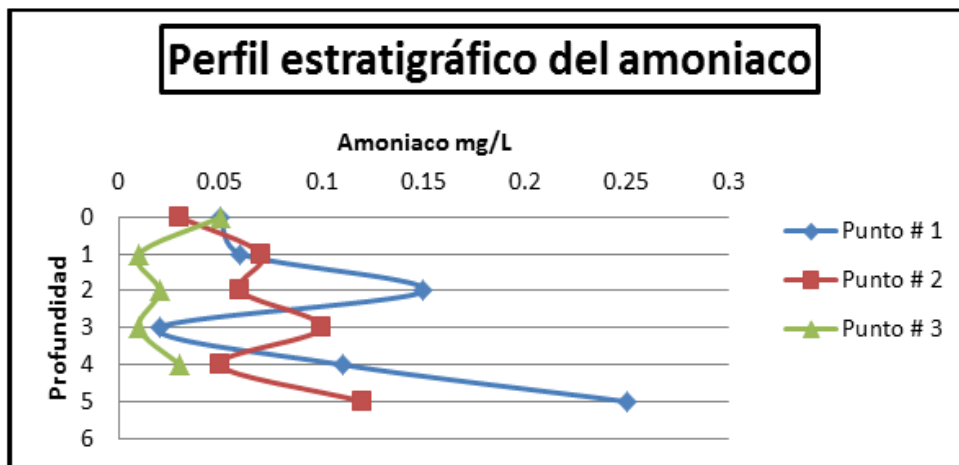
Figura 54. Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 54 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,28 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

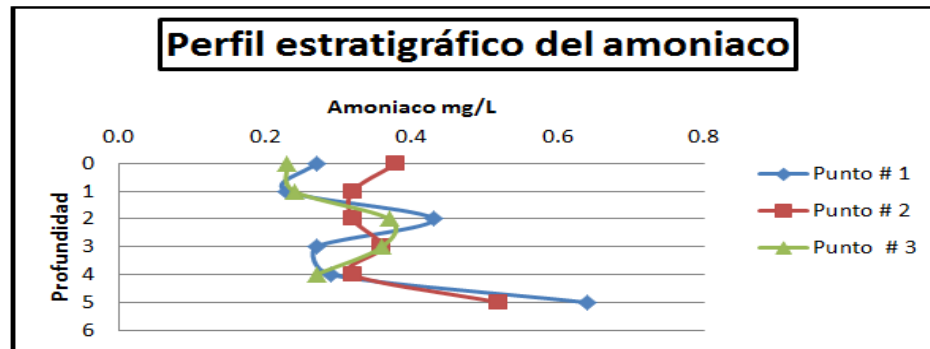
Figura 55. **Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 55 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,25 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

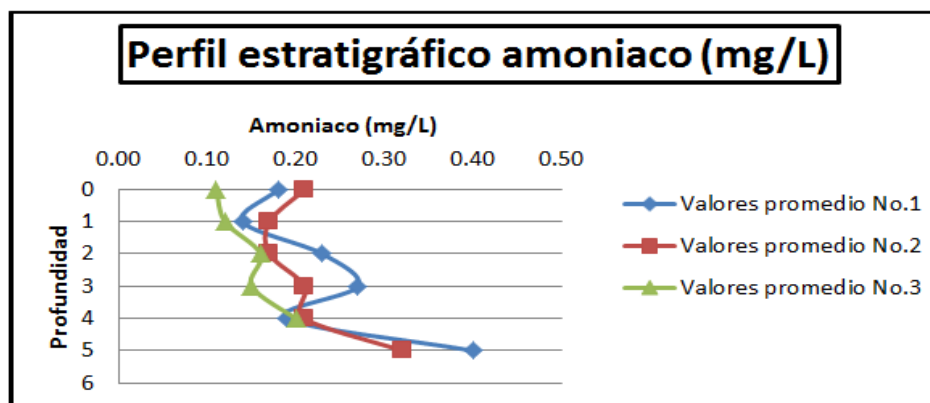
Figura 56. Valores obtenidos del amoniaco en el agua del muestreo # 5



Fuente: elaboración propia.

En la figura 56 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,23 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,64 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 1 metro.

Figura 57. Perfil estratigráfico del amoniaco media



Fuente: elaboración propia.

En la figura 57 de amoniaco se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,11 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial y el máximo valor de 0,32 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

Los valores de amonificación puedan estar variando por factores como la excreción de animales como aves de paso constituyen, por tanto, la fuente principal de amoniaco en el agua.

A continuación se presenta el resumen estadístico en la tabla XXXI, histograma figura 58 de profundidad 1 metro. Resumen estadístico, tabla XXXII; histograma, figura 59 de profundidad 4 metros, para su análisis.

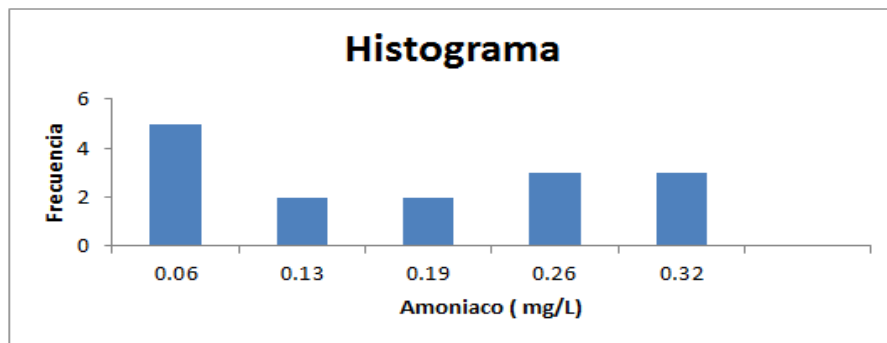
Tabla XXXI. **Resumen estadístico para el parámetro amoniaco a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva amoniaco a 1 metro de profundidad	
Promedio	0,14266667
Error típico	0,02788525
Mediana	0,15
Moda	0,01
Desviación estándar	0,10799912
Varianza de la muestra	0,01166381
Curtosis	1,19891803
Coefficiente de asimetría	0,2237202
Rango	0,32
Mínimo	0
Máximo	0,32
Suma	2,14
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXI, oscilan entre 0 a 0,32 miligramos/litro con un valor promedio de 0,11 miligramos/litro.

Figura 58. **Histograma amoniaco media *in situ* a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

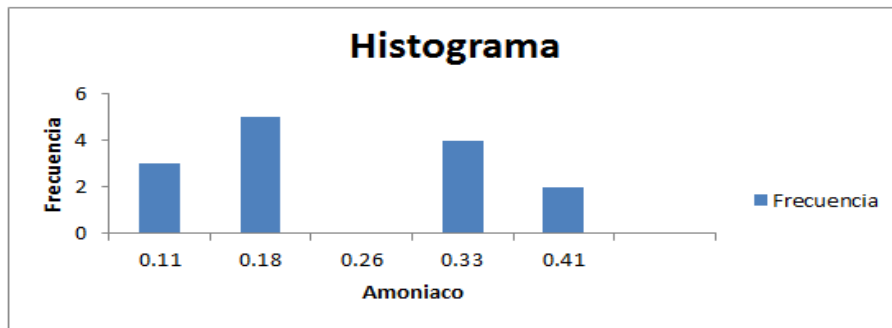
Tabla XXXII. **Resumen estadístico para el parámetro amoniaco a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva amoniaco a 4 metros de profundidad	
Promedio	0,20071429
Error típico	0,03277402
Mediana	0,155
Moda	0,3
Desviación estándar	0,12262916
Varianza de la muestra	0,01503791
Curtosis	1,42582114
Coefficiente de asimetría	0,23515618
Rango	0,38
Mínimo	0,03
Máximo	0,41
Suma	2,81
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXII, oscilan entre 0,03 a 0,41 miligramos/litro con un valor promedio de 0,20 miligramos/litro.

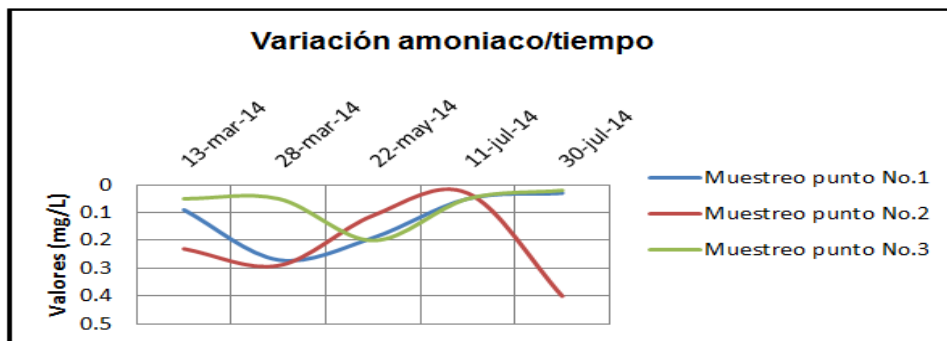
Figura 59. **Histograma amoniaco media *in situ* a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXXI y XXXII, se ratifica que el amoniaco presenta una variación mínima mayor profundidad en el perfil estratigráfico de la laguna El Pino siendo este el valor de 0,08 miligramos/litro.

Figura 60. **Muestreo superficial del amoniaco**



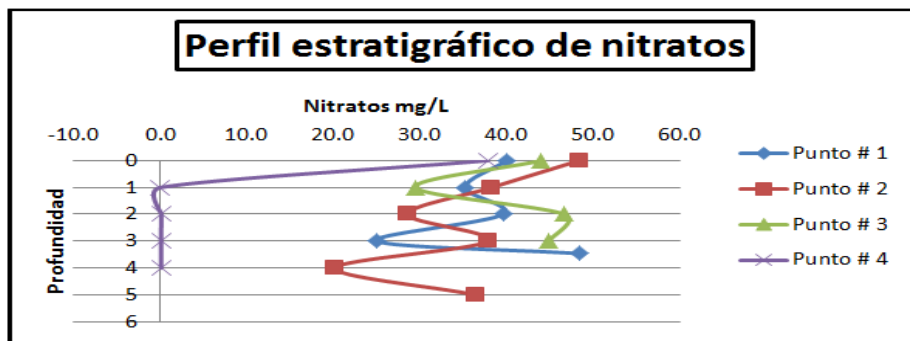
Fuente: elaboración propia.

En la figura 60 se observa la variación del amoniaco superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Como se registró el 13 de marzo de 2014, punto 3 valor de 0.05 miligramos/litro y el 11 de julio de 2104 punto 3 valor de 0,05 mg/L. Lo cual, determina que no hay deterioro y el comportamiento del amoniaco no ha sido significativo en su variación a excepción del punto 2, que muestra un comportamiento de aumento en sus valores.

5.2.2. Nitratos

En las figuras 61, 62, 63, 64 y 65 se presentan las concentraciones de los nitratos en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

Figura 61. **Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 1**

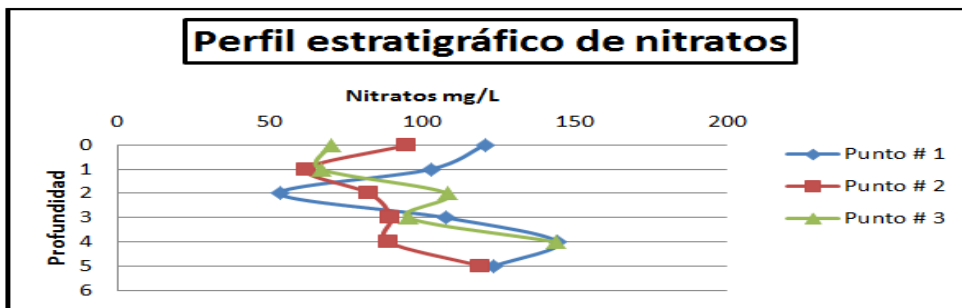


Fuente: elaboración propia.

En la figura 61 de nitratos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, a excepción del punto 4 tabla IX, mostrando un comportamiento definido. Encontrándose el mínimo valor de 20,24 miligramos/litro en el punto 2 a una

profundidad de 4 metros y el máximo valor de 48,40 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 3,46 metros.

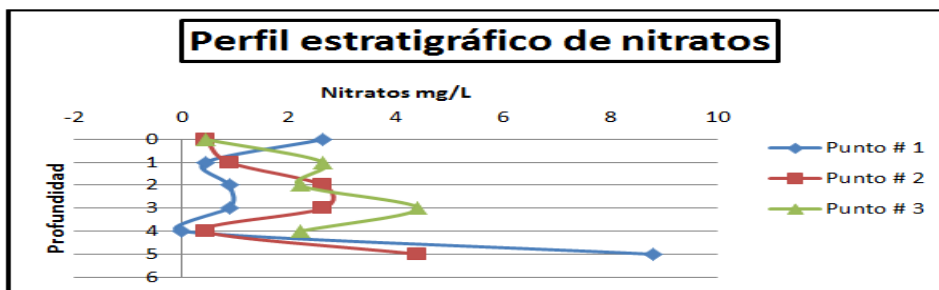
Figura 62. Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 2



Fuente: elaboración propia.

En la figura 62 de nitratos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 53,24 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 144,32 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 4 metros.

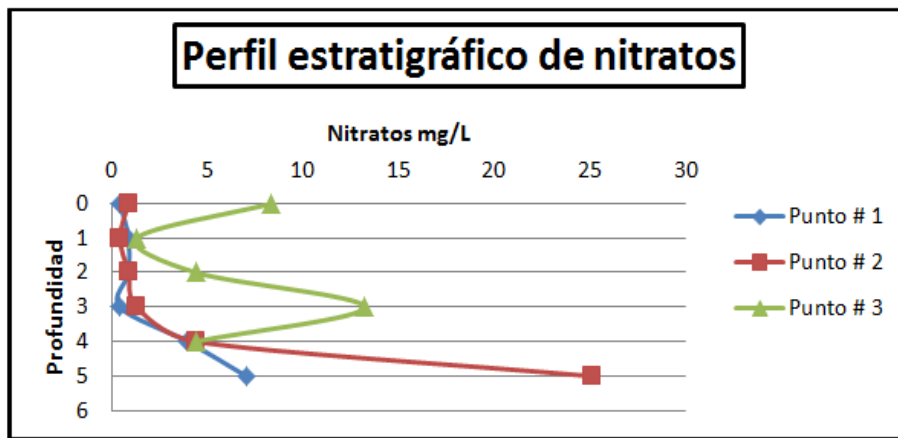
Figura 63. Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 63 de nitratos se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida e irregular en sus valores, encontrándose el mínimo valor de 0,0 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 4 metros y el máximo valor de 8,8 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

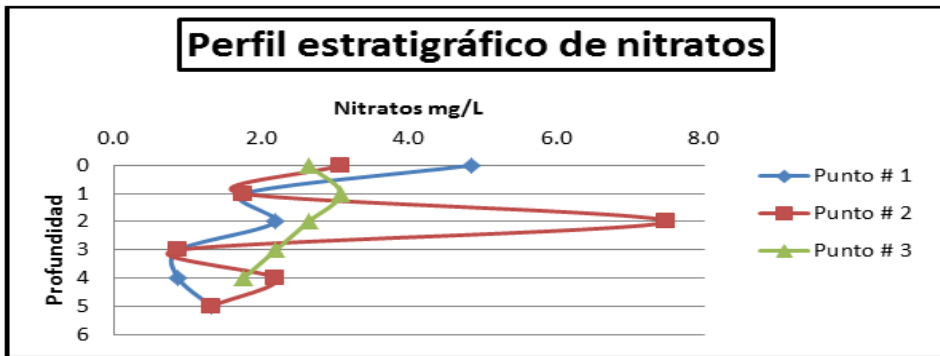
Figura 64. **Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 64 de nitratos se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,44 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de superficial y el máximo valor de 25,08 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

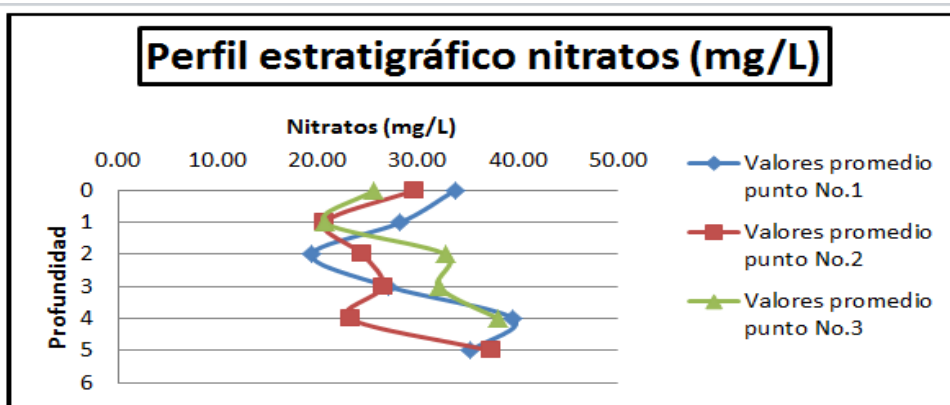
Figura 65. Valores obtenidos de nitratos en el agua del muestreo # 5



Fuente: elaboración propia.

