



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:

**“CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS
AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA CENTRAL DEL
ECUADOR”**

Requisito previo para optar por el Título de Licenciada en Laboratorio Clínico.

Autora: Brito Galarza, Gabriela Estefania

Tutor: Dr. Mg. Galárraga Pérez, Edison Arturo

Ambato – Ecuador

Octubre, 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”** de Gabriela Estefanía Brito Galarza, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometida a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, Julio de 2019

EL TUTOR

.....
Dr. Mg. Galárraga Pérez, Edison Arturo

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el Trabajo de Investigación “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR**” como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de éste trabajo de grado.

Ambato, Julio de 2019

LA AUTORA

.....

Brito Galarza Gabriela Estefania

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi tesis con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, Julio de 2019

LA AUTORA

.....
Brito Galarza Gabriela Estefania

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación sobre el tema **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”** de Gabriela Estefania Brito Galarza, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico.

Ambato, Octubre de 2019

Para constancia firman

PRESIDENTE/A

1er VOCAL

2do VOCAL

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por proveer en mi fortaleza y sabiduría, a mis padres por el esfuerzo y dedicación, que día a día me brindaron durante mi trayecto de vida estudiantil.

AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra cubierta de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento y formación académica en la cual estuve inmersa, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Agradezco a mis padres Byron ,Elsa, por ser el pilar fundamental en mi vida ya que han sido incondicionales en todo momento, gracias a ustedes por ser la base de mi formación académica que con su esfuerzo y dedicación continua me brindaron la oportunidad de hacer mi sueño realidad y obtener mi título universitario.

También quiero agradecer a mi pequeño angelito Andrés, que llego en el momento indicado que con su ternura y ocurrencia lleno mi vida de alegría y felicidad.

Por último, quiero agradecer a mis hermanos Geovanny y William y a cada una de mis amigas quienes formaron parte de esta hermosa travesía.

Muchas gracias a aquellos seres queridos que siempre guardare en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
EL PROBLEMA	2
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	2
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1.1 Descripción geográfica de la Laguna Limpiopungo	9
2.1.2 Tipos de lagunas.....	11
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO	12

2.2.1 Calidad del agua.....	12
2.2.2 Parámetros para evaluar la calidad del agua	15
2.2.3 Sólidos suspendidos	16
2.2.4 Turbiedad	16
2.2.5 Sabor y olor.....	17
2.2.6 Temperatura	17
2.2.7 Parámetros químicos	18
2.2.8 Parámetros microbiológicos.....	21
2.2.9 Plan de monitoreo de la calidad del agua.....	23
2.2.10 Muestreo	23
2.2.11 Frecuencia del muestreo.....	24
2.2.12 Métodos de muestreo	24
2.2.13 Envases de las muestras	25
2.2.14 Compuestos orgánicos	26
2.2.15 Cantidad de muestra.....	29
2.2.16 Azar y variaciones sistemáticas de la calidad del agua.....	30
2.2.17 Equipos utilizados para la medición de la calidad del agua.....	30
2.2.18 Métodos de análisis de la calidad del agua	31
2.3. HIPÓTESIS.....	38
CAPÍTULO III.....	39
MARCO METODOLÓGICO	39
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3 SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO	40
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	43
3.6 PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS	43

3.6.1	TOMA DE MUESTRAS DE LA LAGUNA.....	43
3.7	PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS	44
3.7.1	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	44
3.8.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	45
3.8.1.	CUANTIFICACIÓN.....	45
3.8.2.	LECTURA DE LAS PLACAS PETRI FILM	46
3.8.2.1.	RECUENTO PARA AEROBIOS.....	47
3.8.3.	AISLAMIENTO	48
3.8.4.	IDENTIFICACIÓN.....	51
3.8.4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE DE BACTERIA.....	52
3.8.5.	PRUEBAS DE SENSIBILIDAD.....	52
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1.	PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS	55
4.2.	BACTERIAS	98
4.3.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	124
	CONCLUSIONES	126
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	129
	BIBLIOGRAFÍA	129
	LINKOGRAFÍA	135
	CITA BIBLIOGRÁFICA DE LA BASE DE DATOS UTA.....	138
	ANEXOS	140
	Anexo 1. Tablas de resultados de puntos de la mañana y tarde.....	141
	Anexo 2. Resolución y aprobación del tema de investigación.....	145
	Anexo 3. Permiso del ministerio del medio ambiente del Ecuador.	146
	Anexo 4. Fotografías.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre niveles tróficos	14
Tabla 2. Factores cuantificables de la troffa en el agua	14
Tabla 3. Características de los olores de acuerdo al tipo de agua	17
Tabla 4. Parámetros químicos determinados en el agua	18
Tabla 5. Parámetros microbiológicos en la evaluación del agua	22
Tabla 6. Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras del agua superficial	25
Tabla 7 Muestreo de compuestos orgánicos	26
Tabla 8. Nivel de confianza de la muestra	30
Tabla 9 Ejemplo equipos utilizados en la investigación para determinar la calidad del agua	30
Tabla 10. Rangos para evaluar los resultados del Índice de Calidad de Agua.....	33
Tabla 11. Índice ICA NSF	34
Tabla 12. Muestras de la Laguna de Limpiopungo.....	42
Tabla 13 Tiempo de incubación por bacteria.....	46
Tabla 14: Limites permisibles UFC	47
Tabla 15. Inserto de Recuentos de Aerobios.....	47
Tabla 16. Inserto para Recuento de <i>E. Coli</i> y Coliformes Totales.....	48
Tabla 18: Toma 1 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	55
Tabla 19: Toma 2 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	56
Tabla 20: Toma 3 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	57
Tabla 21: Toma 4 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	58
Tabla 22: Toma 1 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	60
Tabla 23: Toma 2 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	61
Tabla 24: Toma 3 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	62
Tabla 25: Toma 4 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	63
Tabla 26: Toma 1 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	65
Tabla 27: Toma 2 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	66
Tabla 28: Toma 3 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	67
Tabla 29: Toma 4 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	68

Tabla 30: Toma 1 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	70
Tabla 31: Toma 2 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	71
Tabla 32: Toma 3 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	72
Tabla 33: Toma 4 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	73
Tabla 34: Toma 1 Concentración de Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	75
Tabla 35: Toma 2 Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	76
Tabla 36: Toma 3 Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	77
Tabla 37: Toma 4 Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	78
Tabla 38: Toma 1 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	80
Tabla 39: Toma 2 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	81
Tabla 40: Toma 3 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	82
Tabla 41: Toma 4 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	83
Tabla 42: Toma 1 Concentración de Amoniacó de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	85
Tabla 43: Toma 2 Concentración de Amoniacó de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	86
Tabla 44: Toma 3 Concentración de Amoniacó de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	87
Tabla 45: Toma 4 Concentración de Amoniacó de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	88
Tabla 46: Toma 1 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	90

Tabla 47: Toma 2 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	91
Tabla 48: Toma 3 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	92
Tabla 49: Toma 4 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	93
Tabla 50: Toma 1 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	95
Tabla 51: Toma 2 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	96
Tabla 52: Toma 3 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	97
Tabla 53: Toma 4 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	98
Tabla 54: Toma 1 Conteo de <i>E. coli</i> en placa Petri Film de 100ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	99
Tabla 55: Toma 2 <i>E. coli</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	100
Tabla 56: Toma 3 <i>E. coli</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	101
Tabla 57: Toma 4 <i>E. coli</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	102
Tabla 58: Toma 1 Conteo de <i>Aerobios mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	104
Tabla 59: Toma 2 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	105
Tabla 60: Toma 3 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	106
Tabla 61: Toma 4 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	107
Tabla 62: Toma 1 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	109
Tabla 63: Toma 2 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.....	110
Tabla 64: Toma 3 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.....	111
Tabla 65: Toma 4 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.....	112
Tabla 66: Identificación de Bacterias.....	116

Tabla 67. Resultados del Antibiograma de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	118
Tabla 68. Resultados del Antibiograma de <i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	119
Tabla 69. Resultados del Antibiograma de <i>Klebsiella Ozaenae</i>	120
Tabla 70. Resultados del Antibiograma para <i>Enterobacter cloacae</i>	121
Tabla 71. Resultados del Antibiograma para <i>Escherichia coli</i>	122
Tabla 72. Resultados del Antibiograma para <i>Serratia marcescens</i>	123
Tabla 72. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos frente al Índice de Calidad General de las aguas de la Laguna de Limpiopungo	125
Tabla 73. Criterios Generales del Índice de Calidad del Agua (ICA)	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Macro localización.....	10
Gráfico 2. Micro localización	10
Gráfico 3. Panorama de la laguna Limpiopungo	12
Gráfico 4 Número aproximado de muestras requeridas para estimar una concentración media.....	29
Gráfico 5. Curva de la relación calidad NTU (Unidad nefelométrica de turbidez)	35
Gráfico 6. Curva relación calidad Solidos Disueltos Totales SDT	35
Gráfico 7. Curva de la relación coliformes fecales con la calidad.....	36
Gráfico 8 Curva relación calidad con pH.....	36
Gráfico 9. Puntos establecidos para toma de muestras de la Laguna de Limpiopungo	41
Gráfico 10 Diseño placa Petrifilm TM	45
Gráfico 11: Toma 1 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	55
Gráfico 12: Toma 2 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	56
Gráfico 13: Toma 3 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	57
Gráfico 14: Toma 4 Valor de Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo	58
Gráfico 15: Toma 1 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo	60
Gráfico 16: Toma 2 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo	61
Gráfico 17: Toma 3 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo	62
Gráfico 18: Valor de pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	63
Gráfico 19: Toma 1 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	65
Gráfico 20: Toma 2 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	66
Gráfico 21: Toma 3 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	67
Gráfico 22: Toma 4 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	68
Gráfico 23: Toma 1 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	70
Gráfico 24: Toma 2 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	71

Gráfico 25: Toma 3 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo	72
Gráfico 26: Toma 4 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo	73
Gráfico 27: Toma 1, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	75
Gráfico 28: Toma 2, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	76
Gráfico 29: Toma 3, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	77
Gráfico 30: Toma 4, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	78
Gráfico 31: Toma 1 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	80
Gráfico 32: Toma 2 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	81
Gráfico 33: Toma 3 Nitratos medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	82
Gráfico 34: Toma 4 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	83
Gráfico 35: Toma 1 Amoniaco Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	85
Gráfico 36: Toma 2 Amoniaco Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	86
Gráfico 37: Toma 3 Amoniaco medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo	87
Gráfico 38: Toma 4 Amoniaco Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	88
Gráfico 39: Toma 1 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	90
Gráfico 40: Toma 2 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	91
Gráfico 41: Toma 3 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	92
Gráfico 42: Toma 4 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	93
Gráfico 43: Toma 1 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	95
Gráfico 44: Toma 2 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	96
Gráfico 45: Toma 3 Turbidez medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.....	97
Gráfico 46: Toma 4 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	98
Gráfico 47: Toma 1 <i>E. coli</i> del Agua de la Laguna de Limpiopungo.....	99
Gráfico 48: Toma 2 <i>E. coli</i> del Agua de la Laguna de Limpiopungo	100
Gráfico 49: Toma 3 <i>E. coli</i> del Agua de la Laguna de Limpiopungo	101
Gráfico 50: Toma 4 <i>E. coli</i> del Agua de la Laguna de Limpiopungo	102

Gráfico 51: Toma 1 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	104
Gráfico 52: Toma 2 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	105
Gráfico 53: Toma 3 <i>Aerobios mesófilos del Agua de la Laguna de Limpiopungo</i>	106
Gráfico 54: Toma 4 Conteo de <i>Aerobios Mesófilos</i> en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.....	108
Gráfico 55: Toma 1 <i>Coliformes Totales</i> medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia	109
Gráfico 56: Toma 2 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia	110
Gráfico 57: Toma 3 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia	111
Gráfico 58: Toma 4 Conteo de <i>Coliformes Totales</i> medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia	112
Gráfico 59 Punto 1.....	148
Gráfico 60 Punto 2	148
Gráfico 61 Punto 3.....	148
Gráfico 62 Punto 4.....	148
Gráfico 63 Punto 5.....	148
Gráfico 64 Punto 6.....	148
Gráfico 65 toma de muestras.....	149
Gráfico 66 Procesamiento de muestras	149
Gráfico 67 Determinación física, química	149
Gráfico 68 Procesamiento bacteriológico	150
Gráfico 69 Conteo de colonias	150
Gráfico 70 Siembra en macConkey	151
Gráfico 71 Siembra en la batería bioquímica.....	151