En la figura 65 de nitratos se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,9 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 3 metros y el máximo valor de 7,48 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 2 metros.

Figura 66. Promedio de nitratos



Fuente: elaboración propia.

En la figura 66 de nitratos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 19,36 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 39,52 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 4 metros.

Esta sustancia puede deberse a las aguas negras y su presencia en el agua es considerada como evidencia de contaminación. Como lo descrito en la figura 66 ha evidenciado el incremento de valor en el punto 1, existen focos de contaminación no visibles que puedan estar deteriorando la laguna El Pino.

A continuación se presenta el resumen estadístico, tabla XXXIII; histograma, figura 67 de profundidad 1 metro. Resumen estadístico, tabla XXXIV, histograma, figura 68 de profundidad 4 metros para su análisis.

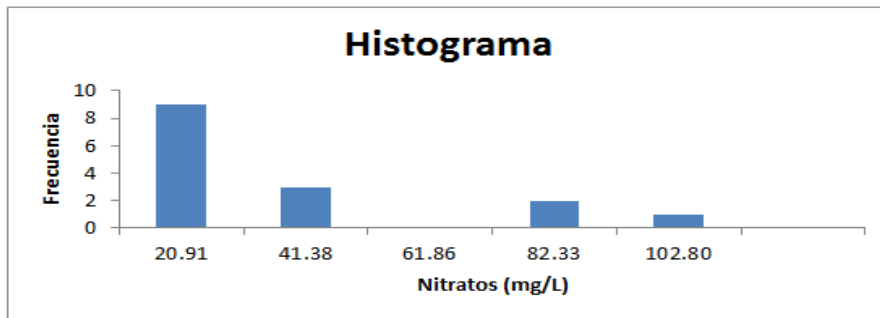
Tabla XXXIII. **Resumen estadístico del parámetro de nitratos a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva nitratos a 1 metro de profundidad	
Promedio	23,196
Error típico	8,28399011
Mediana	2,64
Moda	0,44
Desviación estándar	32,0837557
Varianza de la muestra	1 029,36738
Curtosis	1,22366051
Coefficiente de asimetría	1,3943073
Rango	102,36
Mínimo	0,44
Máximo	102,8
Suma	347,94
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXIII oscilan entre 0,44 a 102,8 miligramos/litro con un valor promedio de 23,19 miligramos/litro.

Figura 67. **Histograma de nitratos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

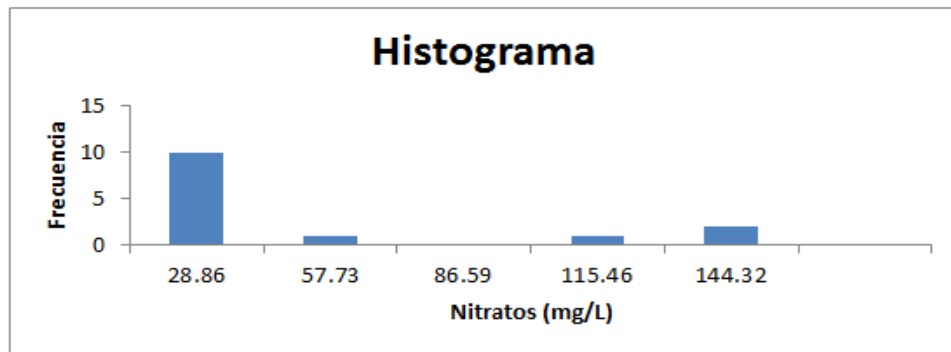
Tabla XXXIV. **Resumen estadístico del parámetro de nitratos a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva nitratos a 4 metros de profundidad	
Promedio	33,2728571
Error típico	14,2025971
Mediana	4,18
Moda	4,4
Desviación estándar	53,1412525
Varianza de la muestra	2 823,99271
Curtosis	1,05960366
Coficiente de asimetría	1,56760591
Rango	144,32
Mínimo	0
Máximo	144,32
Suma	465,82
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXIV oscilan entre 0 a 144,32 miligramos/litro con un valor promedio de 33,27 miligramos/litro.

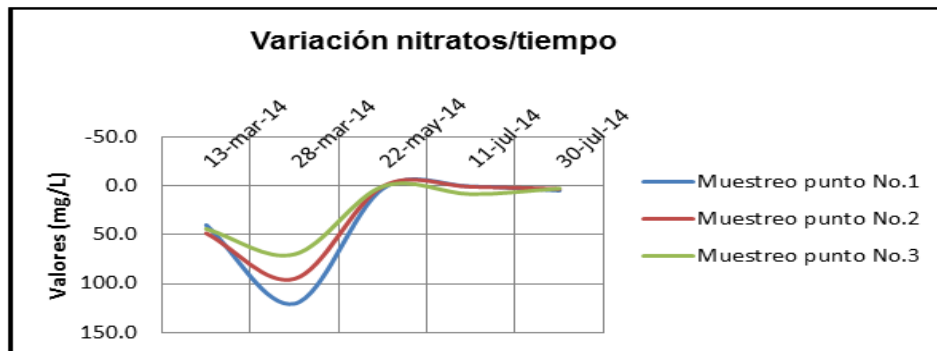
Figura 68. **Histograma de nitratos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXXIII y XXXIV se ratifica que las variaciones de nitratos conforme el perfil estratigráfico en miligramos/litro.

Figura 69. **Muestreo superficial de nitratos**



Fuente: elaboración propia.

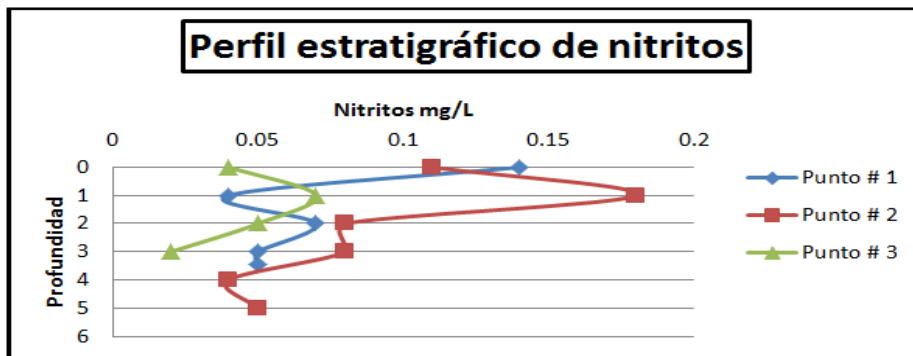
En la figura 69 del muestreo superficial de nitratos se pueden observar las variaciones en función del tiempo en los puntos 1, 2 y 3 en donde existe una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor máximo de 120 miligramos/litro en el punto 3 el 28 de marzo de 2014 y valores mínimos 0,44 miligramos/litro punto 3 el 22 de mayo de 2014.

Debido a las normas que ha fijado la EPA, la concentración de nitratos en agua para consumo no debe superar el valor límite de 45 miligramos/litro como NO_3 dadas sus graves y, ocasionalmente, fatales consecuencias sobre la población infantil. (Ing. Argueta 2011.) Por lo que, se determina que la laguna a través del tiempo sí presenta un deterioro por sus valores altos en nitratos en el agua.

5.2.3. Nitritos

En las figuras 70, 71, 72, 73, 74 y 75 se presentan las concentraciones de los nitritos en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

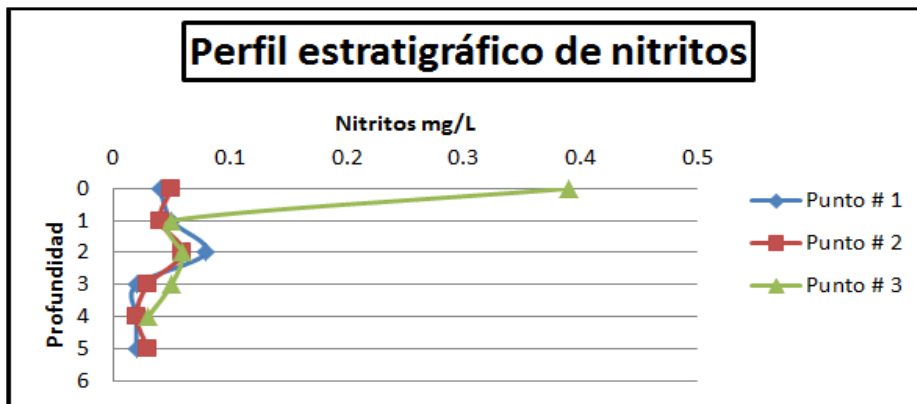
Figura 70. **Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 1**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 70 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,02 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 3 metros y el máximo valor de 0,18 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 1 metro.

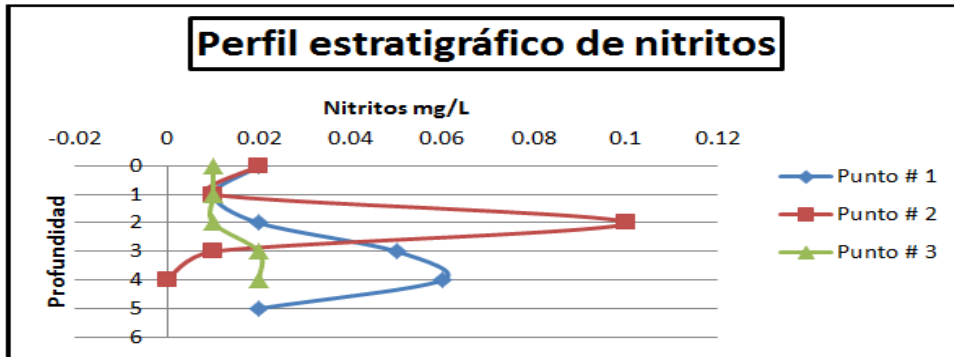
Figura 71. **Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 71 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica definida, encontrándose el mínimo valor de 0,02 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 0,39 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad superficial.

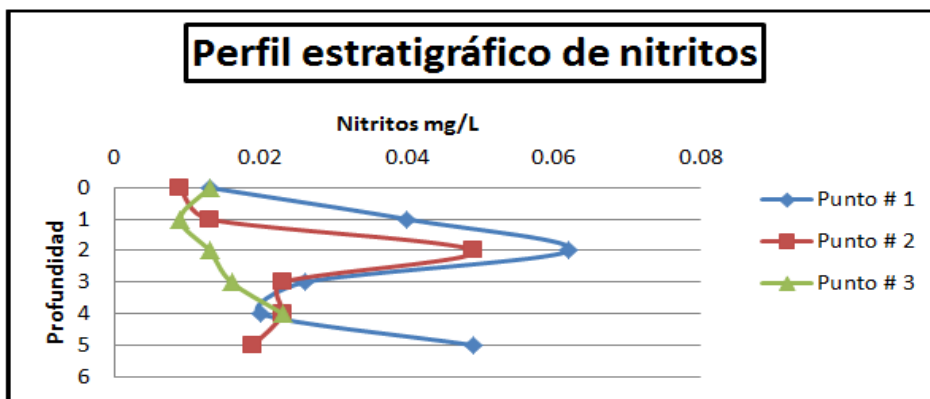
Figura 72. Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 72 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,0 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 4 metros y el máximo valor de 0,1 miligramos/litro en el punto 3 a 2 metros de profundidad.

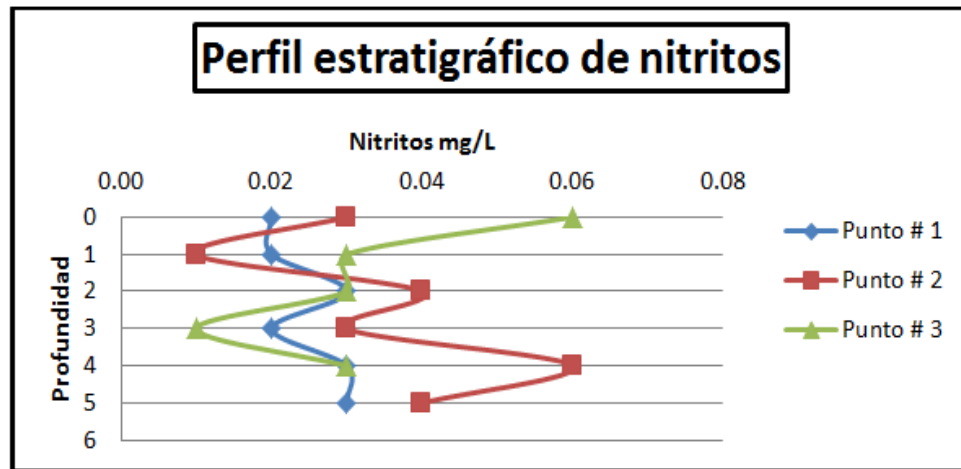
Figura 73. Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 4



Fuente: elaboración propia.

En la figura 73 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,009 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 0,062 miligramos/litro en el punto 2 a una de 2 metros.

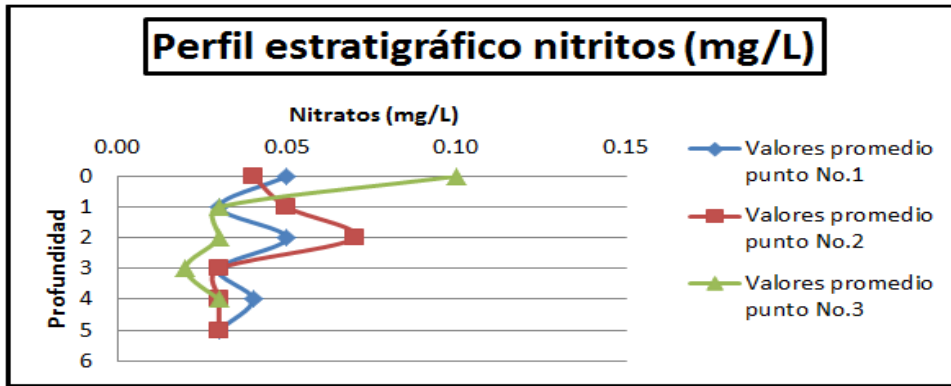
Figura 74. Valores obtenidos de nitritos en el agua del muestreo # 5



Fuente: elaboración propia.

En la figura 74 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,06 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

Figura 75. Promedios de nitritos



Fuente: elaboración propia.

En la figura 75 de nitritos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,02 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 3 metros y el máximo valor de 0,1 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 3 metros.

En la tabla II se muestran los criterios de calidad de agua según los usos que se le pueden dar a la laguna, cumpliendo con los valores establecidos de nitritos son para conservación de la flora y fauna en agua dulce, así como de especies destinadas a alimentación humana en agua dulce, riego de hortalizas y crianza de animales cumpliendo el valor requerido.

A continuación se presenta el resumen estadístico, tabla XXXV, histograma, figura 76 de profundidad 1 metro. Resumen estadístico, tabla XXXVI, histograma, figura 77 de profundidad 4 metros para su análisis.

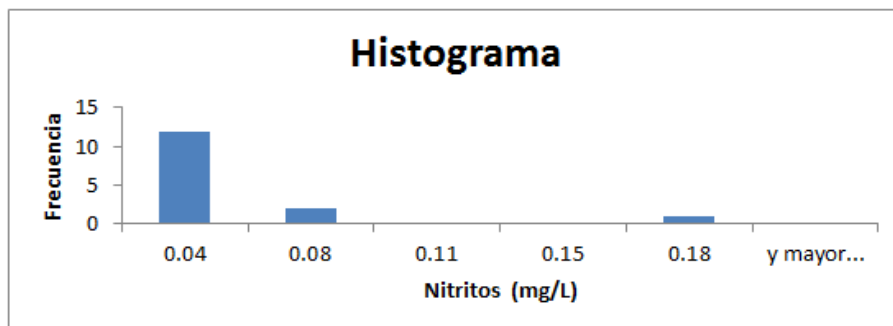
Tabla XXXV. **Resumen estadístico del parámetro de nitritos a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva nitritos a 1 metro de profundidad	
Promedio	0,03813333
Error típico	0,01119901
Mediana	0,03
Moda	0,04
Desviación estándar	0,04337357
Varianza de la muestra	0,00188127
Curtosis	8,95652567
Coefficiente de asimetría	2,78079301
Rango	0,171
Mínimo	0,009
Máximo	0,18
Suma	0,572
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXV oscilan entre 0,009 a 0,18 miligramos/litro con un valor promedio de 0,38 miligramos/litro.

Figura 76. **Histograma de nitritos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

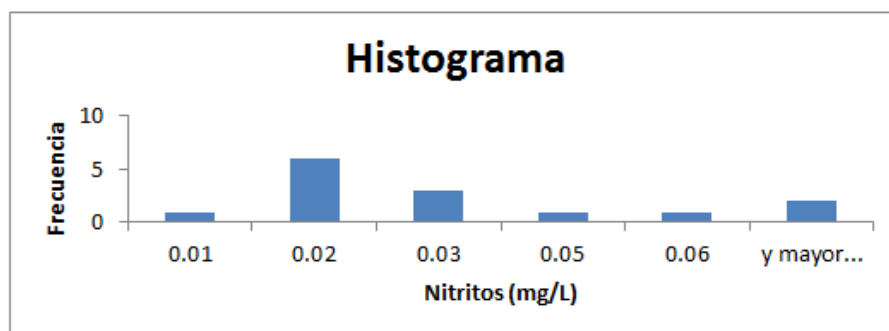
Tabla XXXVI. **Resumen estadístico del parámetro de nitritos a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva nitritos a 4 metros de profundidad	
Promedio	0,03042857
Error típico	0,00450606
Mediana	0,0265
Moda	0,02
Desviación estándar	0,01686012
Varianza de la muestra	0,00028426
Curtosis	0,08942123
Coefficiente de asimetría	0,49736591
Rango	0,06
Mínimo	0
Máximo	0,06
Suma	0,426
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXVI oscilan entre 0,0 a 0,06 miligramos/litro con un valor promedio de 0,03 miligramos/litro.

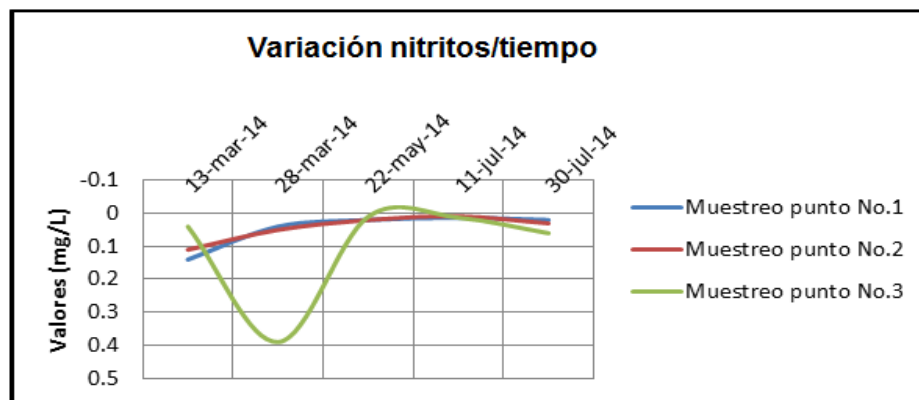
Figura 77. **Histograma de nitritos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXXV y XXXVI se ratifica que la variación de nitritos presenta una disminución mínima a profundidad, en el perfil estratigráfico el valor es de 0,8 miligramos/litro.

Figura 78. **Muestreo superficial de nitritos**



Fuente: elaboración propia.

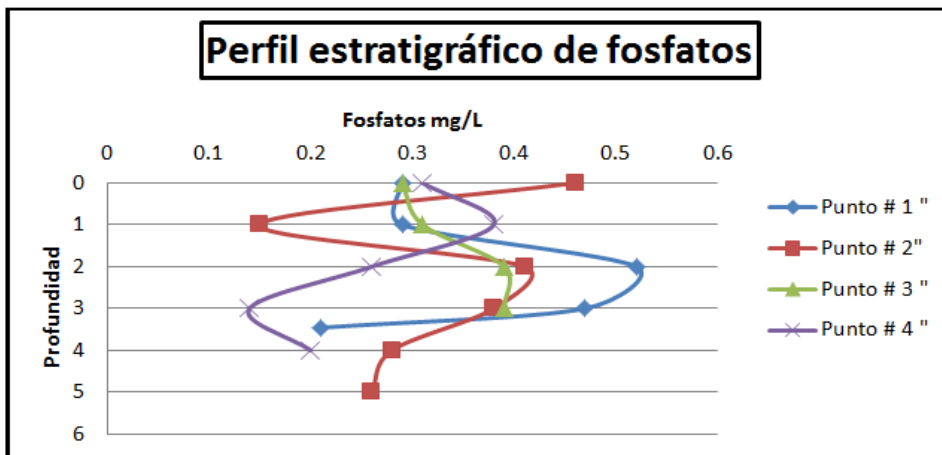
En la figura 78 se observa la variación de los nitritos superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Lo cual presenta valores registrados de 0,14 miligramos/litro, 13 de marzo de 2014. Por lo cual se determina que la laguna El Pino presenta un deterioro a través del tiempo por sus valores indicados anteriormente.

El nitrógeno en forma de nitrito es un indicador de contaminación previa al proceso de estabilización y rara vez su concentración sobrepasa 0,1 miligramos/litro en agua superficial o a profundidades. A pesar de estar en concentraciones bajas, los nitritos son de gran importancia en estudios de aguas contaminadas, porque son altamente tóxicos para muchos peces y otras especies acuáticas. (Ing. Argueta, 2011)

5.2.4. Fosfatos

En las figuras 79, 80, 81, 82 y 83 se presentan las concentraciones de fosfatos en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

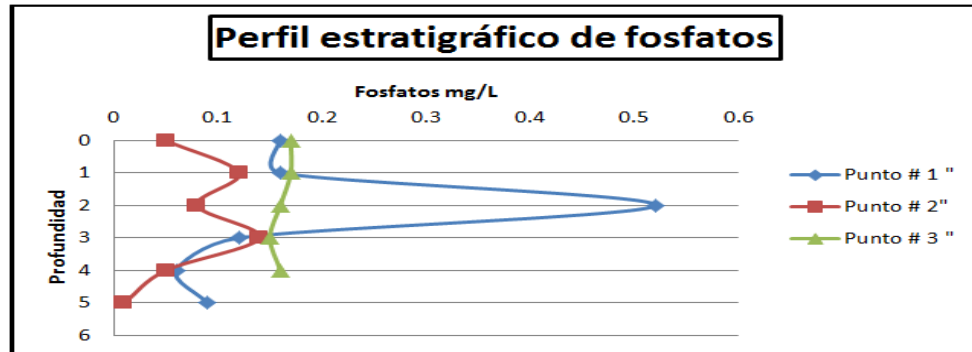
Figura 79. Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 1



Fuente: elaboración propia.

En la figura 79 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,15 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 0,52 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 2 metros.

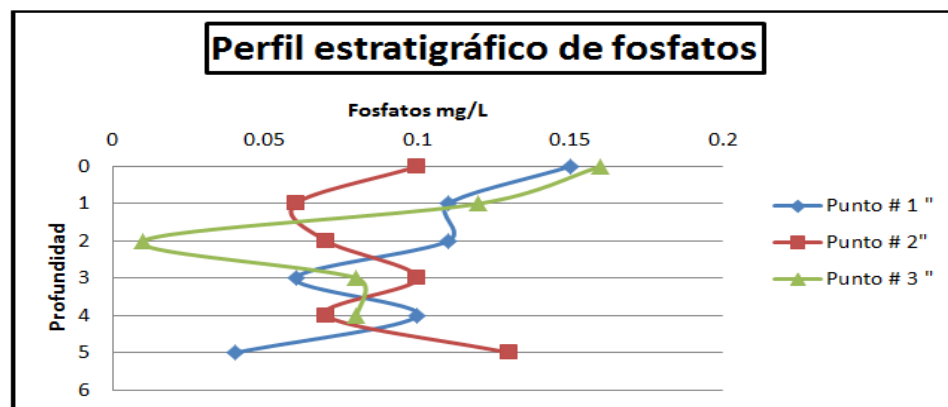
Figura 80. Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 2



Fuente: elaboración propia.

En la figura 80 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

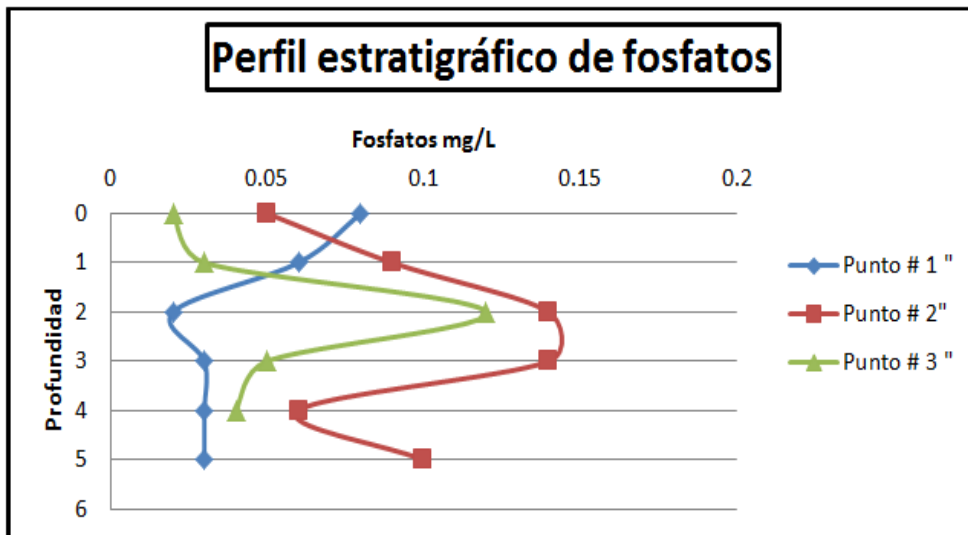
Figura 81. Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 81 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,01 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 4 metros y el máximo valor de 0,16 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad superficial.

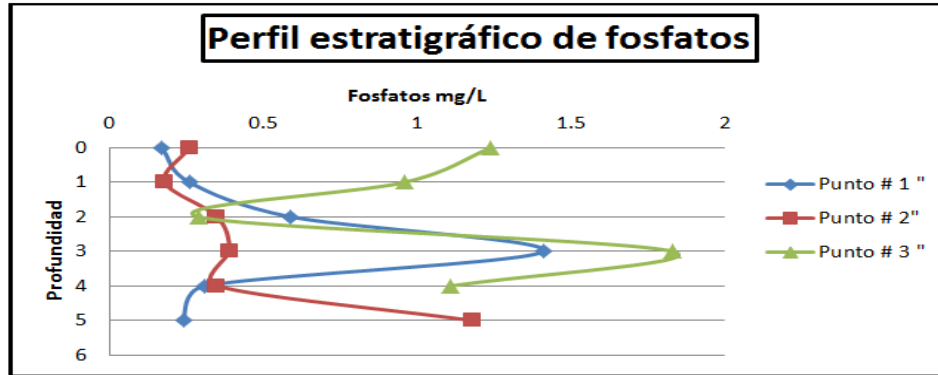
Figura 82. **Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 82 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,02 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de superficial y el máximo valor de 0,14 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 2 metros.

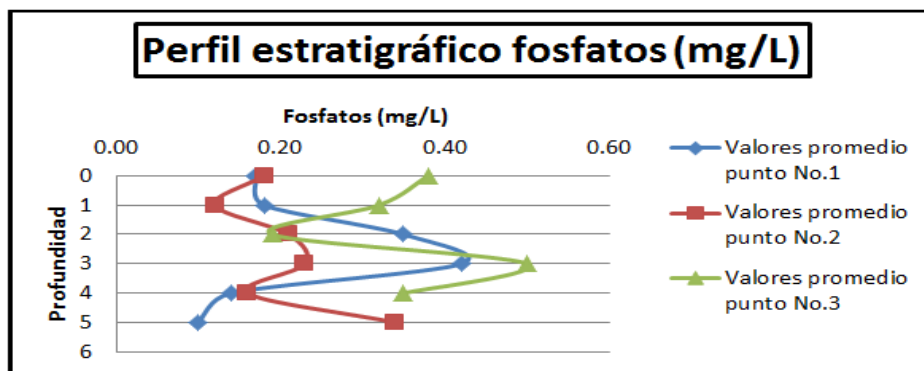
Figura 83. **Valores obtenidos de fosfatos en el agua del muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 83 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,2 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de superficial y el máximo valor de 1,8 miligramos/litro en el punto 2 a una profundidad de 3 metros.

Figura 84. **Promedios de fosfatos**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 84 de fosfatos se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,10 miligramos/litro en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 0,50 miligramos/litro en el punto 3 a una profundidad de 3 metros.

El fósforo, generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar a un cuerpo de agua con el escurrimiento agrícola, los desechos y las descargas de aguas negras.