Gráfico 72 escala mcfarland.....	152
Gráfico 73 Siembra de antibióticos en mueller hinton e incubamos	153
Gráfico 74 Lectura	154

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE
LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA
CENTRAL DEL ECUADOR”**

Autora: Brito Galarza, Gabriela Estefania

Tutor: Dr. Mg. Galárraga Pérez, Edison Arturo

Fecha: Julio 2019

RESUMEN

La Laguna de Limpiopungo es un atractivo turístico del Parque Nacional Cotopaxi, en el lugar es posible realizar caminatas y disfrutar de la flora y fauna asociada, se debe destacar la presencia de dos especies amenazadas: el cóndor de los Andes, y la bandurria andina, para la preservación de esta laguna es necesario conocer que características físico químicas y bacteriológicas presenta sus aguas es por esto que la presente investigación plantea el tema “Caracterización físicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Limpiopungo de la zona central del Ecuador”, con la finalidad de caracterizar físicoquímicamente las aguas de la Laguna de Limpiopungo. Con un enfoque cuantitativo usado para medir parámetros físico-químicos obteniendo datos concretos, estas cifras permitieron conocer el índice de calidad del agua, la cuantificación de las colonias de bacterias existentes en 100 mililitros de agua de la Laguna Limpiopungo se encontró con el uso de 3M Petrifilm, las muestras fueron tomadas por cuatro ocasiones dos veces (mañana y tarde) en seis diferentes lugares. Para la identificación de bacterias de importancia sanitaria en las muestras se realizó cultivos utilizando agentes agares enriquecidos cromógenos como el EMB que permitieron evidenciar una variación de la coloración, lo que hace que la investigación también sea cualitativa. Los procedimientos de muestreo, manejo y conservación de agua están normados según Norma Técnica: Nte INEN 2169:2013, en la investigación se aplicó rigurosamente cada literal. Se realizó un proceso de identificación a través de la aplicación de cultivos y pruebas bioquímicas, aportando al reconocimiento de seis cepas, más tarde inoculadas, con el propósito de evaluar su comportamiento ante 9 antibióticos (SAM, IMP, CTX, CN, AK, TE, OFX, F, SXT), determinando cepas de *Klebsiella pneumoniae* y *Klebsiella Ozaenae* sensibles en un 100%; *Klebsiella rhinoscleromatis* y *Enterobacter cloacae*, presentaron un 89% de sensibilidad; resistencia intermedia de la cepa *Escherichia coli* frente a Nitrofurantoina (F); *Serratia marcescens* se observó una respuesta bacteriana resistente ante Ampicilina + sulbactam (SAM) y Nitrofurantoina (F). Mediante el Índice de Calidad de Agua, se considera que las aguas de la Laguna de Limpiopungo son aceptables para la población, ubicándolo en un rango del 95%.

PALABRAS CLAVES: CARACTERIZACIÓN, FÍSICOQUÍMICA, BACTERIOLÓGICA, LAGUNA DE LIMPIOPUNGO, ENTEROBACTERIAS, 3M PETRIFILM, COLIFORMES TOTALES.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE
LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE LIMPIOPUNGO DE LA ZONA
CENTRAL DEL ECUADOR”**

Autora: Brito Galarza, Gabriela Estefania

Tutor: Dr. Mg. Galárraga Pérez, Edison Arturo

Fecha: Julio 2019

SUMMARY

The Limpiopungo Lagoon is a tourist attraction of the Cotopaxi National Park, in the place it is possible to make walks and enjoy the associated flora and fauna, the presence of two threatened species should be highlighted: the condor of the Andes, and the Andean bandurria, For the preservation of this lagoon, it is necessary to know what physical chemical and bacteriological characteristics its waters present, which is why this research raises the topic “Physicochemical and bacteriological characterization of the waters of the Limpiopungo Lagoon of the central zone of Ecuador”, with the purpose of physicochemical characterization of the waters of the Limpiopungo Lagoon. With a quantitative approach used to measure physical-chemical parameters obtaining concrete data, these figures allowed to know the water quality index, the quantification of the colonies of existing bacteria in 100 milliliters of water from the Limpiopungo Lagoon was found with the use of 3M Petrifilm, the samples were taken four times twice (morning and afternoon) in six different places. For the identification of bacteria of sanitary importance in the samples cultures were carried out using chromogen-enriched agar agents such as the EMB that allowed to show a variation of the coloration, which makes the research also qualitative. The procedures of sampling, handling and conservation of water are regulated according to Technical Standard: Nte INEN 2169: 2013, in the investigation each literal was applied rigorously. An identification process was carried out through the application of cultures and biochemical tests, contributing to the recognition of six strains, later inoculated, with the purpose of evaluating their behavior against 9 antibiotics (SAM, IMP, CTX, CN, AK, TE , OFX, F, SXT), determining 100% sensitive *Klebsiella pneumoniae* and *Klebsiella Ozaenae* strains; *Klebsiella rhinoescleromatis* and *Enterobacter cloacae*, had a 89% sensitivity; intermediate resistance of the *Escherichia coli* strain against Nitrofurantoin (F); *Serratia marcescens* a resistant bacterial response to Ampicillin + sulbactam (SAM) and Nitrofurantoin (F) was observed. Through the Water Quality Index, it is considered that the waters of the Limpiopungo Lagoon are acceptable to the population, placing it in a range of 95%.

KEYWORDS: CHARACTERIZATION, PHYSICOCHEMICAL,
BACTERIOLOGICAL, LAGUNA DE LIMPIOPUNGO,
ENTEROBACTERIAS, 3M PETRIFILM, TOTAL COLIFORMS.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas de la región Interandina son de orígenes glaciales o tectónicos, también por acumulación de lluvias y por procesos volcánicos. La mayoría de lagunas no solo sirven como recursos ecoturísticos, sino que ayudan al avance de ciudades y poblaciones que se asientan en sus alrededores, porque son fuentes de trabajo como la piscicultura (1).

La Laguna de Limpiopungo es seguramente uno de los lugares más visitados y fotografiados del Parque Nacional Cotopaxi (2). Es un lugar destinado al turismo naturalista directo, en el lugar es posible realizar caminatas y disfrutar de la flora y fauna asociada, se debe destacar la presencia de dos especies amenazadas en el Ecuador: el cóndor de los Andes, *Vultur gryphus* y la bandurria andina, *Theristicus branickii* (3), sus claras pero gélidas aguas están rodeadas por pequeños cerros y colinas, pero los cauces naturales han sido alterados, lo que le llevaría a la laguna a disminuir su caudal y deteriora su calidad, estas entre otras son las razones por lo que se vuelve importante investigar la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas (4).

Los parámetros físico-químicos incluidos en la presente investigación fueron: el pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, nitritos, nitratos y turbidez, para los indicadores microbiológicos se estudiaron: coliformes totales, son los establecidos por ICA (5). El promedio del índice de calidad de agua de la Laguna de Limpiopungo es de 60 en el análisis del índice de calidad obtenido arroja el resultado de POCO CONTAMINADO en criterio general, sin embargo para el abastecimiento público muestra como resultado una MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO, en recreación es ACEPTABLE NO RECOMENDABLE, en pesca y vida acuática EXCEPTO ESPECIES, finalmente en industrial y agrícola se puede usar SIN TRATAMIENTO INDUSTRIA NORMAL, lo que evidencia que el agua puede ser utilizada dentro del sector agrícola, pero para el consumo humano es necesario que se desarrolle tratamiento. Lo que corrobora la hipótesis alternativa y desecha la hipótesis nula es decir: La Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Limpiopungo es aceptable para el uso de la población que de ella se benefician, teniendo en cuenta los criterios que arroja ICA.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Limpiopungo de la zona central del Ecuador.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

En los últimos años se ha evidenciado los efectos de los impactos negativos del calentamiento global y la contaminación, principalmente sobre el agua superficial y subterránea (6). Por lo que las actividades de evaluación, conservación y monitориamente de la calidad de las fuentes de agua superficiales son esenciales para el mantenimiento de la vida, la biota y el ecosistema. (7). Actualmente los efectos negativos de las actividades humanas como: los crecimientos urbanos, la industrialización, sobreexplotación de los recursos naturales, la actividad agrícola y la gestión inadecuada de los desechos empeoran de manera notable la calidad de los recursos hídricos (8).

Los datos de la Organización de Naciones Unidas sobre la situación hídrica a nivel mundial son desalentadores: el planeta cuenta sólo con 3% de agua dulce, apta para el consumo humano, la escasez del agua impacta a 4 de cada 10 personas en el mundo, es decir que actualmente 2,1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable, además el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas. (9)

En Latinoamérica el agua dulce es uno de los principales recursos naturales, ya que posee el 26% del total de las reservas de agua dulce en el mundo, solo por detrás de Asia que posee el 36%. (10) Sin embargo, en esta región enfrenta también problemas de contaminación, gestión de los recursos hídricos, el

desperdicio y la escasez de agua especialmente en áreas rurales e indígenas. (11) Además, hay que señalar que los ríos, lagos y lagunas de la región se están agotando rápidamente, debido al crecimiento demográfico, las ciudades necesitan de mayores fuentes de suministros de agua dulce para abastecer las necesidades de sus poblaciones. (12)

Ecuador es un país que cuenta con un gran potencial de recursos hídricos, se encuentra en la posición 28 en el ranking por países por recursos hídricos renovables totales contando con 382 kilómetros cúbicos de agua dulce en el 2011. Además, según datos de la Organización de Naciones Unidas en su informe sobre: Recursos internos renovables de agua dulce per cápita (metros cúbicos) en 2014 el Ecuador dispone 27,818.45 metros cúbicos por persona.

Considerando la importancia del agua en el Ecuador, la Constitución del 2018 ratifica su protección, en el Capítulo Segundo sobre los Derechos del Buen Vivir, Sección Primera Agua y Alimentación en el artículo 12 mencionan que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (13)

La laguna de Limpiopungo se localiza en los Andes ecuatorianos, en el Parque Nacional Cotopaxi a 3800 metros sobre el nivel del mar, tiene una superficie de una hectárea, el origen de la laguna se debería a la presencia de gigantescos glaciares que cubrieron el área hace más de 2.000 años, con el paso del tiempo el área se redujo por fenómenos de sedimentación, filtración y sobretodo de desviación de sus fuentes hídricas de alimentación (14). Las coordenadas son: latitud: -0.614704 y longitud: -78.475742, cuenta con una profundidad máxima de 0.65 metros (15).

En los últimos años el turismo se ha incrementado en la zona, ya que es una zona rodeada por pequeños cerros y colinas, convirtiéndose en un lugar ideal para la observación y fotografía de aves como: las gallaretas, curiquingues (*Phalacrocorax carunculatus*), fochas (*Fulica ardesiaca*) y la gaviota andina (*Larus serranus*) (15). Sin embargo, la afluencia de turistas al lugar pone en riesgo la biota de la laguna, además en la actualidad los problemas que enfrenta el Parque Nacional

Cotopaxi derivados de la degradación del páramo y del desconocimiento de la población local de la importancia del cuidado del medio ambiente, otro factor que afecta negativamente a la laguna es que la zona está siendo invadida por el ganado, ocasionando daños para el hábitat de las aves acuáticas, ya que el excremento del ganado se esparce por todas partes hasta incluso llega al agua, lo que causa contaminación y alteración de la calidad del agua. (16)

En la actualidad no existe ningún estudio sobre la calidad del agua de la Laguna de Limpiopungo, por lo cual la presente investigación permite generar datos de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados para determinar la calidad actual del agua de la laguna, con el fin de que se puedan tomar decisiones para preservar la flora y fauna de la laguna.

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las lagunas de la región Interandina son de orígenes glacial o tectónico, también por acumulación de lluvias y por procesos volcánicos. La mayoría de lagunas no solo sirven como recursos ecoturísticos, sino que ayudan al avance de ciudades y poblaciones que se asientan en sus alrededores, porque son fuentes de trabajo como la piscicultura (1). La Laguna de Limpiopungo es seguramente uno de los lugares más visitados y fotografiados del Parque Nacional Cotopaxi (2). El turismo naturalista en este hermoso lo hace un sitio de excelencia al poder presenciar el vuelo del cóndor de los Andes “*Vultur gryphus*” y a la **bandurria andina** *Theristicus branickii*” (3), las colinas y cerros pequeños que rodean las aguas de la Laguna muestran un paisaje sin igual, lastimosamente aquellos cursos originales que llevaban el agua, con la presencia del hombre han cambiado su rumbo con la consecuente disminución de caudal y deterioro de calidad, estas entre otras son las razones por lo que se vuelve importante investigar la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas (4).