Los fosfatos, también estimulan el crecimiento de las algas, lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas. Esto se puede reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. (Ing. Argueta, 2011)

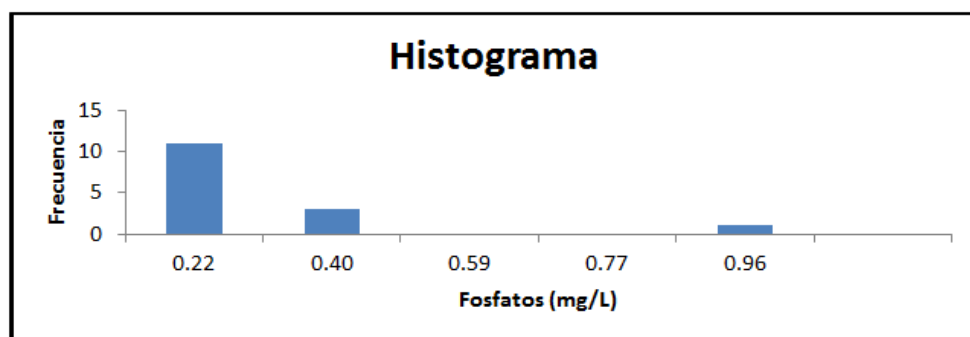
A continuación se presenta el resumen estadístico, tabla XXXVII, histograma, figura 85 de profundidad 1 metro. Resumen estadístico, tabla XXXVIII, histograma, figura 86 de profundidad 4 metros para su análisis.

Tabla XXXVII. **Resumen estadístico del parámetro de fosfatos a 1 metro de profundidad**

Estadística descriptiva fosfatos a 1 metro de profundidad	
Promedio	0,20466667
Error típico	0,05804651
Mediana	0,15
Moda	0,06
Desviación estándar	0,22481315
Varianza de la muestra	0,05054095
Curtosis	10,3355943
Coefficiente de asimetría	3,02936842
Rango	0,93
Mínimo	0,03
Máximo	0,96
Suma	3,07
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Figura 85. **Histograma de fosfatos medio en laboratorio a 1 metro de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

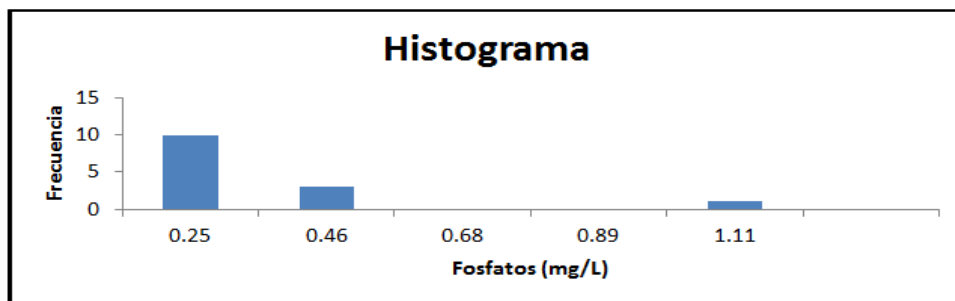
Tabla XXXVIII. **Resumen estadístico del parámetro de fosfatos a 4 metros de profundidad**

Estadística descriptiva fosfatos a 4 metros de profundidad	
Promedio	0,20785714
Error típico	0,07513489
Mediana	0,09
Moda	0,06
Desviación estándar	0,281129
Varianza de la muestra	0,07903352
Curtosis	9,22806005
Coefficiente de asimetría	2,87465636
Rango	1,08
Mínimo	0,03
Máximo	1,11
Suma	2,91
Datos válidos	14

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XXXVII oscilan entre 0,03 a 1,11 miligramos/litro con un valor promedio de 0,20 miligramos/litro.

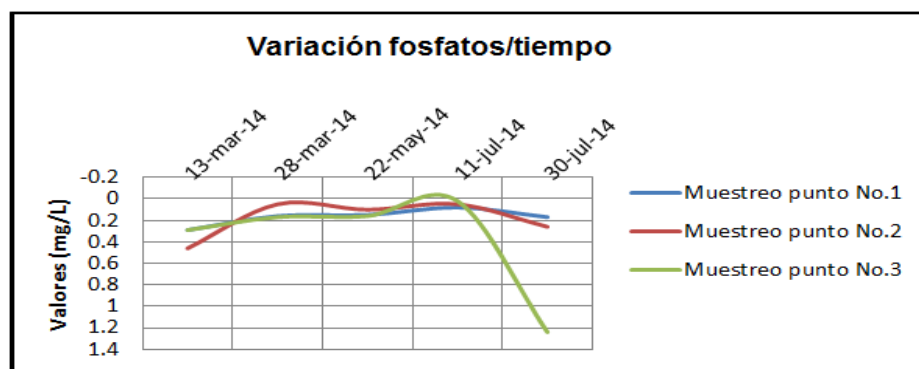
Figura 86. **Histograma de fosfatos medio en laboratorio a 4 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según descrito en las tablas XXXVII y XXXVIII se ratifica que no hay variación de los fosfatos en el cuerpo de agua presentando un valor de 0,00 miligramos/litro, por lo que se mantiene tanto en superficie como a 4 metros de profundidad.

Figura 87. **Muestreo superficial de fosfatos**



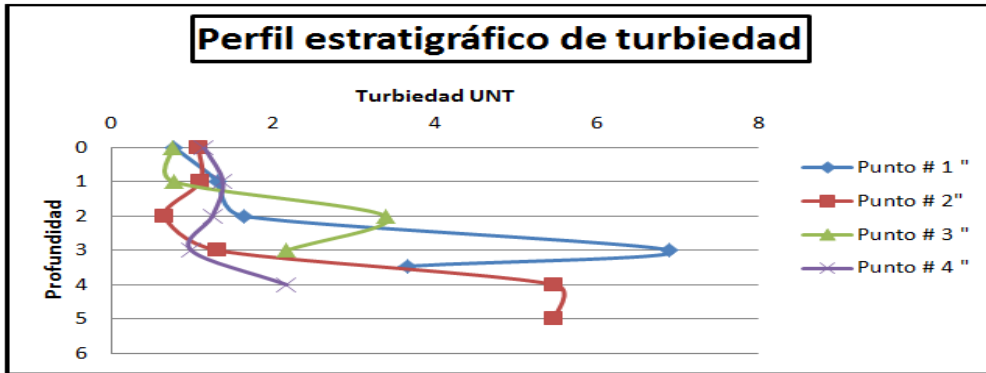
Fuente: elaboración propia.

En la figura 87 se observa la variación de los fosfatos superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Lo cual presenta valores registrados de 0,29 miligramos/litro punto 3, 13 de marzo de 2013. Se determina cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas (*hydrilla verticillata*). Por lo cual, la laguna El Pino presenta un deterioro a través del tiempo por su valor indicado anteriormente.

5.2.5. Turbiedad

La turbidez es una medida de cantidad de materiales en suspensión.

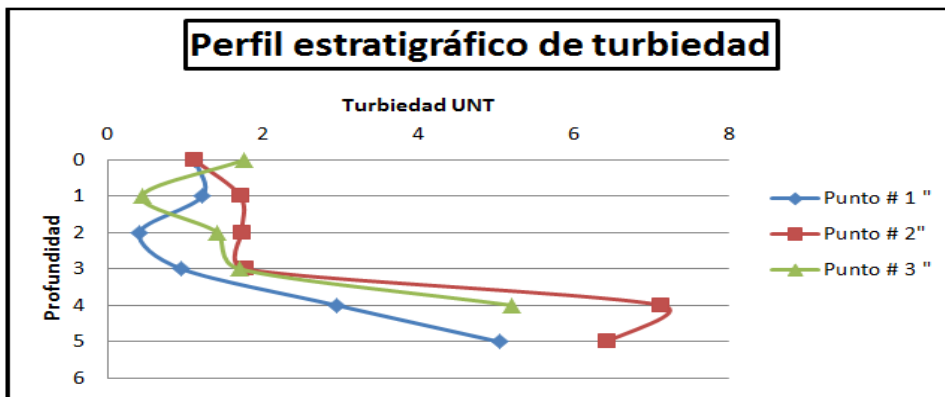
Figura 88. **Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 1**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 88 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,66 UNT, en el punto 2 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 6,90 UNT en el punto 1 a una profundidad de 3 metros.

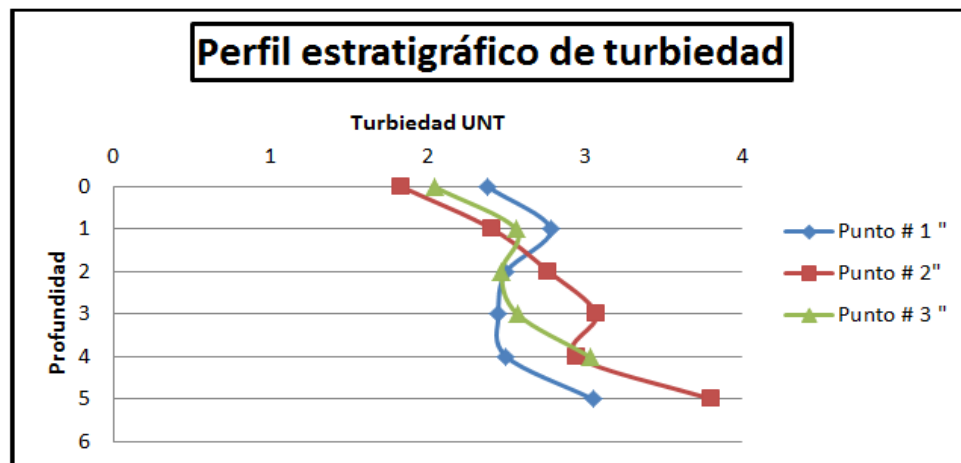
Figura 89. **Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 89 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 0,41 UNT. En el punto 1 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 7,13 UNT en el punto 2 a una profundidad de 4 metros.

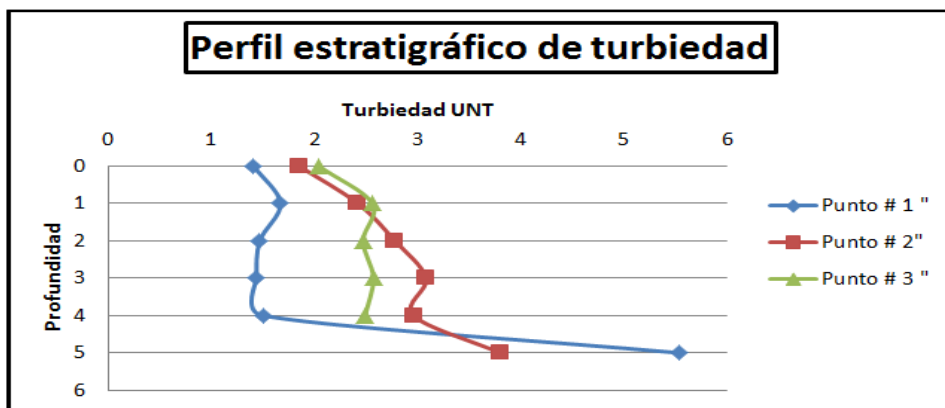
Figura 90. **Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 3**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 90 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,83 UNT, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 3,80 UNT en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

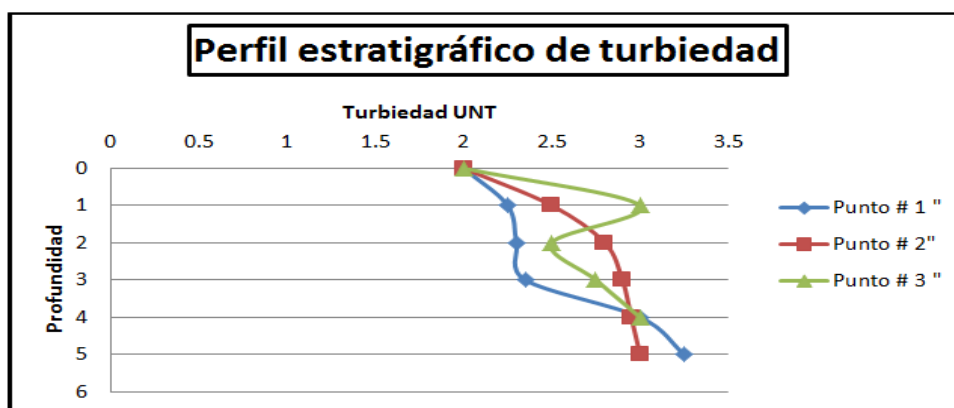
Figura 91. Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 4



Fuente: elaboración propia.

En la figura 91 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,41 UNT, en el punto 1 a una profundidad superficial y el máximo valor de 5,54 UNT en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

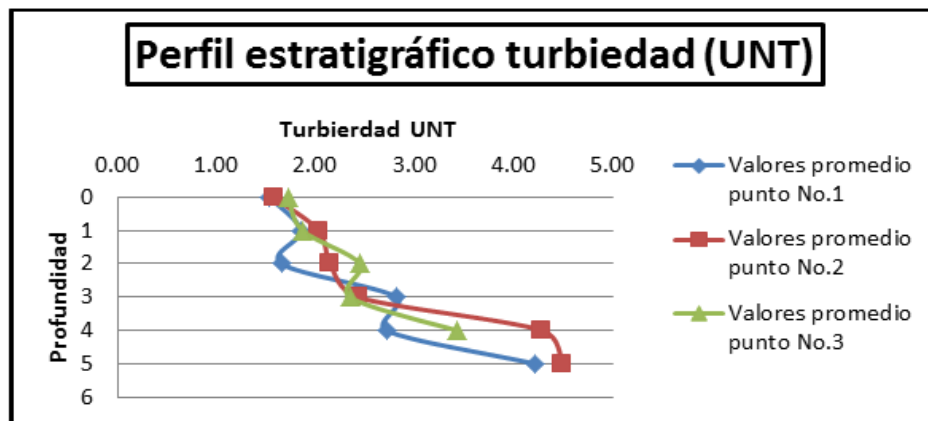
Figura 92. Valores obtenidos de turbiedad en el agua del muestreo # 5



Fuente: elaboración propia.

En la figura 92 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 2,00 UNT, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 3,3 UNT en el punto 1 a una profundidad de 5 metros.

Figura 93. Promedios de turbiedad



Fuente: elaboración propia.

En la figura 93 de turbiedad se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,54 UNT, en el punto 1 a una profundidad superficial y el máximo valor de 4,50 UNT en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

Es importante mencionar 2 factores que pueden estar afectando la turbidez: causada por erosión del suelo y escorrentía, debido a que en los alrededores de la laguna El Pino existen terrenos erosionados, que causa el color café al agua, y es llamada turbidez por arcilla.

La turbidez puede, también ocurrir por pequeñas plantas en suspensión (algas) como *hydrilla verticillata*, coloreando de verde al agua; esto se llama turbidez planctónica.

A continuación se presenta el resumen estadístico, tabla XXXIX, histograma, figura 95 de profundidad 2 metros.