Esta recopilación de datos permitirá conocer la realidad en la que se encuentra la variedad de microorganismos que habitan en las aguas el agua de la Laguna de Limpiopungo (17), facilitando así la calificación para el consumo y evitando

efectos adversos en la salud de quienes se sirven de estas aguas incluyendo su flora y fauna, beneficiando tanto a propios como extraños, enfocados en el marco del Plan Nacional del Buen Vivir, que menciona el derecho a disfrutar del más alto nivel posible de salud (18) y siendo en este caso el agua un elemento indispensable para la vida es necesario que la calidad sea garantizada (19), finalmente permitirá el incremento del valor turístico de la laguna, pero bajo condiciones medioambientales controladas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar fisicoquímica y bacteriológicamente las aguas de la Laguna de Limpiopungo de la zona central del Ecuador.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente las aguas de la Laguna de Limpiopungo de la Zona Central del Ecuador.
- Identificar la presencia de bacterias de importancia sanitaria (Escherichia Coli, Aerobios Totales, Coliformes Totales) en las muestras obtenidas, mediante la utilización de placas 3M™ petrifilm™.
- Realizar pruebas de sensibilidad que presentan las bacterias aisladas basadas en las muestras del Agua de la Laguna de Limpiopungo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Tras el estudio de investigaciones desarrolladas con temas similares a los de este estudio se encuentran las siguientes:

A nivel mundial existen varias investigaciones que se enfocan en el estudio fisicoquímico y bacteriológico del agua de las lagunas y cuencas que abastecen de agua a las grandes ciudades y campos, entre las más representativas tenemos.

La autora López Marisela desarrolla el tema “**Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México**” El objetivo fue evaluar las variables fisicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México, en diferentes estaciones climáticas durante el período enero de 2014 a marzo de 2015, en el que se encontró que el comportamiento de las variables físicoquímicas de la laguna de Tampamachoco, Veracruz presentó diferencias significativas en relación a las temporadas climáticas dado que en la primavera se registran los mayores promedios de salinidad y conductividad eléctrica; en verano, la temperatura; y en invierno el pH, porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos disueltos totales y transparencia, mientras que los menores promedios registrados fueron, en verano el porcentaje de saturación de oxígeno y conductividad eléctrica; en otoño el pH, la salinidad y los sólidos disueltos totales y en invierno la temperatura y transparencia. (20)

“**Caracterización de Algunos Parámetros Físico Químicos del Agua y Sedimento el Lago Zempoala, Morelos**”, México. Desarrollado por Díaz, Migdalia; Elizalde, Edgar; Quiróz, Héctor; García, Judith cuyo objetivo fue: objetivo analizar las condiciones físico-químicas del sedimento y agua, así como sus variaciones y relación durante un ciclo anual en el Lago Zempoala, Morelos.

En esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados: En forma general los parámetros físicos y químicos del agua no presentaron diferencias significativas, sin embargo, se observaron claras particularidades entre la zona litoral y fondo, sobre todo en la temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y bióxido de carbono, relacionado principalmente con las condiciones de cada zona. El valor mínimo de temperatura se registró en el mes de diciembre con 6 °C y el máximo en junio con 24 °C. El pH registró valores de 6 como mínimo y de 9,3 como máximo en los meses de septiembre y junio, respectivamente. Respecto a la conductancia, ésta presentó valores de 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mínimo) durante el mes de mayo y 197 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (máximo) en enero. Los valores de alcalinidad registrados durante este trabajo indican una tendencia a la dureza, ya que se obtuvieron valores mínimos de 13 mg/L en el mes de julio y 59 mg/L como máximo en diciembre. La dureza total indicó datos de 24 mg/L como mínimo y 90 mg/L como máximo, este parámetro fluctuó de manera similar a la alcalinidad. Los valores obtenidos mostraron que son aguas suaves a moderadamente duras (21).

A nivel de Latinoamérica se encontraron las siguientes investigaciones:

“Calidad de agua de una laguna recreacional del Centro-Oeste de la provincia de Córdoba, Argentina” con sus autores Claudia Rodriguez, Miguel Mancini, Carlos Prospero, Alicia Weyers, Gabriel Alcantú. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las fluctuaciones bacteriológicas, físico-químicas y biológicas del sistema, evaluando la calidad del ambiente para el uso recreacional y el recurso ictícola. Los resultados que arrojó la investigación fueron: Análisis Bacteriológico. Las cargas de microorganismos CT, si bien fueron bajas, mostraron variabilidad según sitios de muestreo y estación del año ($p > 0,10$). Los valores más altos se encontraron en el verano para las tres estaciones muestreadas. Los niveles encontrados para CF y *S. faecalis* fueron inferiores a 1 NMP/100 ml y 1 ufc/ml respectivamente. Análisis Físico Químico. Los parámetros físicos se encontraron dentro de los límites admisibles considerados. La lectura del disco de Secchi nunca superó los 0.35 m, con una transparencia media de 0.29 m, la temperatura media fue de 19.4 °C. A lo largo del año, de los aniones considerados, cloruros, sulfatos y bicarbonatos, los dominantes fueron estos últimos con un valor medio anual de 0.57 g.L^{-1} ,

manteniéndose constantes los dos primeros. Los valores de pH y de OD tuvieron una media anual de 8.3 y 9.6. El promedio obtenido de la relación entre cationes bivalentes/monovalentes $r(\text{Ca}+\text{Mg}/\text{Na}+\text{K})$ fue de 0.13. La relación $r\text{Mg}/\text{Ca}$ si bien presentó variaciones siempre estuvo dentro del límite esperado para estas lagunas, encontrándose un promedio anual de 1.21. Los niveles de Ca siempre fueron superiores a 0.80 mEq.L^{-1} con una media anual de 0.86 mEq.L^{-1} . En verano se observó un aumento de las sales totales (1.23 g.L^{-1}), lo que coincidió con un aumento de los niveles de Na. La dureza total expresada como CaCO_3 reveló una media anual de 88.4 mg.L^{-1} , encontrándose las tasas más altas en invierno. No se detectaron niveles de arsénico ni de nitritos en ninguna de las estaciones evaluadas. Los valores de OD se consideraron normales de acuerdo a la temperatura (22).

En **Ecuador** se encontraron varias investigaciones fueron seleccionadas las siguientes teniendo en cuenta la similitud del objetivo y necesidades planteadas para la presente investigación:

“Caracterización fisicoquímica de la columna de agua en la laguna cube”.

Elaborada por Geovanny Haro, su objetivo fue la caracterización fisicoquímica de la columna de agua en la laguna, a través de la recolección de muestras de agua en ocho estaciones durante los meses de enero y febrero del 2018, arroja como resultados de los parámetros fisicoquímicos en las diferentes estaciones de muestreo de la laguna Cube son: pH 6,74; conductividad eléctrica $94,52 \mu\text{s}$; oxígeno disuelto $5,7 \text{ mg/L}$; temperatura $25,8 \text{ }^\circ\text{C}$; transparencia $1,20 \text{ m}$; turbidez $2,1 \text{ NTU}$; nitratos $0,01 \text{ mg/L}$; fosfatos $0,23 \text{ mg/L}$; dureza total $35,3 \text{ mg/L}$; alcalinidad $108,3 \text{ mg/L}$ (23)

Caracterización fisicoquímica de las aguas de la laguna de Mapaguiña,

provincia de Chimborazo con los siguientes autores Murgueitio, Erika ; Kirby , Eduardo ; Ortega , Marcelo. El objetivo del estudio fue realizar la caracterización físico-química de las aguas de la laguna de Mapaguiña, determinar su índice de calidad de agua (ICA) y analizar las condiciones para preservarla, evitando así su posible contaminación y degradación a futuro, obtuvieron como resultado, el índice de calidad de agua, el cual en el caso de esta laguna es de 80,72 puntos, este valor indica el grado de contaminación del agua para sus diferentes usos,

como son: abastecimiento público, recreación general, pesca, vida acuática, agricultura y navegación, y para este caso corresponde a la categoría “Buena”. El parámetro que tiene mayor incidencia en el valor ICA es el oxígeno disuelto, debido a que tiene una importancia de 5 puntos, mientras que la conductividad se encuentran entre 80 y 100 μ/s , lo cual indica que la laguna es medianamente ionizada. (24)

2.1.1 Descripción geográfica de la Laguna Limpiopungo

La laguna de Limpiopungo es la más famosa y visitada del Parque Nacional Cotopaxi debido a que en los últimos años ha sido considerado como un atractivo turístico por la flora y fauna del entorno, además en sus aguas cristalinas se puede ver reflejado la imagen del volcán Cotopaxi (25).

Se ubica en la provincia de Cotopaxi, en la planicie de Limpios a una altura de 3.8859 metros sobre el nivel del mar, específicamente en las coordenadas: latitud: -0.614704 y longitud: -78.475742, con una profundidad de sus aguas de máxima de 0.65 metros, la superficie puede variar de acuerdo con el régimen de lluvias, prolongándose longitudinalmente entre 400 y 500 metros hacia el sur occidente (15), tiene una extensión aproximada de 200 hectáreas (26), (27).

La laguna está ubicada en el piso climático interandino caracterizado por frío andino, los fenómenos característicos de éste piso son las granizadas, las nevadas que se presentan en las noches de invierno y las heladas en noches de verano. El origen de la laguna se debe a que hace más de 2000 años el área estaba cubierto de gigantescos glaciares, debido al derretimiento del hielo del casquete del volcán entrando en contacto con la lava, actualmente el volumen se ha reducido por los fenómenos de sedimentación, filtración y sobretodo de desviación de sus fuentes hídricas de alimentación (14).

Es una laguna de agua dulce permanente, en las proximidades se aprecian características glaciales pero la laguna no es de origen glacial, también cuenta con extensas áreas de praderas inundadas por el deshielo (28).

El terreno alrededor de la Laguna es cenagoso lo que hace difícil la apreciación de bordes claros, los nidos de algunas especies como los patos se levantan entre las

plantas de totora, permitiendo observar sus vuelos alrededor en busca de alimento, evento que se convierte en un hermoso cuadro que cautiva a los visitantes. (27).

Macro localización

País: Ecuador

Región: Interandina

Provincia: Cotopaxi



Gráfico 1. Macro localización

Fuente: Google Maps (29).

Micro localización

Cantón: Latacunga

Parque Nacional Cotopaxi

Coordenadas: Latitud: -0.614703 | Longitud: -78.475742

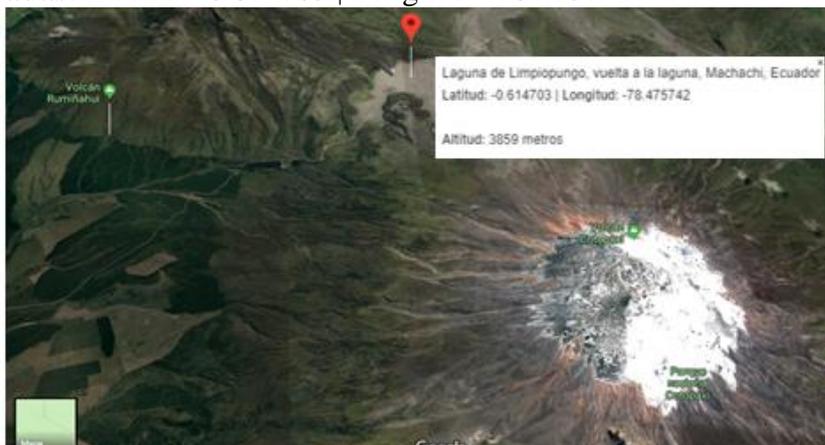


Gráfico 2. Micro localización

Fuente: Google Maps (29).

2.1.2 Tipos de lagunas

Cabe destacar que existe confusión en el empleo de los términos de laguna y lago, por lo que es importante aclarar sus definiciones, una laguna es un cuerpo de agua regularmente dulce y que es de menor tamaño que un lago, mientras que el lago es una masa permanente de agua generalmente dulce, relativamente extensa y más profunda, depositada en una depresión del terreno y sin comunicación inmediata con el mar (30).

Sin embargo, también se considera la profundidad, en los lagos la profundidad puede variar mucho y pueden llegar a ser muy profundos, lo suficiente como para que en un lago haya diferentes estratos de temperatura en el agua, siendo la superficie más cálida y el resto de agua se va enfriando conforme nos acercamos al fondo del lago, por lo contrario las lagunas no tienen distintos estratos de temperatura en sus aguas puesto que no son muy profundas y, por lo tanto, el calor del sol que llega a la superficie de la laguna puede calentar toda el agua que contiene esta (31).

2.1.2.1 Lagunas costeras

Las lagunas costeras se forman en las suaves pendientes costeras donde los arrecifes o las islas de bloqueo pueden florecer lejos de la costa, mientras que el nivel del mar sube paralelamente a la tierra a lo largo de la costa. Las lagunas costeras suelen verse afectadas por la variación en el nivel del mar causado por el calentamiento global (32).

2.1.2.2 Lagunas de origen volcánico

Estas lagunas se forman generalmente en calderas o cráteres volcánicos o cuando los flujos de lava interrumpen el flujo de un río o arroyo. Los lagos volcánicos se forman en los cráteres volcánicos o calderas cuando la tasa de precipitación es mayor que la tasa de pérdida de agua por evaporación o drenaje a través de una salida (33).

2.1.2.3 Lagunas de origen glacial

Las lagunas glaciares se forman a partir de un glaciar derretido. A medida que los glaciares fluyen hacia abajo, la acción erosiva de los glaciares a menudo crea depresiones naturales en el lecho de roca debajo de los glaciares. Cuando los glaciares retroceden como durante el final del último período glacial hace unos 10.000 años, quedaron zonas de hielo en la depresión de la roca de fondo creada por la erosión glacial, una vez que el hielo en estas depresiones se derrite, se crean los lagos glaciares.

La laguna de Limpiopungo se considera una laguna de origen glacial, que tiene una extensión de 200 hectáreas con una profundidad de 0.65 metros y cuenta con una extensión de 200 hectáreas (26) (27).



Gráfico 3. Panorama de la laguna Limpiopungo
Fuente: Google maps (29)

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.2.1 Calidad del agua

Conceptualmente la calidad del agua es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición del estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua (34).

La calidad del agua es un componente esencial que permite determinar el estatus de salud de los seres vivos y la biota en general (35). Depende, además de la adecuada gestión y administración de los recursos hídricos, ya que esto permite conocer el comportamiento y la respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, que permitan el diagnóstico de las características del agua (36). La irresponsabilidad humana, al contaminar fuentes de agua, cauces de ríos, disminuyen la posibilidad de tener agua limpia y pura, la sobrexplotación de los recursos naturales ha provocado desequilibrios ambientales, por lo que las decisiones en relación con la gestión de los recursos hídricos tendrán impacto en el medio ambiente (37).

Actualmente, los problemas de calidad del agua se han convertido en una preocupación importante debido al crecimiento de la población, la expansión urbana y el desarrollo tecnológico. El agua puede contaminarse fácilmente de diferentes maneras a través de prácticas de eliminación no reguladas o reguladas pero no bien diseñadas y monitoreadas. La disponibilidad, la contaminación continúa del agua debido a la eliminación de aguas residuales, desechos industriales y mineros también amenaza con reducir la cantidad disponible de agua utilizable y más y más de nuestros recursos de aguas subterráneas y superficiales, incluidos lagos, estanques y ríos, se clasifican como contaminados (38). La contaminación de los recursos hídricos, causada por diferentes factores lleva a la necesidad de desarrollar e implementar planes de prevención y recuperación de las condiciones ambientales actuales y futuras (39).

Los factores antrópicos han tenido un impacto negativo en el ambiente, estos factores son derivados de las actividades propias de la actividad humana como la contaminación ambiental originada por el manejo irracional de los recursos naturales y de los residuos generados (40). Las actividades antrópicas además generan altas cargas de nutrientes en el agua, lo que crea procesos de eutrofización de las aguas, esto se ha convertido en la actualidad en uno de los problemas ambientales más comunes en lagunas y embalses (41). La eutrofización del agua es el proceso de deterioro de la calidad de ésta, se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, ejerciendo grandes impactos negativos ecológicos, sanitarios y económicos (42). Las aguas

eutróficas generan altos costes de tratamiento, presentan alteraciones en el olor y el sabor del agua, con peligros potenciales para la salud, debido a la presencia de toxinas producidas por las cianobacterias. (43). Las cianobacterias son también conocidas como algas verdes o azules, son fotosintéticas y productoras de oxígeno molecular (44). Son microorganismos que contienen clorofila y otros pigmentos fotosintéticos, capaces de realizar fotosíntesis oxigénica (45).

Lo contrario al agua eutrófica es la oligotrófica, este es un estado que se caracteriza por su baja biomasa fitoplanctónica, una alta transparencia del agua y una limitada concentración de nutrientes y sustancias húmicas. Existen tres principales secuencias de fases o estados tróficas del agua (46).

- Oligotrofia: baja concentración de nutrientes y productividad biológica.
- Mesotrofia: niveles intermedios de nutrientes y productividad.
- Eutrofia: elevada concentración de nutrientes y alta productividad.

Los parámetros para medir y supervisar la eutrofización del agua varían dependiendo de acuerdo a la metodología y estado trófico del agua, siendo generalmente utilizada los siguientes parámetros (47).

Tabla 1. Relación entre niveles tróficos

Estado trófico	Materia orgánica mg/m³	Promedio total de fósforo mg/m³	Máximo de clorofila mg/m³	Profundidad de Secchi
Oligotrófico	Bajo	8.0	4.2	9.9
Mesotrófico	Medio	26.7	16.1	4.2
Eurotrófico	Alto	84.4	42.6	2.45

Fuente: Ongley, E. (1997)

Tabla 2. Factores cuantificables de la trofía en el agua

Elementos	Oligotrófico	Mesotrófico	Eurotrófico
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0 - 0.3	> 0.3 – 2	> 2 - 15
Nitritos (mg/l)	0 - 0.5	> 0.5 – 5	> 5 – 15
Nitratos (mg/l)	0 - 1	> 1 – 5	> 5 – 50

Fósforo total (mg/l)	< 0.01	0.01 – 0.02	> 0.02 – 1
Ortofosfatos (mg/l)	< 0.007	0.007 – 0.01	> 0.01
Densidad fitoplancton (cs./m1)	10 - 50	> 50 – 100	> 100 -10000
Producción neta (g C/m2 año)	20 - 100	> 100 – 300	> 300
Clorofila a (mg/m3)	< 4	4 – 10	> 10
Secchi (m) en baja turbiedad	> 3	1 – 3	< 1
Oxígeno hilopolimnético (%)	> 80	80 – 10	<10

Fuente: Ramírez, A. (2006)

Las características de la eutrofización en el agua son las siguientes (47):

- Aumento de la producción y biomasa: algas y macrofitas.
- Modificación del hábitat.
- Producción de toxinas por determinadas algas.
- Aumento de gastos públicos para controlar el olor y crecimiento de algas.
- Desoxigenación del agua.
- Colmatación y obstrucción de canales de riego.
- Reducción de las posibilidades de utilización del agua para fines recreativos.

2.2.2 Parámetros para evaluar la calidad del agua

La norma INEN 1882:2013 define que el agua natural es aquella proveniente de fuentes naturales, tales como ríos, lagos, manantiales y otros (48). Para la determinación de su calidad se pueden utilizar varios parámetros y técnicas de muestreo para la determinación de la calidad del agua. A nivel nacional se considera la norma ecuatoriana INEN 2176:1998 sobre: Calidad del agua. Muestreo, Técnicas de muestreo, a nivel internacional existe entre otras la ISO 8466-2:2001 Calidad del agua: Calibración y evaluación de métodos analíticos y estimación de características de desempeño.

Los parámetros de la calidad del agua se pueden dividir en 3 dimensiones: parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros biológicos (34). Los parámetros físicos son las características relacionadas a los sentidos del olor, sabor y tacto, también son conocidos como propiedades organolépticas o determinables por los sentidos, sin embargo, no suelen ser una medida precisa del

nivel de contaminación, aunque su presencia es un indicio de que la depuración de un efluente no está siendo correcta (49).

Las técnicas utilizadas para la determinación de los parámetros físicos del agua son:

2.2.3 Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos es un término particularmente para describir las partículas de agua, son suficientes de gran tamaño que no atraviesan el filtro utilizado para separarlas del agua, para el consumo humano es importante considera los sólidos tanto suspendidos con disueltos (50). Los sólidos suspendidos del agua están compuestos de material orgánico e inorgánico, en aguas limpias de manantiales sus contenidos son muy bajos, prácticamente inexistentes, mientras que en aguas turbias alcanzan valores de miles. Los sólidos suspendidos totales incluyen al plancton, minerales de arcilla, arena, limo, coloides agregados, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y otros microorganismos en el agua (51).

El análisis se realiza mediante un filtro de fibra de vidrio, las sustancias que permanecen al evaporar el agua entre 103°C y 105°C (52). Una cantidad excesiva de sólidos suspendidos puede ser peligrosa para los peces y para otras formas de vida acuática por obstrucción de los órganos respiratorios, reducción de la intensidad de la radiación luminosa y modificación de las cadenas alimentarias (53). La Organización Mundial de la Salud estableció un valor de referencia límite aceptable de 1000 mg/l para los sólidos suspendidos totales (54).

2.2.4 Turbiedad

La turbidez se refiere a la claridad del agua. Cuanto mayor es la cantidad total de sólidos suspendidos en el agua, más turbia aparece y mayor es la turbidez medida, la principal fuente de turbidez en la zona de aguas abiertas (55). La turbiedad es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, estas partículas pueden ser algas, sedimentos en suspensión como: arcillas, limos, partículas de sílice y la materia orgánica (56). La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU),

el instrumento usado para su medición es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada, a 90 grados, cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua, es recomendable en agua potable que la turbidez no pase de las 5 NTU (57).

2.2.5 Sabor y olor

Son dos parámetros relacionados entre sí, los factores que alteran el sabor y el olor del agua son los minerales, metales, sales del suelo, productos finales de reacciones biológicas y aguas residuales (34). Los aspectos del sabor y el olor del agua han ayudado a entender de mejor forma las complicaciones de corrosión, como los que causan el aumento de hierro y cobre, y los efectos de las floraciones de cianobacterias en el suministro de agua de origen (58). Sin embargo, el olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades que pueden indicar la existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes del agua de la siguiente manera (59).

Tabla 3. Características de los olores de acuerdo al tipo de agua

Tipo de olor	Tipo de Agua
Inodoro	Típico de aguas dulces y frescas
Olor metálico	Típico de aguas subterráneas
Olor a sulfuro	En general, de sistemas anaeróbicos
Olor vegetal	Típico de aguas poco profundas, de humedales y estuarios.

Fuente: APHA, AWWA, WPCF, (1992)

2.2.6 Temperatura

La temperatura del agua tiene influencia en el desarrollo de la vida acuática, además de las reacciones químicas y velocidades de reacción, el pH, el déficit de oxígeno y otras variables fisicoquímicas. (59) La radiación solar tiene un gran

impacto en la temperatura del agua, en las zonas templadas la temperatura varía ampliamente con el cambio de estaciones, en las zonas tropicales permanece más o menos constante a lo largo del año: siempre fría en las altas montañas y cálida a nivel del mar (60). Además, la temperatura del agua es crítica porque es una condición esencial para los parámetros ambientales, al conocer la temperatura permite conocer las propiedades químicas, biológicas y físicas, así como efectos que causa en la salud del ser humano (61).

La temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua, se puede medir en una escala lineal de grados Centígrados o Fahrenheit. Cada biota tiene rangos de tolerancia de temperatura diferentes, y las variaciones de temperatura influyen sobre la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en el agua y la solubilidad de los gases en el agua (34). Sin embargo, se puede indicar que, a temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano detienen su actividad (59).