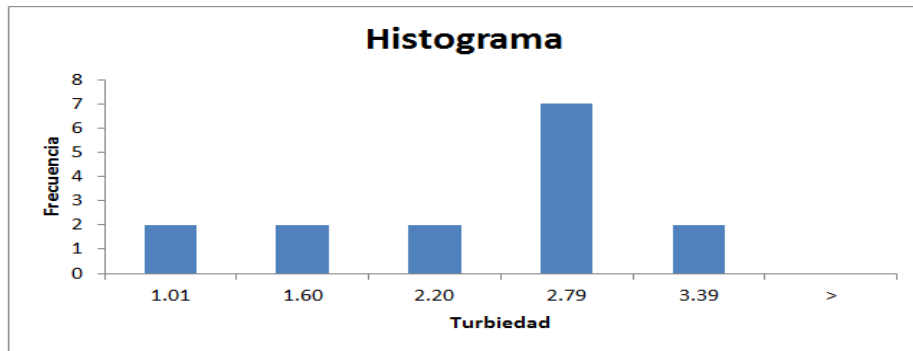
Tabla XXXIX. **Resumen estadístico del parámetro de turbiedad a 2 metros de profundidad**

Estadística descriptiva turbiedad a 2 metro de profundidad	
Promedio	2,08746667
Error típico	0,21632854
Mediana	2,47
Moda	2,5
Desviación estándar	0,83783683
Varianza de la muestra	0,70197055
Curtosis	-0,17463933
Coefficiente de asimetría	-0,67213674
Rango	2,978
Mínimo	0,412
Máximo	3,39
Suma	31,312
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

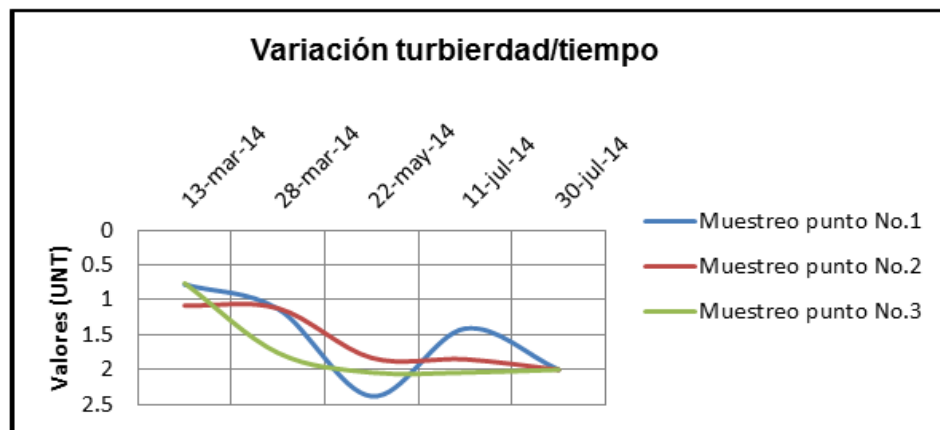
Los datos recabados en la tabla XXXIX, los valores oscilan entre 0,412 UNT a 3,39 UNT manteniendo un valor promedio de 2,08 UNT.

Figura 94. **Histograma de turbiedad medio en laboratorio a 2 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Figura 95. **Muestreo superficial de turbiedad**



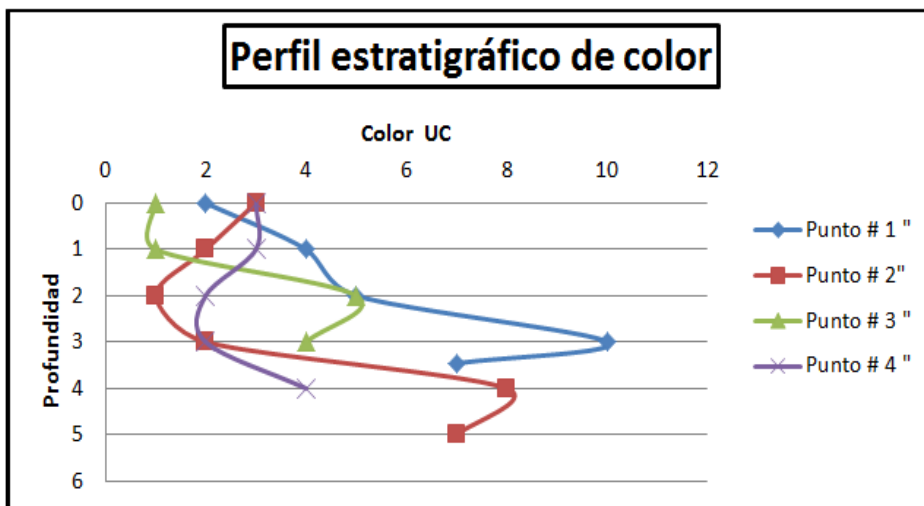
Fuente: elaboración propia.

En la figura 95 se observa la variación de turbiedad superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. Lo cual, en el punto 3 presenta valores 2,04 registrados el 22 de mayo de 2014. Lo cual indica que existe turbidez en la laguna El Pino.

5.2.6. Color

En las figuras 96, 97, 98, 99 y 100 se presentan las concentraciones del color en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

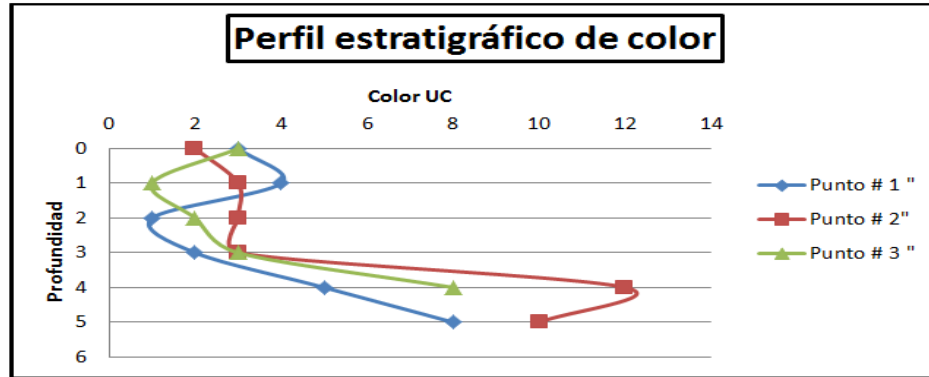
Figura 96. Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 1



Fuente: elaboración propia.

En la figura 96 de color se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,00 UC, en el punto 2 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 10,00 UC en el punto 1 a una profundidad de 3 metros.

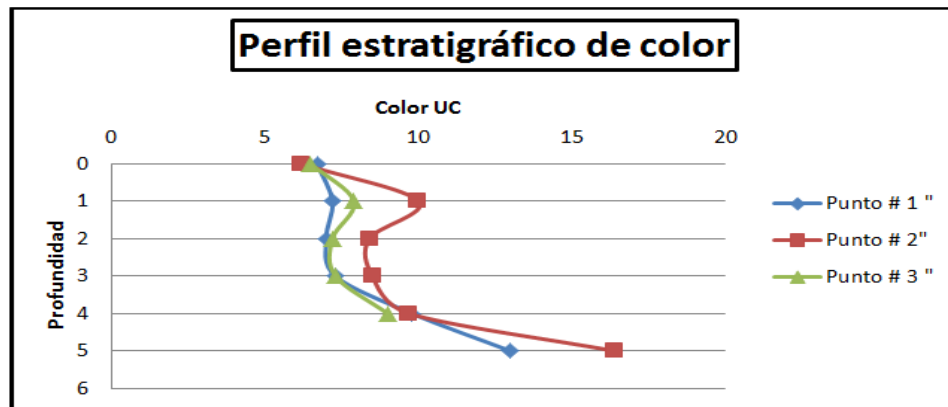
Figura 97. Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 2



Fuente: elaboración propia.

En la figura 97 se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 1,00 UC, en el punto 2 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 12,00 UC en el punto 2 a una profundidad de 4 metros.

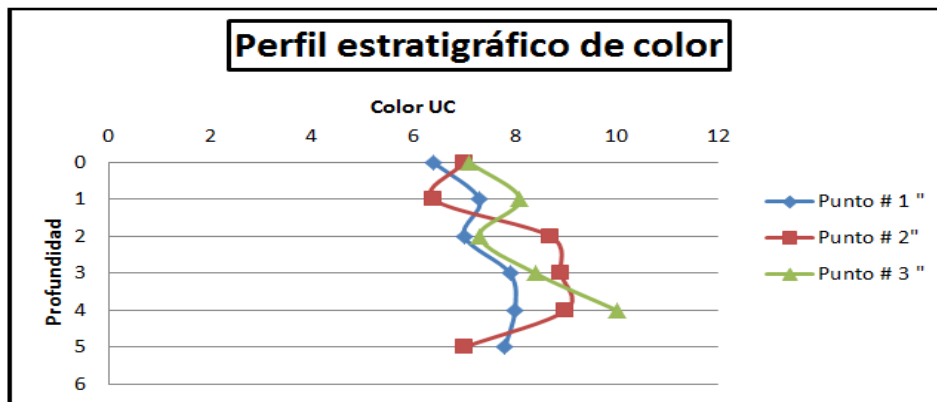
Figura 98. Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 98 se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 6,20 UC, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 16,40 UC en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

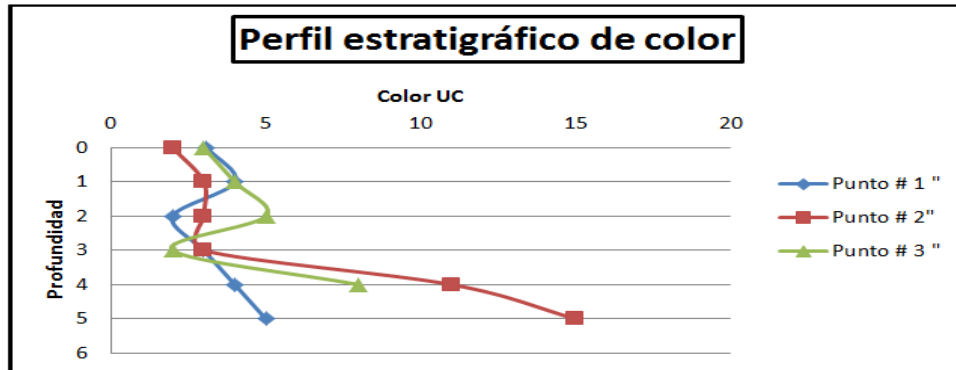
Figura 99. **Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 99 se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 6,40 UC, en el punto 2 a una profundidad de 1 metro y el máximo valor de 10,00 UC en el punto 3 a una profundidad de 4 metros.

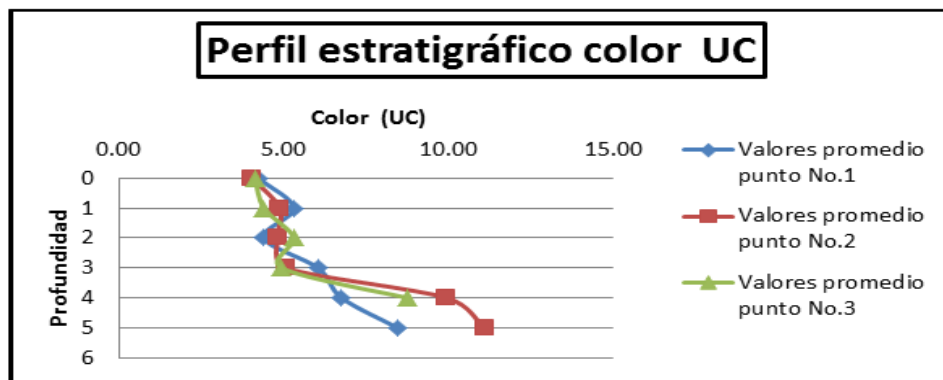
Figura 100. **Valores obtenidos del color en el agua del muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 100 se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 2,00 UC, en el punto 1 a una profundidad de 2 metros y el máximo valor de 15,00 UC en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

Figura 101. **Promedios de color**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 101 se puede observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 4,04 UC, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 11,08 UC en el punto 2 a una profundidad de 5 metros.

El color del agua de la laguna El Pino está siendo afectada por diferentes factores, puede ser de origen natural, ya que en ella se está proliferando las algas que dan una apariencia de color verde a la laguna y por contaminación de escorrentía y arrastre de sólidos de los alrededores.

A continuación se presenta la tabla XL, que resume el análisis estadístico descriptivo del color a 2 metros de profundidad con su respectivo histograma, figura 102.

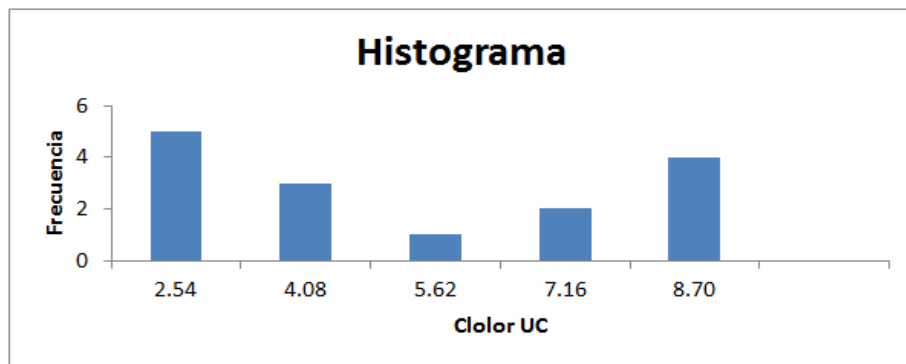
Tabla XL. **Resumen estadístico del parámetro de color a 2 metros de profundidad**

Estadística descriptiva color a 2 metros de profundidad	
Promedio	4,54
Error típico	0,78708625
Mediana	4
Moda	1
Desviación estándar	3,04837193
Varianza de la muestra	9,29257143
Curtosis	-1,77895022
Coficiente de asimetría	0,11966569
Rango	7,7
Mínimo	1
Máximo	8,7
Suma	68,1
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

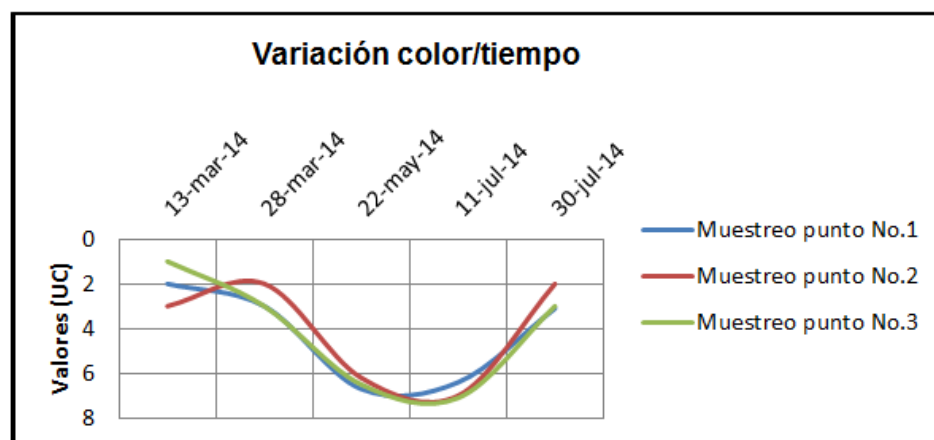
Los datos recabados en la tabla XL, los valores oscilan entre 1 C a 8,7 C manteniendo un valor promedio de 4,54 C.

Figura 102. **Histograma de color medio en laboratorio a 2 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Figura 103. **Muestreo superficial del color**



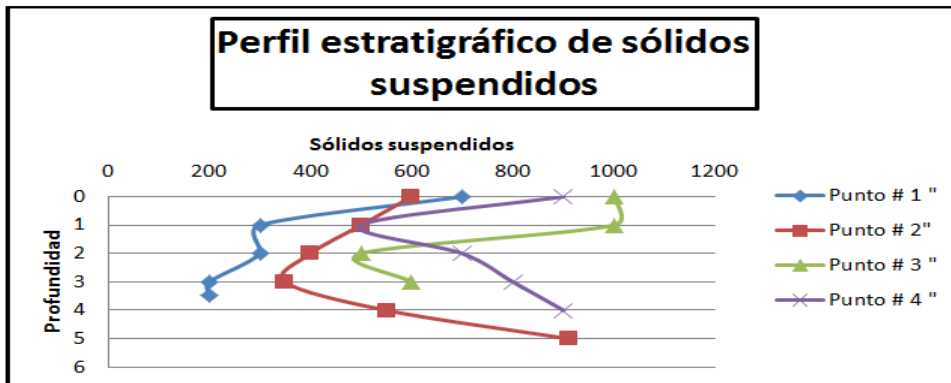
Fuente: elaboración propia.

En la figura 103 se observa la variación de color superficial en la laguna El Pino a través del tiempo de investigación. El 13 de marzo de 2014, el valor de color en el punto 3 osciló en 1,00 UC, su variación en la investigación el 11 de julio de 2014 fue de 7,1 UC. Determinándose que en la laguna El Pino existe un deterioro y aumento de color en el cuerpo lacustre.

5.2.7. Sólidos suspendidos totales

En las figuras 104, 105, 106, 107, 108 y 109, que se muestran a continuación se presentan las concentraciones de los sólidos suspendidos totales en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados.

Figura 104. Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 1

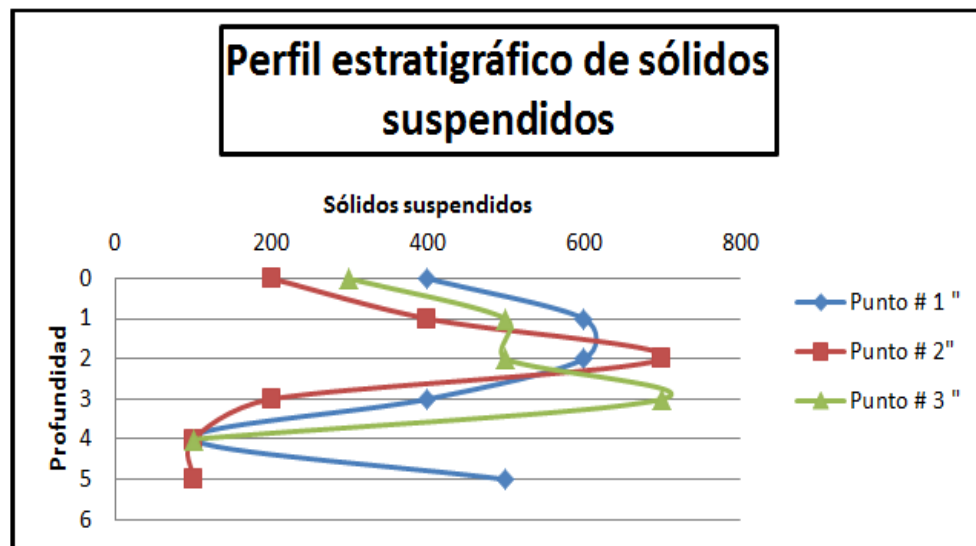


Fuente: elaboración propia.

En la figura 104 de los sólidos suspendidos totales se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 250

miligramos/litro, en el punto 1 a una profundidad de 3,46 metros y el máximo valor de 1 000 miligramos/litro en el punto 3, a una profundidad superficial.

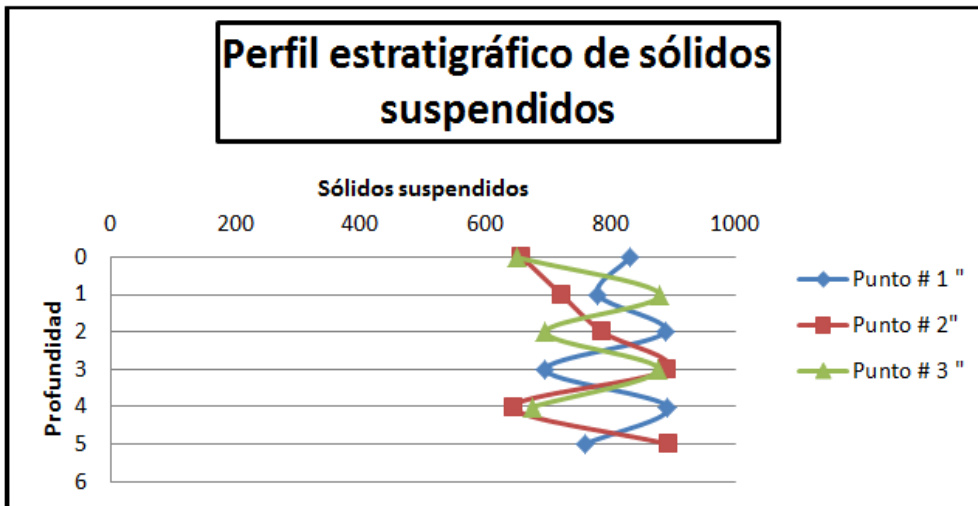
Figura 105. **Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 2**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 105 de los sólidos suspendidos totales se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 100 miligramos/litro, en el punto 1 a una profundidad de 4,00 metros y el máximo valor de 1 000 miligramos/litro en el punto 2, a una profundidad de 5 metros.

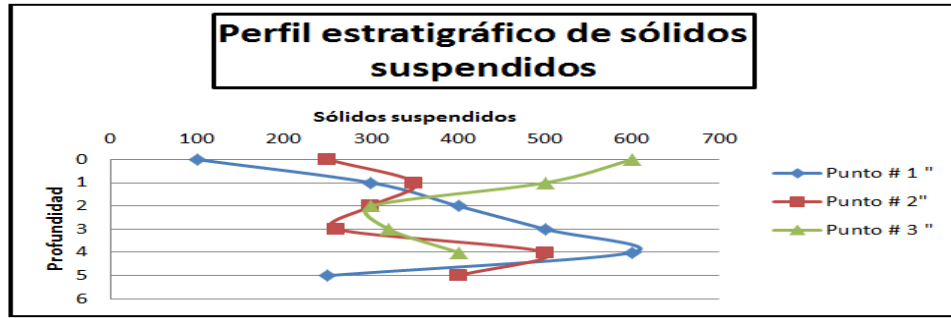
Figura 106. **Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 3**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 106 de los sólidos suspendidos totales se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 645 miligramos/litro, en el punto 2 a una profundidad de 4,00 metros y el máximo valor de 893 miligramos/litro en el punto 2, a una profundidad de 5 metros.

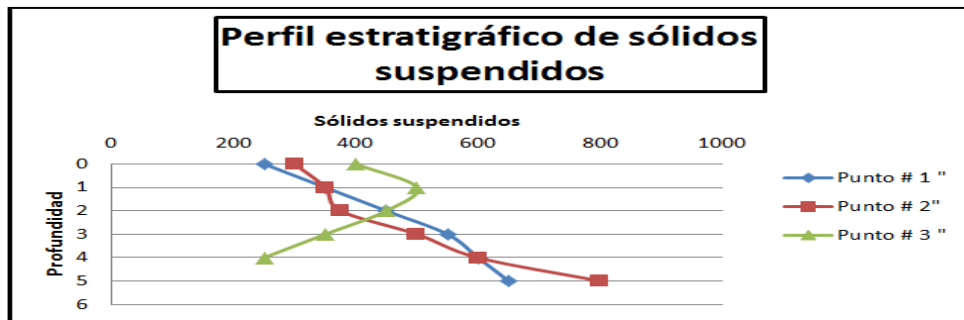
Figura 107. **Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 4**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 107 de los sólidos suspendidos totales se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 100 miligramos/litro, en el punto 1 a una profundidad superficial y el máximo valor de 600 miligramos/litro en el punto 3, a una profundidad superficial.

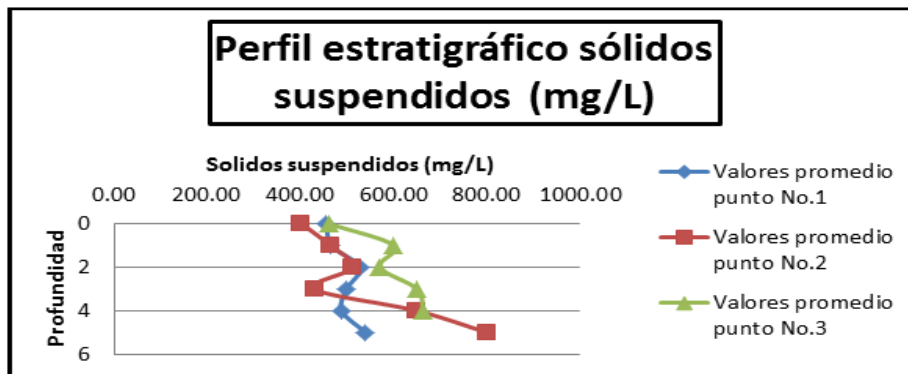
Figura 108. **Valores obtenidos de sólidos suspendidos totales en el agua del muestreo # 5**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 108 de los sólidos suspendidos totales se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 250 miligramos/litro, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 800 miligramos/litro en el punto 2, a una profundidad de 5 metros.

Figura 109. **Promedios de sólidos suspendidos totales**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 109, de los sólidos suspendidos totales, se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos tienen una tendencia estratigráfica no definida, encontrándose el mínimo valor de 401,6 miligramos/litro, en el punto 2 a una profundidad superficial y el máximo valor de 800,60 miligramos/litro en el punto 2, a una profundidad de 5 metros.

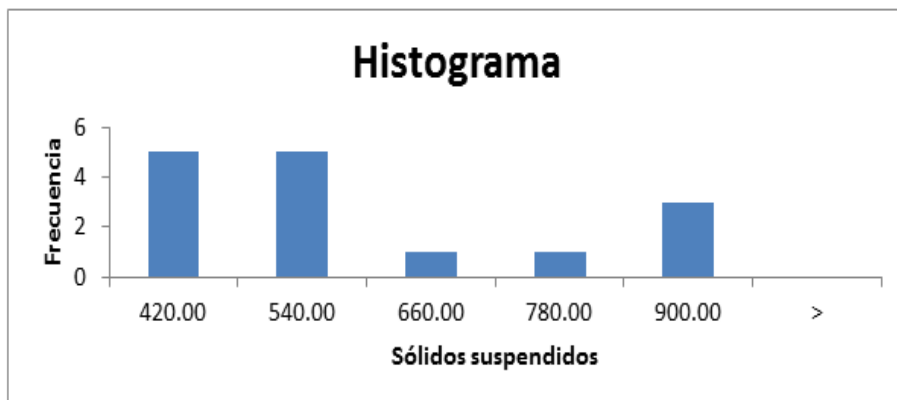
A continuación se presenta la tabla XLI con el resumen de los análisis estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos a 2 metros de profundidad y con su respectivo histograma, figura 110.

Tabla XLI. **Resumen estadístico del parámetro de sólidos suspendidos totales a 2 metros de profundidad**

Estadística descriptiva sólidos suspendidos a 2 metros de profundidad	
Promedio	536,6
Error típico	50,8344465
Mediana	500
Moda	500
Desviación estándar	196,880965
Varianza de la muestra	38 762,1143
Curtosis	-0,48250319
Coefficiente de asimetría	0,80000211
Rango	600
Mínimo	300
Máximo	900
Suma	8,049
Datos válidos	15

Fuente: elaboración propia.

Figura 110. **Histograma de sólidos suspendidos totales medio en laboratorios a 2 metros de profundidad**

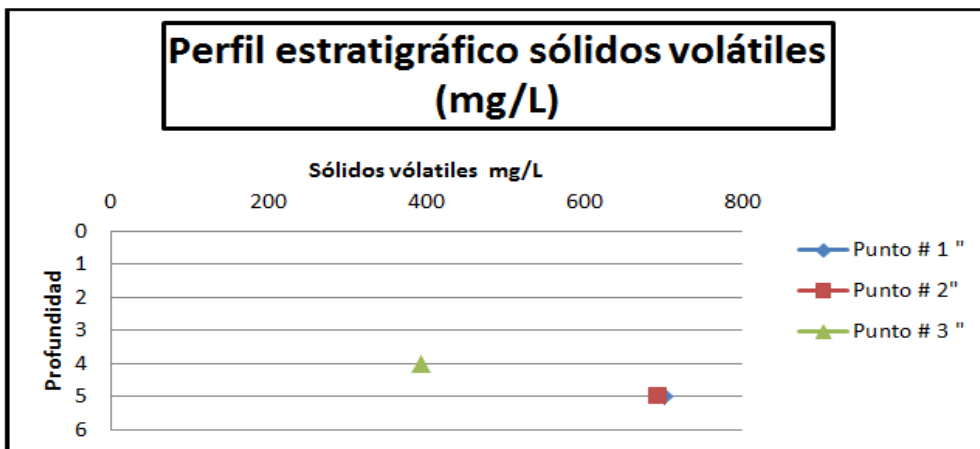


Fuente: elaboración propia.

5.2.8. Sólidos volátiles

En las figuras 111, 112, 113 y 114, que se muestran a continuación se presenta los valores de los sólidos volátiles en los perfiles estratigráficos donde se observan sus variaciones mínimas y máximas en el lecho de la laguna El Pino de cada uno de los puntos 1, 2 y 3 muestreados

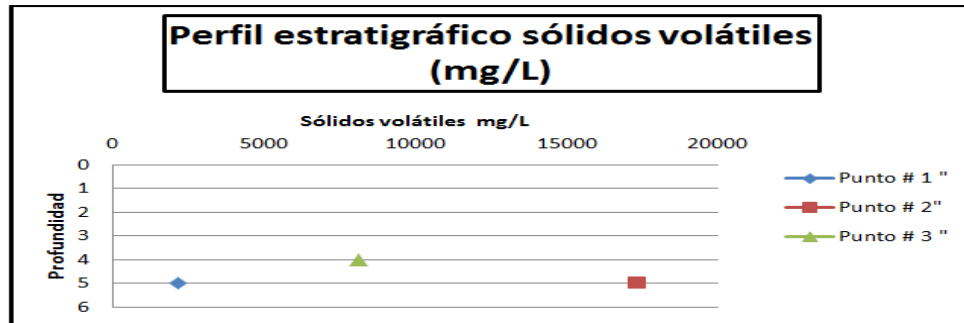
Figura 111. Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 3



Fuente: elaboración propia.

En la figura 111 de los sólidos volátiles se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos representan la cantidad de materia orgánica en el fondo de la laguna El Pino, encontrándose el mínimo valor de 394 miligramos/litro, en el punto 3 a una profundidad de 4 metros y el máximo valor de 702 miligramos/litro en el punto 1, a una profundidad de 5 metros.

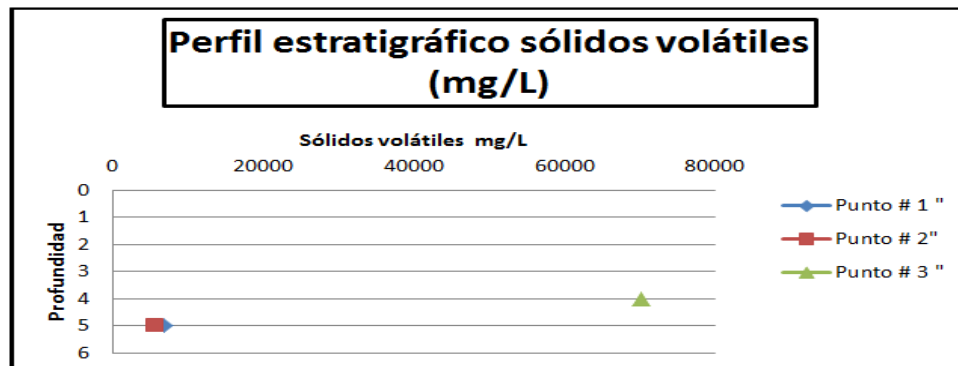
Figura 112. Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 4



Fuente: elaboración propia.