2.2.7 Parámetros químicos

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua, por lo que no resultan ser tan fáciles de determinar como los parámetros físicos, para ello se necesita de un laboratorio que realice pruebas específicas (34). Los principales parámetros químicos determinados en el agua son (62):

Tabla 4. Parámetros químicos determinados en el agua

Especies químicas	Importancia en el agua	Métodos de análisis
Aceites y grasas	Indicativo de contaminación industrial o de drenajes ácidos de minas	Gravimetría Valoración
Acidez	Tratamiento del agua, regulación, productividad de las algas	Valoración
Alcalinidad	Tratamiento del agua, regulación	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Amoniaco	Productividad de las algas contaminantes	Espectrofotometría

Bario	Contaminante tóxico	Espectrofotometría, AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Berilio	Contaminante tóxico	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Boro	Toxico para las plantas	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo), Fluorometría
Bromuro	Intrusión de agua de mar, desechos industriales.	Espectrofotometría, potenciometría, cromatografía iónica.
Cadmio	Contaminante tóxico	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Calcio	Dureza, productividad, tratamiento	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo), valoración
Carbono orgánico	Indicador contaminación orgánica	Medición de CO ₂ por oxidación.
Cianuros	Contaminante tóxico	Espectrofotometría, potenciometría, cromatografía iónica
Cloro	Tratamiento de agua salada	Valoración, electroquímico, cromatografía iónica
Cobre	Crecimiento de plantas	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Especies químicas	Importancia en el agua	Métodos de análisis
Demanda de oxígeno (bioquímica, química)	Calidad del agua, contaminación.	Microbiología, valoración, oxidación química.
Dióxido de carbono	Acción bacteriana,	Valoración

	corrosión	
Dureza	Calidad del agua, tratamiento del agua	Valoración, AA (absorción atómica)
Estroncio	Calidad del agua	AA, ICP, fotometría de flama
Fenoles	Contaminación del agua	Destilación, colorimetría
Fosfatos	Productividad de las algas	Espectrofotometría
Fósforo (hidrolizable)	Calidad del agua, contaminación.	Espectrofotometría
Hierro	Calidad del agua	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo) colorimetría
Litio	Contaminación del agua	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo) fotometría de flama
Magnesio	Dureza	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Manganeso	Calidad del agua (manchas)	AA (absorción atómica), ICP (plasma de acoplamiento inductivo)
Mercurio	Contaminante toxico	Absorción atómica sin llama Vapor frío
Metano	Acción bacteriana anaeróbica	Indicador de gas combustible
Nitratos	Productividad de algas tóxicas	Espectrofotometría, cromatografía iónica.
Nitritos	Contaminante toxico	Espectrofotometría, cromatografía iónica.
pH	El pH determina si una sustancia es ácida, neutra o	Valoración in situ, pH-metro.

	básica.	
Oxígeno disuelto	El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios.	Yodométrico o Winkler Electrometría
Sulfatos	Indicador de contaminación	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad	Filtración y desecación
Sulfuro	La concentración de sulfuros da una idea del grado de septización.	Espectrofotometría

Fuente: Manahan, S. (2007); Aznar, A. (2000)

2.2.8 Parámetros microbiológicos

El análisis y monitoreo del agua considerando parámetros microbiológicos permite disminuir los costos y facilita la implementación de medidas eficientes de tratamiento, control y prevención de enfermedades asociadas a su transmisión (46).

La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua son causadas directa e indirectamente por cambios en el medio ambiente y en la población, efectos contaminantes como urbanización no controlada, crecimiento industrial, expansión del sector urbano y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales en las fuentes de agua produce impactos en el recurso hídricos (63). En los últimos años se ha incrementado la contaminación como excretas humanas o animales, rebosamiento de aguas residuales, filtraciones a través del suelo, maleza, vertederos, impregnación por sustancias tóxicas naturales o vertidos de la agricultura o industria en las aguas superficiales que sirven como fuente de abastecimiento, generalmente en países en vías de desarrollo.

Los parámetros microbiológicos que se deben considera son: bacterias aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales y anaerobios sulfito reductores (64).

Tabla 5. Parámetros microbiológicos en la evaluación del agua

Parámetros microbiológicos	Descripción	Método de análisis
Coliformes totales	Su presencia indicaría contaminación de origen fecal.	Tubos Múltiples Siembra en profundidad Métodos del número más probable (NMP) Biología molecular
Coliformes termotolerantes	Proviene de “efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición” (64)	Tubos Múltiples Siembra en profundidad Métodos del número más probable (NMP) Biología molecular
<i>Escherichia coli</i>	Se halla en agua residual, en agua y suelos naturales que han sufrido contaminación. Índice para determinar el grado de potabilidad del agua.	Prueba de Indol Serie de 3 tubos de dilución Método de filtración en membrana
Estreptococo fecal	Indicador de contaminación por heces animales y humanas, con mayor frecuencia <i>Estreptococo faecalis</i> y <i>faecium</i> .	Método de tubos múltiples Prueba presuntiva Prueba confirmativa
Anaerobios sulfito reductores	Son deteriorantes, ya que producen malos olores y, con mucha frecuencia, ennegrecimiento. Pueden proceder de contaminantes como como suelo, sedimentos marinos, vegetación en descomposición, heridas infectadas de hombre y animales. Sus esporas sobreviven en el agua	Método de cultivo

	mucho más tiempo que los organismos del grupo coliforme y son resistentes a la desinfección.	
--	--	--

Fuente: (Gesche1, Vallejos & Saez, 2003)

2.2.9 Plan de monitoreo de la calidad del agua

En base a las guías de la calidad para el agua de la Organización Mundial de Salud se considera esencial para el análisis de la calidad aplicar una metodología desde el plan de monitoreo que incluye la toma de muestras, la lista de parámetros a medirse, la frecuencia, los lugares de medición y los métodos de análisis de tipo cualitativo o cuantitativo (65). El monitoreo implica el seguimiento de las características composicionales del agua, además de la actualización de los datos (66). El plan de monitoreo debe tener los siguientes parámetros:

- Ubicación y frecuencia de la toma de muestras;
- Parámetros que deben ser controlados;
- Métodos y equipos de toma de muestras o evaluación;
- Calendarios de toma de muestras o evaluación;
- Toma de muestras in situ;
- Métodos para garantizar la calidad de los resultados y validarlos;
- Responsabilidades y aptitudes del personal;
- Documentación y la gestión de archivos;
- Presentación de informes y resultados.

2.2.10 Muestreo

La norma ecuatoriana INEN 2 226:2000: Calidad del agua, muestreo, diseño de los programas de muestreo da especificaciones sobre los principios generales a ser aplicados en el diseño de los programas de muestreo para el control de la calidad, caracterización de la calidad e identificación de las fuentes de contaminación en el agua (67). Para ello se tienen las siguientes recomendaciones al momento de realizar el muestreo:

- Las muestras deben ser lo más representativas de lo que va a ser caracterizado y se deben tomarse todas las precauciones para asegurar que las muestras no sufran ningún cambio en el intervalo entre el muestreo y el análisis.
- Se debe considerar los cambios de temperatura que ocurren en los sistemas de muestreo, ya que la variación de períodos cortos o largos en la temperatura puede causar cambios en la naturaleza de la muestra que alteren los análisis.
- Con respecto al lugar del muestreo en lagos y lagunas este debe realizarse en todos los puntos y profundidades disponibles de ingreso y salida, debido a que el cuerpo del agua puede estar termalmente estratificado y producir diferencias significativas de calidad entre diferentes profundidades.
- Los programas de control de calidad involucran el control de la concentración de uno o más parámetros dentro de límites definidos.
- La recolección de las muestras depende de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y de los objetivos del estudio (68).

2.2.11 Frecuencia del muestreo

La frecuencia en el muestreo está relacionada con la propia naturaleza de la fuente de agua, es decir que en la medida del cuerpo de agua sea poco cambiante o estable el número de muestras requeridas para conocer su calidad a lo largo del tiempo resulta menor. Por consiguiente, es necesario contar con datos históricos sobre el cuerpo de agua en estudio, los perfiles de altura, el volumen transportado y los datos de calidad existentes, si no existen estudios previos la frecuencia de muestreo se establece en función únicamente del tiempo disponible para la realización del estudio (68).

2.2.12 Métodos de muestreo

- Muestreo manual: en la toma de muestras de forma manual no se utiliza equipo alguno o en caso de ser necesario dicho equipo resulta mínimo, este procedimiento puede ser demasiado costoso en tiempo y dinero, así

como de manejo o cuando se emplea en programas de toma rutinaria de muestras o en muestreos a gran escala.

- Muestreo automático: mediante este método se pueden eliminar los errores humanos inherentes a la toma de muestras, se reducen los costos y se posibilita la toma de muestras con mayor frecuencia, por lo que su uso está cada vez más extendido. Para ello se emplea aparatos automáticos de toma de muestras que se programan de acuerdo con las necesidades específicas de dicha toma (68).

2.2.13 Envases de las muestras

El tipo de envase a utilizar para recoger la muestra es de suma importancia, en general los envases están hechos de vidrio o plástico dependiendo el uso, por ejemplo, la sílice y el sodio pueden lixivarse en el vidrio, pero no en el plástico, y los metales pueden dejar residuos adsorbidos en las paredes de los envases de vidrio. Para ello se recomienda que para muestras que contienen compuestos orgánicos, resulta conveniente evitar los envases plásticos, utilizar los de vidrio o los fabricados con politetrafluoretileno.

Para muestras que contienen compuestos orgánicos volátiles, semivolátiles, plaguicidas, aceites y grasas, es preferible la utilización de envases de vidrio, ya que los envases de plástico pueden resultar porosos para este tipo de compuestos. Antes de coleccionar la muestra es necesario purgar el recipiente dos o tres veces, a menos que contenga agentes preservativos (69).

Tabla 6. Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras del agua superficial

Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (mililitros)	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Acidez	P, V	100 ml	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P, V	200 ml	Refrigerar	14 d
Boro	P, V	100 ml	No requiere	6 meses

Bromuro	P, V	100 ml	No requiere	28 d
Carbono orgánico total	P, V	100 ml	Análisis inmediato; o refrigerar y agregar ácido tetraoxofosfórico, hasta pH < 2	28 d
Cianuro total	P, V	500 ml	Agregar hidróxido de sodio hasta pH < 12, refrigerar en la oscuridad	14 d
Cianuro clorable	P, V	500 ml	Agregar 100 mg tiosulfato de sodio/L	14 d
Cloro residual	P, V	500 ml	Análisis inmediato	0.5 h/ inmediato
Clorofila	P, V	500 ml	30 días en oscuridad	30 d
Cloruro	P, V	50 ml	No requiere	28 d
Color	P, V	500 ml	Refrigerar	48 h
Nota: P(A) o V(A)= Plástico (polietileno o equivalente) o vidrio, enjuagado con ácido trioxonítrico; V(S)= Vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.				

Fuente: Pabello, Alva, Bernal, Arteaga, (2011)

2.2.14 Compuestos orgánicos

Tabla 7 Muestreo de compuestos orgánicos

Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (mililitros)	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Plaguicidas	P,V	1000 ml	Refrigerar: agregar 1000 mg ácido ascórbico	7 días hasta la extracción
Fenoles	P,V	500 ml	Refrigerar: agregar ácido tetraoxosulfúrico	40 días después de

			hasta pH < 2	extraer
Demanda biológica de oxígeno	P,V	500 ml	Refrigerar	48 h
Demanda química de oxígeno	P,V	100 ml	Analizar lo más pronto posible, o agregar ácido tetraoxosulfúrico hasta pH < 2. refrigerar	28 d
Conductividad	P,V	500 ml	Refrigerar	28 d
Dióxido de carbono	P,V	100 ml	Análisis inmediato	-
Dióxido de cloro	P,V	500 ml	Análisis inmediato	-
Fluoruro	P	300 ml	No requiere	28 d
Fosfato	V(A)	100 ml	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente, refrigerar	48 h
Grasas y aceites	V boca ancha	1000 ml	Agregar ácido clorhídrico hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Metales en general	P(A), V(A)	500 ml	Filtrar, agregar ácido nítrico hasta pH < 2 - 3	6 meses
Cromo VI	P(A), V(A)	300 ml	Refrigerar	24 h
Cobre, colorimetría	P(A), V(A)	500 ml	Agregar ácido nítrico hasta pH < 2,4 °C, refrigerar	28 d
Mercurio	P(A), V(A)	500 ml	Agregar ácido nítrico hasta pH < 2,4 °C, refrigerar	28 d
Amoniaco	P,V	500 ml	Agregar ácido sulfúrico hasta pH < 2, refrigerar	28 d

ONitrato	P, V	100 ml	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitrato + nitrito	P, V	200 ml	Agregar ácido sulfúrico hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (mililitros)	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Nitrito	P, V	500 ml	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 d
Olor	V	500 ml	Analizar lo más pronto posible	-
Electrodo	V	300 ml	Analizar inmediatamente	-
Winkler	V	300 ml	Puede retrasarse la titulación después de la acidificación	8 h
Ozono	-	-	Análisis inmediato	-
Ph	-	-	Análisis inmediato	-
Sabor	-	500 ml	Análisis inmediato	-
Salinidad	V, sello de cera	240	Análisis de inmediato o usar sello de cera	-
Sílica	P	200 ml	Refrigerar, no congelar	28 d
Sólidos	P, V	200 ml	Refrigerar	2-7 d
Sulfatos	P, V	100 ml	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	10 ml	Refrigerar	7 d
Temperatura	P, V	-	Análisis inmediato	-
Turbidez	P, V	100 A	Analizar el mismo día. Para más de 24 h guardar en	48 h

			obscuridad; refrigerar	
Yodo	P, V	500 ml	Análisis inmediato	-
Nota: P(A) o V(A)= Plástico (polietileno o equivalente) o vidrio, enjuagado con ácido trioxonítrico; V(S)= Vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.				

Fuente: Pabello, Alva, Bernal, Arteaga, (2011)

2.2.15 Cantidad de muestra

El volumen para el análisis físico químico fue de 1 litro en un galón estéril; mientras que para el análisis microbiológico fue de 500 ml en un recipiente de boca ancha, utilizando para este último proceso 1 ml. (68).

El volumen para el análisis físico químico fue de 100ml en un litro en un galon esteril y para el análisis microbiológico fue de 500ml en un recipiente de boca ancha, y para su proceso se utilizó 1ml

No debe usarse la misma muestra para estudios químicos, bacteriológicos y microscópicos, ya que los métodos de toma y manipulación son distintos.

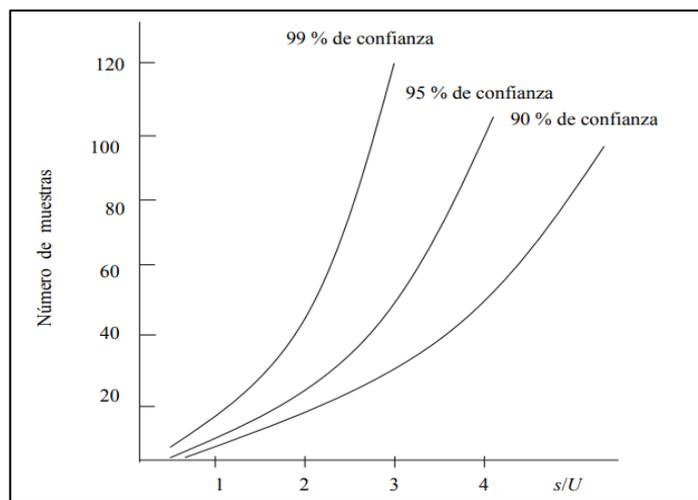


Gráfico 4 Número aproximado de muestras requeridas para estimar una concentración media.

Fuente: (68)

2.2.16 Azar y variaciones sistemáticas de la calidad del agua

Las variaciones debidas al azar, normalmente, tienen una distribución normal o logarítmica. Las variaciones sistemáticas pueden ser tendencias o variaciones cíclicas y pueden producirse, conjuntamente las dos variaciones. La naturaleza de la variabilidad puede ser diferente para cada parámetro en una misma agua (67).

El intervalo de confianza L de la media de n resultados; a un determinado nivel de confianza, está dado por:

$$L = \frac{2k\sigma}{\sqrt{n}}$$

Tabla 8. Nivel de confianza de la muestra

Nivel de confianza %	99	98	95	90	80	68	50
Valor k	2.58	2.33	1.96	1.64	1.20	1.00	0.67

Fuente: Normas INEN 2 226:2000

2.2.17 Equipos utilizados para la medición de la calidad del agua

Se recomienda la medición de parámetros físicos, químicos y biológicos tales como la temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH, la turbidez y coliformes utilizando equipos portátiles de fácil y simple manejo (70).

Tabla 9 Ejemplo equipos utilizados en la investigación para determinar la calidad del agua

Parámetro	Sitio	Equipo / Sensor	Calibración
pH y temperatura	In situ	HORIBA D-14	Buffer SB116 pH 10.00 Certified SRM 191c (Trazabilidad NIST) (70).
Oxígeno disuelto	In situ	METTLER TOLEDO SevenGo Pro	Oxígeno Ambiental (70).
pH	Laboratorio	METTLER TOLEDO Seven	Buffer SB116 pH 10.00 Certified SRM 191c (Trazabilidad NIST)

		Compact	(70).
Oxígeno disuelto	Laboratorio	HANNA HI 2400	Oxígeno Ambiental (70).
Turbiedad	Laboratorio	HANNA HI 93703	Agua Destilada Tipo 2 (70).
Nutrientes	Laboratorio	HACH DR 5000	HACH TNT Plus 821, 822, 830, 832, 843 (verificación) (70).
Coliformes fecales	Laboratorio	Placas petrifilm	Pretrifilm 3M para recuento de coliformes (70).

Fuente: Coello, Julio; Ormaza, Rosa; Déley, Ángel; Recalde, Celso; Rios, Anita (2013), (70).

2.2.18 Métodos de análisis de la calidad del agua

2.2.18.1 Profundidad de Secchi

La determinación de la calidad del agua mediante la profundidad de Secchi, es un método que permite determinar la claridad del agua medida como la visibilidad del disco de Secchi, se utiliza para el monitoreo de la calidad del agua, en vez de la más tradicional medición de concentración de sólidos suspendidos o turbidez, la claridad del agua ha demostrado ser más precisa que la medición de turbidez (71).

El procedimiento para determinar la profundidad de Secchi se efectúa mediante un dispositivo muy sencillo: un disco de metal o plástico, de 30 cm de diámetro, barnizado de blanco y con un agujero central para facilitar su inmersión en el agua (72).

2.2.18.2 Índices de calidad de agua (ICA)

Índices de calidad de agua (ICA) “es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua” (73). Es una herramienta estadística para estimar la calidad del agua (74).

Para determinar el ICA se siguen tres pasos, el primer paso es asignar a cada parámetro un peso específico (W_i) de acuerdo con su importancia en la calidad del agua. El valor de W_i es utilizado en una escala de uno a cuatro (1 a 4) siendo utilizado el orden ascendente en nivel de importancia de cada parámetro, al parámetro más importante se le asignó el número 4 y al de menor importancia el número 1.

Para asignar el valor P_i , se asigna un valor entre 1 a 2, en donde el número 1 fue para los rangos deseables de calidad y, el número 2, para los parámetros que se encontraban fuera de los rangos deseables o límites establecidos. Los valores W_i y P_i sirven para calcular el Índice de Calidad del Agua mediante la fórmula:

$$ICA = \sum \frac{W_i P_i}{P_i} (K)$$

Dónde:

ICA = Índice de Calidad de Agua

W_i = Peso específico asignado a cada variable (1 al 4) (1 menor importancia y 4 mayor importancia)

P_i = Valor asignado a cada variable de acuerdo con los resultados previos; dentro o fuera del rango deseable (1-2)

K = Es una constante, rango entre 0.5, 0.75 y 1.0 asignadas de acuerdo a las condiciones de turbiedad que se observaron en el agua al momento de obtener la muestra. El valor de 1.0 correspondió a un agua clara sin evidencia de problemas de contaminación, el valor de 0.5 en el muestreo cuando se observaron las peores condiciones de contaminación (74).

Después de realizar la ecuación los resultados obtenidos se pueden analizar de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla 10. Rangos para evaluar los resultados del Índice de Calidad de Agua

Resultados del análisis	Calidad del ICA
De 1.3 a 1.8	Malo
De 1.9 a 2.4	Regular
De 2.5 a 2.8	Bueno
De 2.9 a 3.3	Excelente

Fuente: Rubio, Héctor; Carlos, Roberto; Quintana, Rey; Saucedo, Rubén (2014)

2.2.18.3 Índice UWQI (Universal Water Quality Index)

Este índice se desarrolla con la finalidad de identificar la calidad de agua usada para el consumo humano (73).

La ecuación de la UWQI (75):

$$UWQI = \sum_{t=1}^n W_i I_i$$

En donde:

W_i es el peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro (73)

I_i es el subíndice del i-ésimo parámetro (73).

Considerando seis variables básicas para la determinación del Índice de calidad de Agua: 1 estado oxígeno disuelto, 2 demanda química de oxígeno –DQO–, 3 conductividad eléctrica –CE–, 4 sólidos suspendidos totales –SST–, 5 pH y 6 relación nitrógeno total / fosforo total) (73)

Los valores del Índice de Calidad del Agua comprenden una escala de cero a uno, en cinco categorías: (73)

- Muy mala, entre 0.00 y 0.25 (se representan con un color rojo) (73)
- Mala, entre 0.26 y 0.50 (color naranja) (73)
- Regular, entre 0.51 y 0.70, (color amarillo) (73)
- Aceptable, entre 0.71 y 0.90 (color verde) (73)

- Buena, entre 0.91 y 1.00 (color azul) (73)

2.2.18.4 ICA (Índice de calidad de agua) de la NSF (National Science Foundation)

Es la fórmula establecida por la NSF National Science Foundation (Fundación Nacional para la Ciencia en español) esta una organización estadounidense de pruebas, inspección y certificación de productos, desarrollaron una ecuación para determinar la calidad el agua (5).

$$ICA = \frac{\sum(C_i \times P_i)}{\sum P_i}$$

En donde:

ICA= Índice de calidad del agua

C_i : valores asignados de cada parámetro

P_i : es el peso relativo asignado a cada parámetro

Considerando que a mayor importancia mayor será el peso asignado para cada parámetro.

Tabla 11. Índice ICA NSF

Calidad	Rango	Escala de color
Excelente	91 – 100	Azul
Bueno	71 – 90	Verde
Media	51 – 70	Amarillo
Mala	26 – 50	Naranja
Muy mala	0 – 25	Rojo

Fuente: NSF National Science Foundation

Parámetros de la ICA (Índice de calidad de agua) de la NSF (National Science Foundation)

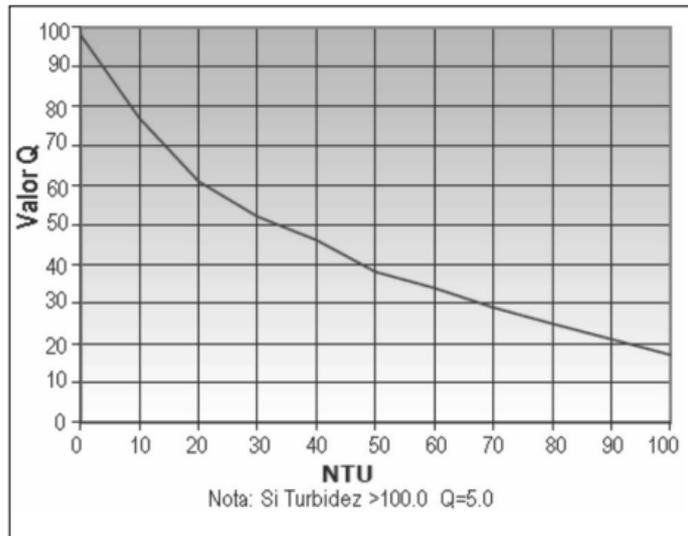


Gráfico 5. Curva de la relación calidad NTU (Unidad nefelométrica de turbidez)
Fuente: Samboni, Natalia; Carvajal, Yesid; Escobar, Juan, (2007)