En la figura 112 de los sólidos volátiles se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos representan la cantidad de materia orgánica en el fondo de la laguna El Pino, encontrándose el mínimo valor de 2 152 miligramos/litro, en el punto 1 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 17 324 mg/L en el punto 2, a una profundidad de 5 metros.

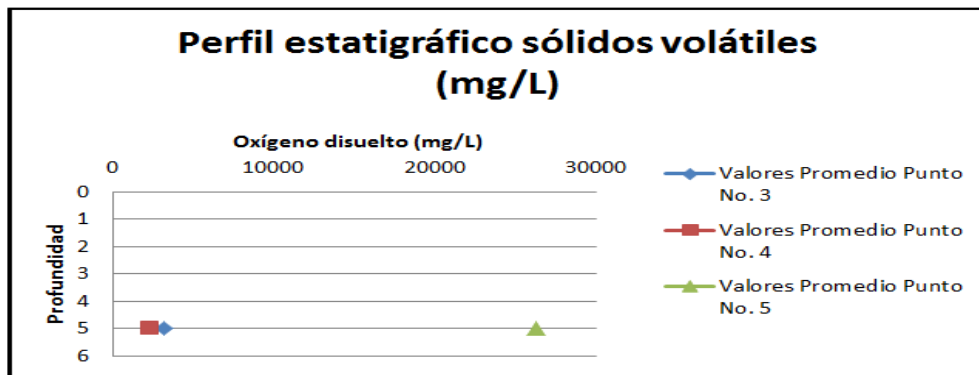
Figura 113. Valores obtenidos de sólidos volátiles en el agua del muestreo # 5



Fuente: elaboración propia.

En la figura 113 de los sólidos volátiles se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos representan la cantidad de materia orgánica en el fondo de la laguna El Pino, encontrándose el mínimo valor de 5 611,0 miligramos/litro, en el punto 2 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 70 241,0 miligramos/litro en el punto 3, a una profundidad de 4 metros.

Figura 114. Promedios de los sólidos volátiles



Fuente: elaboración propia.

En la figura 114 de los sólidos volátiles se pueden observar las variaciones en función de la profundidad, los puntos representan la cantidad de materia orgánica en el fondo de la laguna El Pino, encontrándose el mínimo valor de 2 332,33 miligramos/litro, en el punto 4 a una profundidad de 5 metros y el máximo valor de 26 249,33 miligramos/litro en el punto 3, a una profundidad de 4 metros.

En los sólidos suspendidos se tienen materiales inorgánicos. El material inorgánico es inerte y no volátil, por lo cual es retenido en la cápsula y por diferencia de peso se pueden cuantificar los sólidos volátiles.

A continuación se presenta la tabla XLII, resumen del análisis estadístico descriptivo de los sólidos volátiles valores a 5 metros de profundidad su respectivo histograma, figura 115.

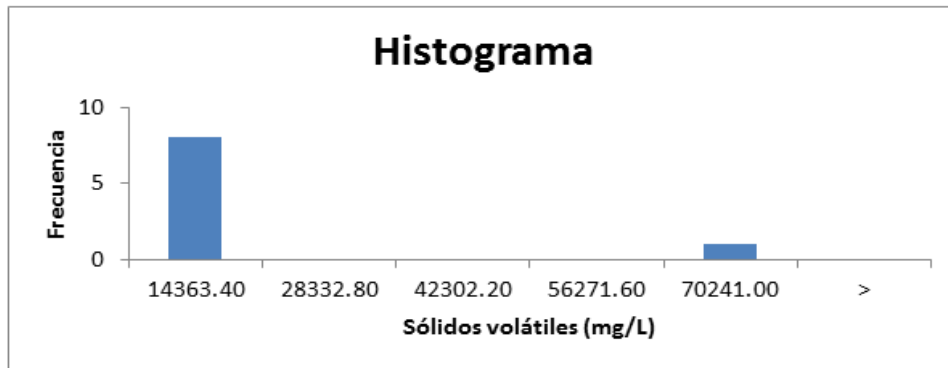
Tabla XLII. **Resumen estadístico del parámetro de sólidos volátiles en el lecho del lago a 5 metros de profundidad**

Estadística descriptiva de los sólidos volátiles a 5 metros de profundidad	
Promedio	10 605,2222
Error típico	7 520,34303
Mediana	2 152
Moda	693
Desviación estándar	22 561,0291
Varianza de la muestra	509000034
Curtosis	8,55249485
Coefficiente de asimetría	2,90132679
Rango	69 847
Mínimo	394
Máximo	70 241
Suma	95 447
Datos válidos	9

Fuente: elaboración propia.

Los datos recabados en la tabla XLII oscilan entre 394 a 70 241,00 miligramos/litro con un valor promedio de 10 605,22 miligramos/litro.

Figura 115. **Histograma de sólidos volátiles medido en el lecho de la laguna a 5 metros de profundidad**



Fuente: elaboración propia.

Según lo anteriormente descrito en la tabla XLII, se ratifica que los sólidos volátiles están presentes en el fondo de la laguna El Pino.

6. DISCUSIÓN DE VALORES DE PARÁMETROS HISTÓRICOS CON EL ESTUDIO ACTUAL

En la tabla XLIII se presenta el resumen de los datos históricos de la laguna El Pino del 2003 y 2010 con el estudio actual. Donde se graficarán las variaciones según el año de los muestreos.

Tabla XLIII. **Resumen de valores superficiales (0 metros)**

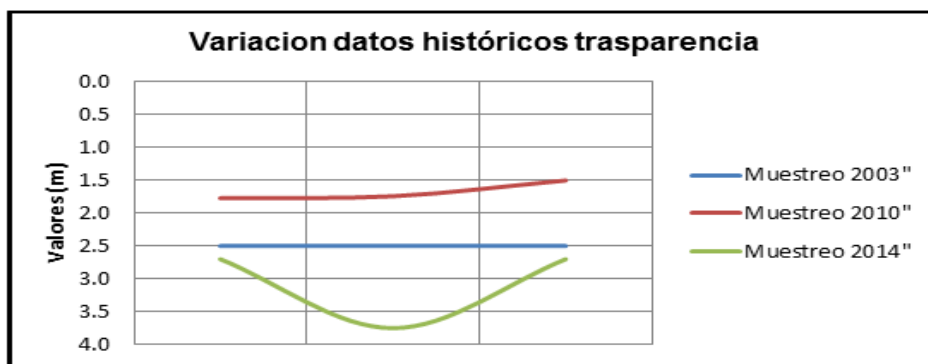
PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS										
LUGAR DE ESTUDIO		LAGUNA EL PINO			PROFUNDIDAD SUPERFICIAL (0 METROS)					
PARÁMETRO	UNIDAD	DATOS HISTÓRICOS AÑOS						ESTUDIO ACTUAL		
		2003			2010			2014		
		P # 1	P # 2	P # 3	P # 1	P # 2	P # 3	P # 1	P # 2	P # 3
Transparencia	m	2,5	2,5	2,5	1,8	1,7	1,5	2,7	3,75	2,7
Oxígeno disuelto	mg/L	6,5	5,9	4,0	6,4	6,2	4,3	5,02	4,71	5,13
pH	U	8,2	8,1	8,2	7,4	7,3	7,2	8,93	9,06	8,97
Temperatura	°C	27,1	25,7	27,1	27,6	29,0	28,4	25,9	25,9	26,1
Conductividad eléctrica	µs/cm	82,4	70,1	67,9	93,0	94,0	91,0	81,2	81,4	81,7
Amoniaco	mg/L	0,5	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,09	0,23	0,05
Nitritos	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,14	0,11	0,04
Nitratos	mg/L	6,4	3,3	3,4	11,0	14,2	16,0	40,0	48,4	44
Fosfatos	mg/L	0,3	0,0	0,0	0,7	0,6	0,4	0,29	0,46	0,29
Turbiedad	UNT	3,2	3,1	2,7	1,8	1,6	1,8	0,78	1,08	0,76
Color	UC	11,0	11,0	12,0	8,6	9,6	9,0	2	3	1

Fuente: elaboración propia.

6.1. Transparencia

En la figura 116, se observan las variaciones de transparencia en la laguna El Pino. A través del tiempo en el muestreo de 2003 y 2010, y el estudio actual puntos poseen un comportamiento de profundidad no definido siendo el 2003 que presentó un comportamiento definido de transparencia en los 3 puntos.

Figura 116. Variación de transparencia



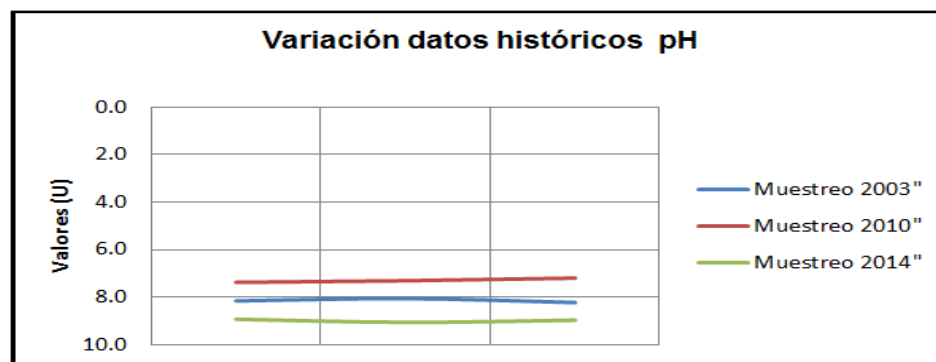
Fuente: elaboración propia.

En la figura 116 se observan las variaciones de los valores de transparencia medido en la laguna El Pino. Siendo el valor mínimo de 1,5 metros en el 2010 y el valor máximo 3,75 metros en el 2014. Se determina que en el estudio actual del comportamiento fue de mayor a menor como se observa en la figura 115.

6.2. Potencial de hidrógeno (pH)

En la figura 117 se observan las variaciones del valor pH en la laguna El Pino a través del tiempo. En el muestreo de los 3 diferentes estudios marca una tendencia definida.

Figura 117. Variación de potencial de hidrógeno (pH)



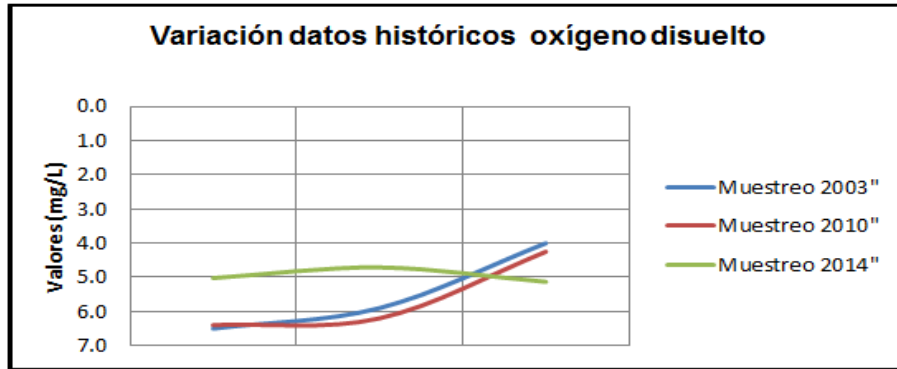
Fuente: elaboración propia.

En la figura 117 se observan las variaciones de los valores del potencial hidrogeno, en donde se muestra que se han incrementado los valores del pH del 2003 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 7,2 unidades para el 2010 y de 9,06 unidades para el 2014.

6.3. Oxígeno disuelto

En la figura 118, se describen las variaciones del OD en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos del 2003 y 2010 se observa una tendencia definida en disminución, mientras que en el estudio actual 2014 mostró un comportamiento lineal.

Figura 118. Variación de OD



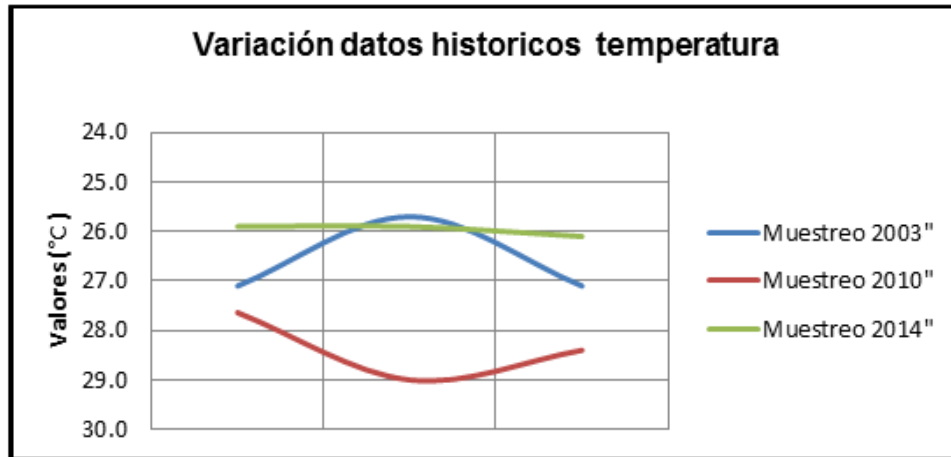
Fuente: elaboración propia.

En la figura 118 se observan las variaciones en la concentración del oxígeno disuelto, en donde se muestra que ha disminuido según los puntos superficiales en el 2003 y 2010, ya que los valores mínimos fueron de 4,00 miligramos/litro en el 2003 y de 6,5 miligramos/litro para el 2010.

6.4. Temperatura

En la figura 119 se muestran las variaciones de temperatura en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos superficiales del 2003, 2010 y 2014, se observa una tendencia no definida, mientras que en el estudio actual mostró una tendencia definida.

Figura 119. **Variación de temperatura**



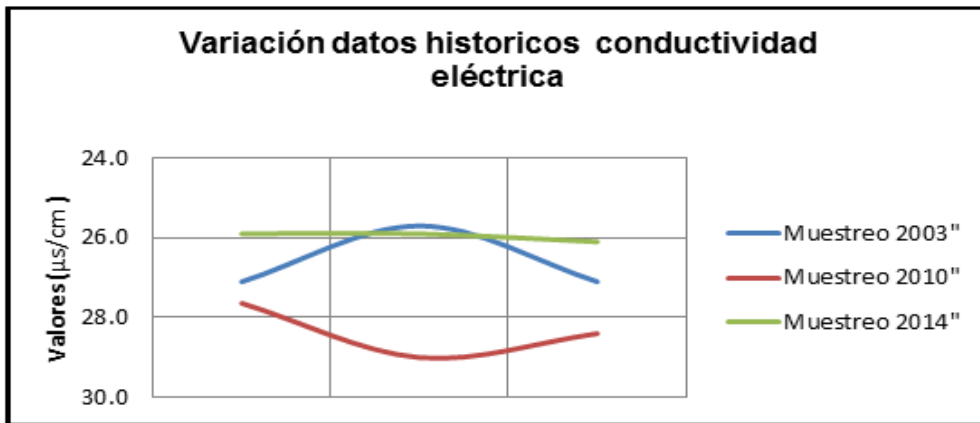
Fuente: elaboración propia.