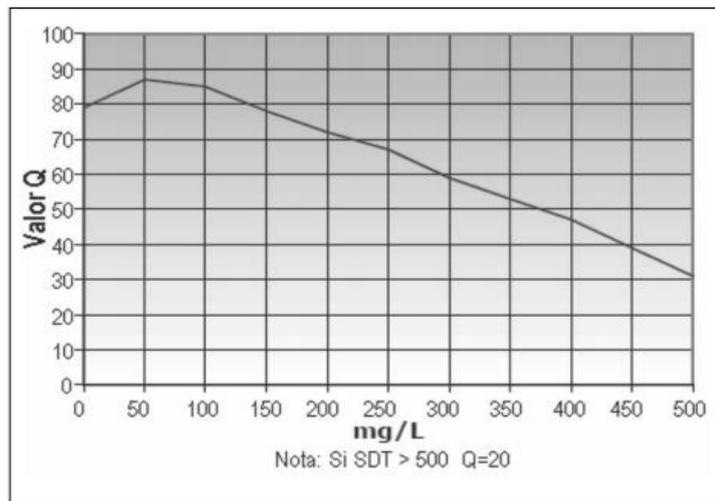


Gráfico 6. Curva relación calidad Solidos Disueltos Totales SDT
Fuente: Samboni, Natalia; Carvajal, Yesid; Escobar, Juan, (2007)

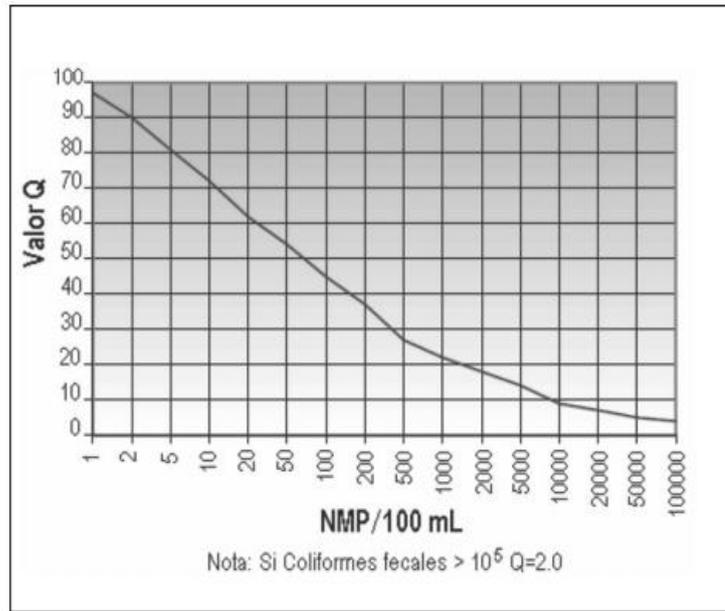


Gráfico 7. Curva de la relación coliformes fecales con la calidad
Fuente: Samboni, Natalia; Carvajal, Yesid; Escobar, Juan, (2007)

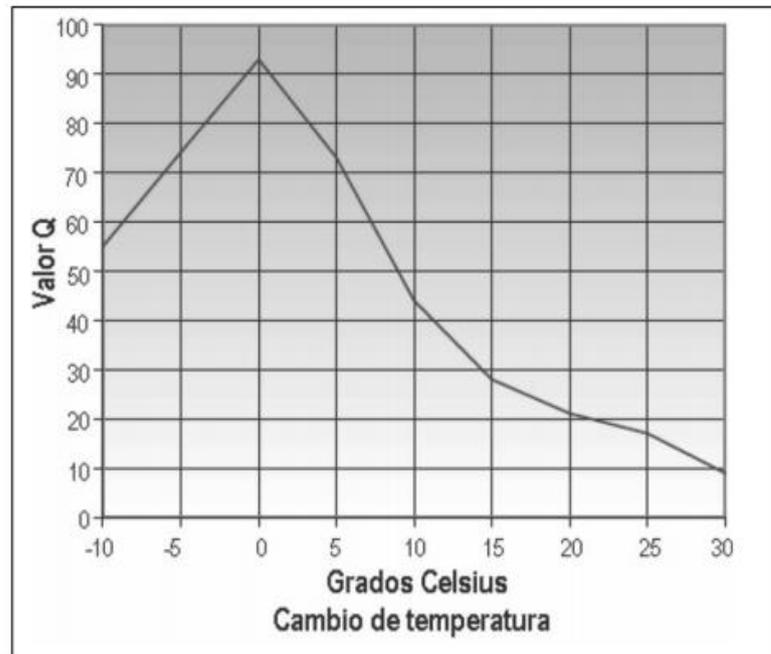


Gráfico 8 Curva relación calidad con pH
Fuente: Samboni, Natalia; Carvajal, Yesid; Escobar, Juan, (2007)

2.2.19 Metodología

En base a la metodología seguida por la mayoría de las investigaciones sobre la calidad del agua de vida, se ha determinado los siguientes procesos:

1. Selección de puntos de monitoreo

Se define la macro localización y la micro locación para identificar los puntos de toma de muestras representativos del área (5).

2. Selección de parámetros o variables

Se puede considerar n parámetros: físico, químicos y biológicos, sin embargo, la elección depende en gran medida del criterio de los expertos o investigadores, como también de la información existente, los criterios de tiempo, localización y su importancia como estándar de calidad (76).

3. Muestreo

Corresponde al aspecto más relevante de este proyectos investigativo, debido a la importancia de conservar en su totalidad las concentraciones y evitando cambios en la composición de sus elementos, con la finalidad de obtener resultados exactos durante el análisis (77).

4. Toma de muestras

Se debe cumplir los siguientes procesos (77):

Desplazamiento hasta el sitio del muestreo;

Registro de campo;

Toma de las Muestras;

Medición de las variables de campo y Registro (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, etc.);

Llenado de los recipientes;

Preservación;

Etiquetado;

Sellado de las muestras.

5. Análisis de datos

Se utiliza los índices de calidad del agua o indicadores de acuerdo a los parámetros establecidos para medir la calidad, considerando que se genere una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos contaminantes (76).

6. Redacción del informe final

Es esencial asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el informe final para ello el proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis debe incluir todas las actividades de seguimiento y monitoreo de las condiciones.

2.3.HIPÓTESIS

Hipótesis alterna (H1): La Laguna de Limpiopungo, por su caracterización fisicoquímica y bacteriológica figura como un recurso hídrico de calidad apto para el consumo humano y para los cultivos agrícolas.

Hipótesis nula (Ho): La Laguna de Limpiopungo, por su caracterización fisicoquímica y bacteriológica no figura como un recurso hídrico de calidad apto para el consumo humano y para los cultivos agrícolas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque cuantitativo fue usado para medir parámetros físico-químicos obteniendo datos concretos, estas cifras permitieron conocer el índice de calidad del agua, la cuantificación de las colonias de bacterias existentes en un mililitro de agua de la Laguna Limpiopungo se encontró con el uso de Petrifil, las muestras fueron tomadas por cuatro ocasiones dos veces (mañana y tarde) en seis diferentes lugares.

Para la identificación de bacterias de importancia sanitaria en las muestras se realizó cultivos en agares diferenciales utilizando agentes cromógenos o enriquecidos que permitieron evidenciar una variación de la coloración, lo que hace que la investigación también sea cualitativa.

MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación de campo La investigación se desarrolló en laguna de Limpiopungo tomando las 4 muestras, en los 6 puntos establecidos (6 en la mañana, 6 en la tarde), fueron trasladadas en envases adecuados, analizadas en los laboratorios de microbiología de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA).

Investigación documental: Durante el proceso de desarrollo teórico y práctico fue necesario el uso de bibliografía obtenida de artículos científicos, páginas web, libros, lo que permitió la fundamentación del presente trabajo de investigación.

Investigación Experimental: Debido a que el procesamiento de las muestras se realizó dentro de los laboratorios de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, en esta institución se llevaron a cabo los análisis de las pruebas físico-químicas, para el análisis microbiológico se llevaron las muestras a los laboratorios de la Facultad Ciencias de la Salud Campus Querochaca, siempre manteniéndolas en frascos adecuados como manda las normas de recolección y transporte.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Exploratoria: Debido a que se realiza una indagación en el área establecida para la toma de muestras permitiendo un análisis con calidad dirigido exactamente al agua de la Laguna de Limpiopungo.

Investigación Descriptiva: Permite describir con detalles la calidad del agua a través de la evaluación de muestras tratándolas de tal forma que no se modifique las variables que intervienen en el desarrollo de la investigación.

3.3 SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO

Campo: Microbiología

Área: Bacteriología.

Aspecto: Parámetros físico – químicos y bacteriológicos

Objetivo de estudio: Análisis físico-químico y bacteriológico del Agua de la Laguna de Limpiopungo.

Delimitación espacial: Laguna de Limpiopungo de la zona central de Ecuador.

- **Provincia:** Cotopaxi
- **Cantón:** Cotopaxi
- **Parroquia:** Parque Nacional Cotopaxi
- **Longitud:** 78.475742
- **Latitud:** -0.614704
- **Altitud:** 3.324 m.s.n.m

- **Temperatura Normal:** 12 a 15 °C

Extensión: 200 hectáreas.

Delimitación temporal: Las muestras fueron recolectadas en los meses de noviembre y diciembre, las pruebas de identificación se extendieron hasta el mes de enero.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Universo: Agua de la Laguna de Limpiopungo de la zona central del Ecuador

Muestra: Treinta y Seis muestras de agua de la Laguna de Limpiopungo de la Zona central del Ecuador.

Puntos de toma de muestra:

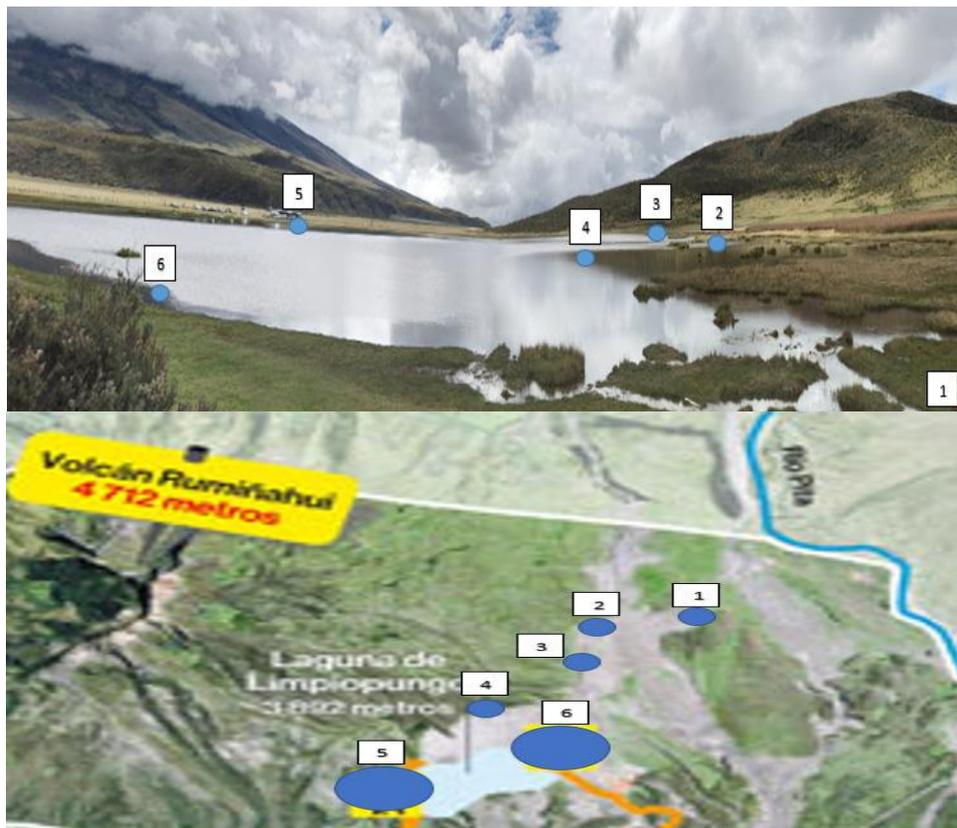


Gráfico 9. Puntos establecidos para toma de muestras de la Laguna de Limpiopungo

Fuente: Serrano P. (22)

Tabla 12. Muestras de la Laguna de Limpiopungo

P	REFERENCIA	ALTITUD msnm	COORDENADAS	ENTORNO	PROFUNDIDAD	HORA (meses noviembre y enero)
1	Nor-oeste	3853	2 metros desde la orilla	Tras afluente de agua de Rumiñahui, suelo con presencia de humedales	2 metros	Toma 1 7:30 am Toma 2 16:00 pm
2	Nor-oeste	3854	2 metros desde la orilla	Suelo con presencia de humedales	2 metros	Toma 1 7:45 am Toma 2 16:15 pm
3	Nor-este	3851	2 metros desde la orilla	Suelo pantanoso	2 metros	Toma 1 8:00 am Toma 2 16:30 pm
4	Sur-Este	3850	2 metros desde la orilla	Suelo con presencia de mucha humedad	2 metros	Toma 1 8:15 am Toma 2 16:45 pm
5	Sur	3840	2 metros desde la orilla	Suelo pantanoso a 100m del parqueadero	2 metros	Toma 1 8:30 am Toma 2 17:00 pm
6	Sur-este	3853	2 metros desde la orilla	Entrada a 10 metros de la entrada al sendero	2 metros	Toma 1 8:45 am Toma 2 17:15 pm

Elaborado por: Brito (2019)

Tamaño de muestra

Se obtuvieron cuatro muestras se tomaron una cada 15 días (una en la mañana y una en la tarde), en seis puntos específicos que se pueden identificar en el gráfico 2, el tiempo de traslado de un punto a otro fue de aproximadamente 15 minutos en promedio, el volumen de agua de cada muestreo fue de 1.500 ml.