En la figura 119, se muestran variaciones de los valores de temperatura en donde se observa que desde el 2003 al 2010, finalizando con el estudio actual 2014, una disminución en la temperatura de laguna El Pino a través del tiempo, ya que los valores mínimo de 25,7 °C, 2003 y máximo 29 °C.

6.5. **Conductividad eléctrica**

En la figura 120 se describen las variaciones de conductividad eléctrica en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos superficiales del 2003, 2010 y estudio actual 2014, donde se observa una tendencia no definida.

Figura 120. **Variación de conductividad eléctrica**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 120 se detallan las variaciones en la concentración de la conductividad eléctrica en los puntos superficiales de la laguna El Pino. Donde se muestra que en el 2003 para el 2010 ha disminuido según los puntos superficiales y para el 2014 se ha incrementado, los valores mínimos fueron 4,00 µs/cm en el 2003 y 6,5 µs/cm para el 2010.

6.6. **Amoniaco**

En la figura 121 se observa las variaciones en la concentración de amoniaco en el agua de la laguna El Pino, a través de los muestreos realizados durante 2003, 2010 y 2014. Los puntos superficiales en donde se demuestra en el tiempo una tendencia no definida.

Figura 121. Variación de amoniaco



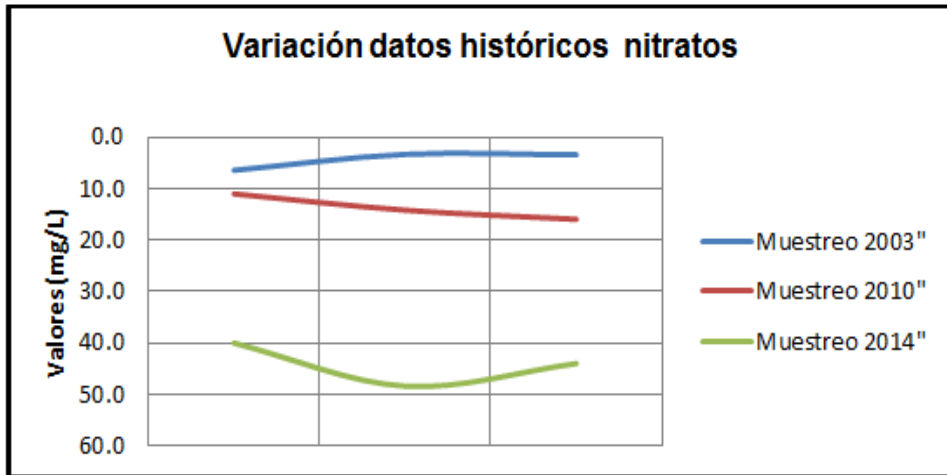
Fuente: elaboración propia.

En la figura 121 se observa las variaciones en la concentración del amoniaco, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se muestra que ha sufrido una leve disminución en la concentración, ya que los valores mínimos fueron de 0,05 miligramos/litro para el 2014 y de 0,5 miligramos/litro para el 2003.

6.7. Nitratos

En la figura 12a se muestran las variaciones de las concentraciones de nitratos en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos realizados durante 2003, 2010 y 2014; donde se observa que no marca una tendencia definida.

Figura 122. Variación de nitratos



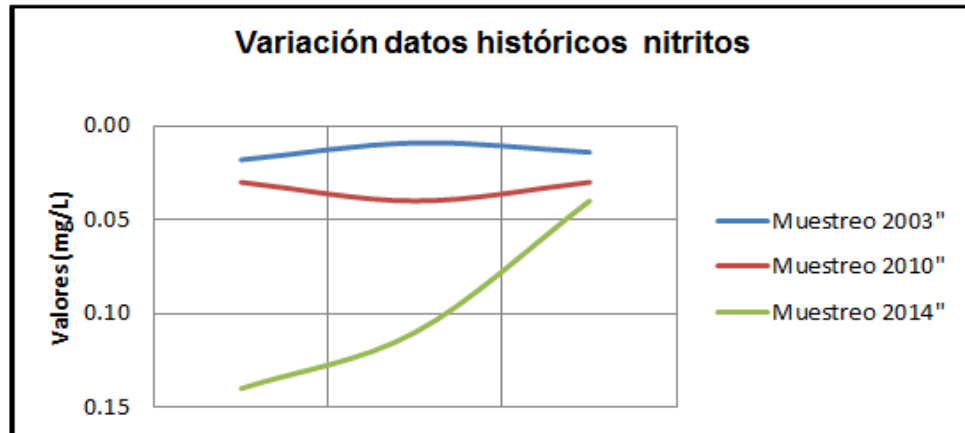
Fuente: elaboración propia.

En la figura 122, se detallan las variaciones en la concentración de nitratos, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se muestra que se ha incrementado los valores de nitratos desde 2003 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 3,3 miligramos/litro para el 2003 y de 48,4 miligramos/litro para el 2014.

6.8. Nitritos

En la figura 123 se muestran las variaciones de las concentraciones de nitritos en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos realizados durante el 2003, 2010 y 2014. Donde se observa que no marca una tendencia definida.

Figura 123. Variación de nitritos



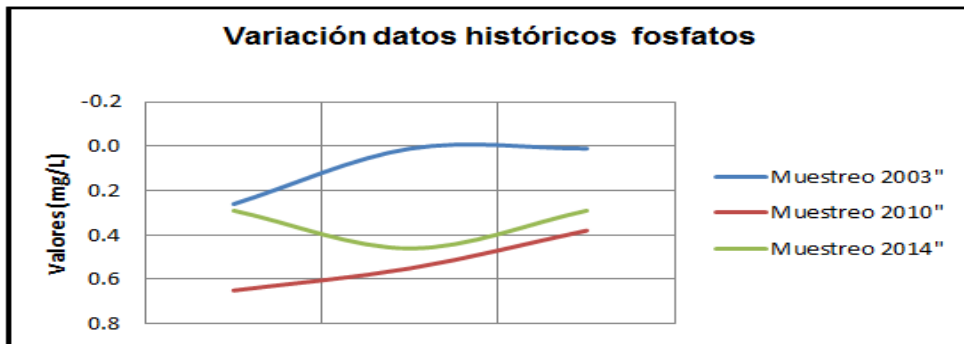
Fuente: elaboración propia.

En la figura 123 se observan las variaciones en la concentración de nitritos, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se muestra que se ha incrementado los valores de nitritos del 2003 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 0,1 miligramos/litro para el 2003 y de 0,14 miligramos/litro para el 2014.

6.9. Fosfatos

En la figura 124 se detallan las variaciones de las concentraciones de fosfatos en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos superficiales realizados durante el 2003, 2010 y 2014, donde se observa que no marca una tendencia definida.

Figura 124. Variación de fosfatos



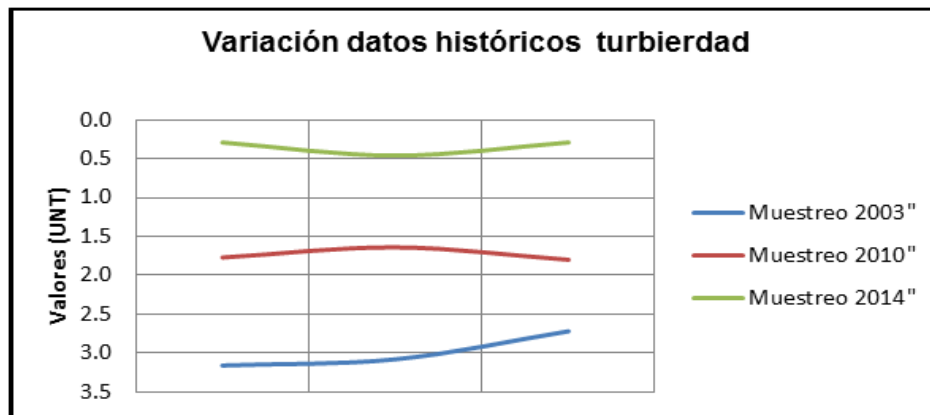
Fuente: elaboración propia.

En la figura 124 se muestran las variaciones en la concentración de fosfatos, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se muestra que se ha incrementado los valores de fosfatos del 2003 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 0 miligramos/litro para el 2003 y de 0,7 miligramos/litro para el 2014.

6.10. Turbiedad

En la figura 125 se observan las variaciones de las concentraciones de turbiedad en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos superficiales realizados en el 2003, 2010 y 2014. Donde se muestra que no marca una tendencia definida.

Figura 125. Variación de turbiedad



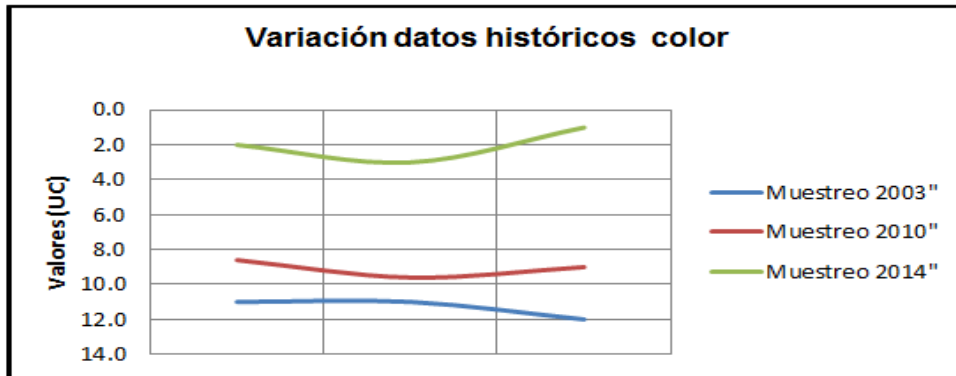
Fuente: elaboración propia.

En la figura 125 se muestran las variaciones en la concentración de turbiedad, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se observa que se han disminuido los valores de turbiedad del 2003 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 0,76 UNT para el 2014 y de 3,2 UNT para el 2003.

6.11. Color

En la figura 126 se observan las variaciones de las concentraciones de color en la laguna El Pino a través del tiempo en los muestreos superficiales realizados durante el 2003, 2010 y 2014. Donde se observa que no marca una tendencia definida.

Figura 126. Variación de color



Fuente: elaboración propia.

En la figura 126 se observan las variaciones en la concentración de color, en los puntos superficiales de la laguna El Pino; en donde se muestra que ha disminuido los valores de color del 2010 al 2014, ya que los valores mínimos fueron de 1 UC para el 2014 y de 12 UNT para el 2010.

CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada se confirma, debido al aumento de los valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica de los 3 puntos que determina el enriquecimiento de los nutrientes que contribuyen al deterioro del cuerpo lacustre.
2. Luego de analizar los valores se concluye que la transparencia es de 2,78 m. El perfil estratigráfico de los parámetros medidos *in situ* de la laguna El Pino confirman que existe el descenso y los valores mínimos oscilan entre: temperatura (25,10 °C), oxígeno disuelto (1,4 mg/L), pH (7,08 mg/L), por lo que se confirma que existe un deterioro de la calidad del agua.
3. Los parámetros en su perfil estratigráfico analizados en laboratorio de la laguna El Pino confirman que existe un deterioro a través del tiempo de la concentración de sus valores oscilando entre: amoníaco (máx./0,32 mg/L y min/0,11mg/L), nitratos (máx./39,52 mg/L y min/0,02 mg/L), nitritos (máx./0,1 mg/L y min/0,02 mg/L), fosfatos (máx./0,50 mg/L y min/0,10 mg/L), turbiedad (máx./4,70 UNT y min/1,54 UNT), color (máx./11,08 UC y min/4,04 UC), sólidos suspendidos totales (máx./800,6 mg/L y min/401 mg/L). Se confirma el aumento de los niveles que afectan la calidad del agua.

4. La concentración de los sólidos volátiles en la laguna El Pino muestran un aumento en la cantidad de materia orgánica en el lecho del cuerpo lacustre producto de las diferentes actividades que se desarrollan en la cuenca, siendo su valor mínimo de 394,00 mg/L el 22 de mayo de 2014 en el punto # 3 a una profundidad de 4 metros y un valor máximo de 7 0241,00 mg/L el 30 de julio de 2014 punto 3 a una profundidad de 4 metros, incrementando su valor a través del tiempo.
5. Según la comparación con los resultados de la tabla XLIII, los parámetros que han aumentado considerablemente son: *in situ* pH y temperatura y nitratos, fosfatos, por lo que existe un aumento de los nutrientes en el agua a través del tiempo que confirma el deterioro del cuerpo lacustre.
6. Los valores a través del tiempo obtenidos en la laguna El Pino, comparados con los criterios de la calidad de agua para diferentes usos, demuestran que la misma puede utilizarse para recreación en agua dulce; contacto primario, riego de hortalizas y frutas, crianza de animales, abastecimiento industrial, generación de energía y navegación.

RECOMENDACIONES

1. A la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), específicamente en el área de Ingeniería Sanitaria del curso de Limnología y Saneamiento de Corrientes, se le dé seguimiento y actualización a los datos generados en esta investigación, de tal forma que se tenga una información actualizada y confiable, que permita el control y monitoreo del agua de la laguna El Pino.
2. A la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, junto a las autoridades de gobierno, municipalidades y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), firmar un convenio de cooperación y financiamiento para promover la investigación y actualización de las realizadas en años anteriores, para determinar el deterioro que han sufrido los sistemas lacustres en Guatemala.
3. A las autoridades Municipales y a la administración encargada de velar por la conservación del Parque Nacional laguna El Pino, INAB y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), restringir la aprobación de licencias de construcción para proyectos habitaciones que pongan en peligro la integridad de la Laguna El Pino y crear una comisión encargada de monitorear la calidad del agua de la laguna El Pino para su conservación.

4. A las instituciones: Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), que unan esfuerzos con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para realizar limpieza en la laguna El Pino debido a la proliferación de *hydrilla verticillata* ya que está afectando un 100 % de dicho cuerpo lacustre y puede llegar a tener consecuencias graves para su preservación.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. CASTAÑEDA SALGUERO, César. *Deterioro y desaparición de lagos y lagunas en Guatemala*. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales, 1989. Vol. 4. 15 p.
3. _____ . *Sistemas lacustres de Guatemala. Recursos que mueren*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1995. 196 p.
4. 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.
5. COLE, G. A. 1083, 3a ed. USA: Textbook of Limnology. The C. V. Mosby Company, St. Luis, 1983. 1268 p.

6. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. *Eutrofización del Lago de Amatitlán*. Informe final. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 20 p.
7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Ley de áreas protegidas. Decreto 4-89 y sus reformas. Decreto 18-89. Decreto 110-96*. Guatemala: MARN. p.
8. *Manual de prácticas de laboratorio de química del agua*. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria ERIS-USAC 2002. 25 p.
9. MUCH, Zenón. *Notas del curso de limnología. Escuela de Ingeniería Sanitaria. ERIS-USAC*. 2010. 25 p.
10. SARAIVA, Pedro. *Contaminación de agua*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 110 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Vista panorámica de la Laguna El Pino**



Fuente: laguna El Pino.

Apéndice 2. **Extracción de los sólidos del fondo de la laguna El Pino con draga**



Fuente: laguna El Pino.

Apéndice 3. **Recolección de sólidos del fondo de la laguna El Pino**



Fuente: laguna El Pino.