El análisis físico-químico se necesitó de 100 ml y para análisis bacteriológico 250 a 300 ml utilizando frascos de boca ancha para este último.

3.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Las muestras tomadas deben cumplir con los estándares de INEN (Nte INEN 2169:2013): Recolección adecuada: tomar el agua haciendo círculos sumergir el frasco y llenarlo completamente, rotulación adecuada y evitar agitación en el traslado, utilizar frasco establecidos dentro de la norma INEN 2169:2013, evitar modificaciones o variaciones de la muestra.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Muestras que no cumplan con lo establecido en la norma INEN 2169:2013 refiriéndose a: la recolección, traslado y mantenimiento.

- Muestras que hayan sido contaminadas, es decir que haya absorbido constituyentes a ser determinados, “como metales pesados o radio nucleídos por aplicación de métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra” (48)
- Muestras que hayan sido recolectadas en recipientes no tratados de forma adecuada (el recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada) haciendo a la muestra reaccionar con ciertos constituyentes. (48)
- Muestras que no se encuentren rotuladas de forma adecuada
- Muestras que durante la recolección no se haya llenado por completo los envases.
- Muestras que durante el proceso de traslado haya sufrido algún tipo de ruptura en el envase permitiendo su contaminación.

3.6 PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

3.6.1 TOMA DE MUESTRAS DE LA LAGUNA

Los procedimientos de muestreo, manejo y conservación de agua esta normado por el INEN según Norma Técnica :Nte INEN 2169:2013 (78), en la investigación se aplicó rigurosamente cada literal, para el análisis físico-químico dentro de las

normas menciona que el frasco o recipiente en el cual se portara las muestras deberá ser lavado como paso inicial evitando de esta forma todo tipo de contaminación existente en el mismo y que pueda alterar los resultados de las muestras, posteriormente se llenaron totalmente los frascos, evitando el aire dentro del mismo y por ende la variación del pH, se rotulo de forma adecuada para facilitar la identificación utilizando: nombre de quien realizo la rotulación, fecha y hora.

En cuanto a los análisis bacteriológicos la muestra se tomó de seis puntos específicos a lo largo y ancho de la Laguna de Limpiopungo, a una profundidad de 2 metros y una distancia desde la orilla de 2 metros en cada uno de los puntos, se realizaron cuatro tomas en diferentes fechas, una en la mañana de 7:30 a 9:00 y otra en la tarde de 16:00 a 17:30, tomando un tiempo de 15 minutos más o menos en llegar de un punto a otro. Tomando en cuenta las normas INEN el agua fue recolectada en frascos de boca ancha con tapas herméticas, se detalla a continuación el proceso utilizado.

1. El recipiente ingresó a una profundidad de 2 metros
2. Se recolecto la muestra con un movimiento semicircular, llenando en su totalidad el frasco.
3. La rotulación se realizó con la hora y fecha exacta, para luego introducir en el cooler para posterior transporte.
4. El horario de recolección en la mañana fue de 7:30 am a 9:00 am y en la tarde de 16:00 a 17:30, en el mismo día, las muestras fueron obtenidas en los seis puntos en los cuatro muestreos

3.7 PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS

3.7.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, que corresponden al análisis físico-químico se evaluaron individualmente en el lugar de cada toma (seis puntos) con la ayuda del equipo portátil multifuncional Hanna. En cuanto a los iones: cloruro, nitrato, nitrito y turbidez,

los muestreos de los seis puntos en un volumen total de 200 ml, para trasportar hasta la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA en donde se utilizó el espectrofotómetro HASH, para los análisis correspondientes.

3.8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

3.8.1. CUANTIFICACIÓN

MÉTODO PETRIFILM

Las pruebas microbiológicas se realizaron con el uso de las placas 3M petrifilm, debido a la rapidez de resultados y por ser amigable con el medioambiente. El 3M Petrifilm™ es fabricado por la División de Seguridad Alimentaria de 3M Corporation, consta de dos film, superior e inferior, el superior está protegido por un plástico adhesivo, un indicador y gel soluble en agua fría, mientras que el inferior es un papel con cuadrículas protegido igualmente por un plástico adhesivo, un gel soluble en agua fría y a diferencia del superior este contiene nutrientes (79).



Gráfico 10 Diseño placa Petrifilm TM

Fuente: 3M (2008)

El recuento de bacterias aerobias se realizó con la placa 3M Petrifilm™, *E. coli* y coliformes utilizando el método del fabricante.

- La placa 3M Petrifilm™ se ubicó sobre una superficie plana.
- Se levantó el film superior.

- Se puso 1 ml de la muestra integrada con la ayuda de una pipeta ubicada en forma perpendicular a la placa 3M Petrifilm™ justo en el centro.
- Protegemos la muestra con el film superior, evitando la formación de burbujas.
- Posteriormente el aplicador de alta Sensibilidad fue colocado en el film superior, centrado sobre el inóculo, con la cara rebajada hacia abajo (79).
- La muestra fue distribuida aplicando ligera presión sobre el mango del aplicador, esperar de 2 a 5 minutos a que solidifique el gel (79).
- Las placas Petrifilm fueron incubadas colocadas caras arriba (79).
- Para cada bacteria el tiempo y la temperatura de incubación es diferente (79).

Tabla 13 Tiempo de incubación por bacteria

BACTERIA	TEMPERATURA	TIEMPO
Aerobios	30°C	72 horas
E. coli	35°C	24 horas
Coliformes totales	35°C	48horas

- La lectura de placas Petrifilm se realizaron con el contador de colonias con luz directa, los resultados fueron reportados en UFC/ml.
- Las colonias fueron aisladas para identificarlas siendo necesario levantar el film superior.

3.8.2. LECTURA DE LAS PLACAS PETRI FILM

Los rangos utilizados para el conteo de colonias UFC en Aerobios Mesófilos en una Placa Petrifilm AC está entre 25-250 colonias; para el caso de E. coli y Coliformes es de 15 a 150 colonias (79).

Tabla 14: Límites permisibles UFC

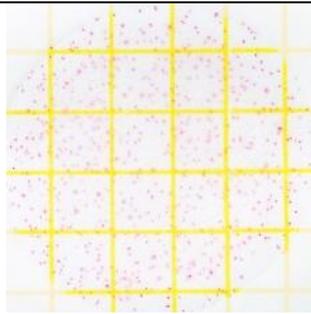
MICROORGANISMOS	RANGO (UFC)
Coliformes	0
<i>E. coli</i>	0
Aerobios mesófilos	= ó >200

Fuente: Fuentes et al, (2003); Dirección General de Salud Ambiental (2010)

3.8.2.1. RECUESTO PARA AEROBIOS

El uso Placas Petrifilm que contiene nutrientes del Agar Standard Methods que contienen agentes gelificantes con tinte rojo que actúa como indicador para el recuento de las colonias.

Tabla 15. Inserto de Recuentos de Aerobios

RECUESTO PARA AEROBIOS AC	
<p>El tinte indicador rojo que se encuentra en la placa colorea las colonias para su mejor identificación. Se contó todas las colonias rojas sin importar su tamaño o la intensidad del tono rojo.</p> <p>Cuando el conteo total es mayor que 250 bacterias aerobias, por su excesivo crecimiento, los recuentos deben ser estimados. Se determinó el promedio de colonias en un cuadrado estableciendo un conteo aproximado, contando solo en un cuadrante y multiplicar el valor por 20. (33 X 20 = 660)</p>	

Fuente: 3M (2018)

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

3.8.2.2. RECUESTO PARA *E. coli* Y COLIFORMES TOTALES

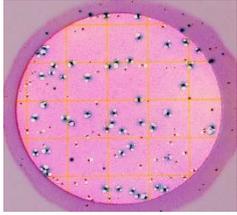
“Las Placas Petrifilm para el Recuento de *E. coli* y Coliformes Totales contienen Bilis Rojo Violeta (VRB) un agente solidificante que indica la actividad Glucuronidasa y un tinte que facilita el conteo de las colonias” (79).

“Un 97% de las colonias hace que forme un precipitado de color azul que se asocia a la colonia debido a que la *E. coli* producen beta Glucuronidasa” (79).

“Estas atrapan el gas que es producido por la fermentación de la lactosa por parte de los Coliformes y *E. coli*. Alrededor del 95% de las *E. coli* producen

gas, estas se representan por colonias entre azules y rojo azuladas debido al gas atrapado en la Placa Petrifilm EC” (79)

Tabla 16. Inserto para Recuento de *E. Coli* y Coliformes Totales

RECuento PARA <i>E. coli</i> Y COLIFORMES TOTALES		
Este método es certificado por la AOAC.	<p>Conteo de <i>E. coli</i> = 14 colonias azules con gas</p> <p>Conteo de Coliformes Totales = 654 colonias rojas y azules con gas.</p>	

Fuente: 3M (2018)

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

3.8.3. AISLAMIENTO

- El área debe estar estéril para la siembra
- Se toma una colonia de la placas 3M PTRIFILM

Siembra en agar MacConkey

Cuatro Cuadrantes.- El uso de MacConkey permitio aislar los aerobios y anaerobios facultativos y bacilos gram negativos, facilitando la diferenciación de bacterias que fermenta o no la lactosa (80).

Fundamento

El crecimiento bacteriano se desarrolla gracias a la peptona, los inhibidores de la flora gram positiva se conforman por el cristal violeta, la lactosa y las sales biliaris (80).

Interpretación de los resultados en agar MacConkey

El comportamiento del pH emite un color rosado en el momento que la lactosa esta fermentada permitiendo evidenciar colonias pequeñas de bordes irregulares, mientras que las bacterias que no fermentan lactosa son incoloras, se incubo a 37° en un lapso de 18 a 24 horas para verificar crecimiento, una vez obtenido la colonia se procedió a la identificación en pruebas bioquímicas preparándolas en un área estéril, se cembro una colonia del agar MacConkey en el siguiente orden (80).

- **Citrato:** (Tiene la capacidad de utilizar el citrato como única fuente de carbono).
 - ✓ Se sembró con una aguja, se flameo en el mechero hasta el rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey e introdujo el asa en el medio de 3 a 5 mm del fondo del tubo elevando el pico de flauta, se estrío con un movimiento de zigzag (81).
- **TSI** el agar-hierro-triple azúcar es un medio de cultivo, gracias a su composición es uno de los medios de cultivo más empleados para la diferenciación de enterobacterias según:
 - fermenten o no glucosa
 - fermenten o no lactosa o sacarosa.
 - produzcan o no ácido sulfhídrico.
 - produzcan o no gas
 - ✓ Se sembró con una aguja, se flameo en el mechero hasta que esté al rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey e introdujo el asa en el medio de 3 a 5 mm del fondo del tubo se elevó y en pico de flauta se estrío con un movimiento de zigzag (81).
- **SIM** (Sulfide Indole Motility) Medium (medio de sulfuro indol para movilidad) se utiliza para determinar la producción de sulfuro, formación de indol y movilidad de los microorganismos entérico.

- ✓ Se sembró con una aguja, se flameo en el mechero hasta que esté al rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey e introdujo el asa en el medio de 3 a 5 mm del fondo del tubo y se extrae el asa (81).
- **Ureasa** Estudia si el microorganismo posee el enzima ureasa que cataliza la hidrólisis de la urea.
 - ✓ Se sembró con una aguja, se flameo en el mechero hasta que esté al rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey e introdujo en el asa en el medio de 3 a 5 mm del fondo del tubo, se elevó en pico de flauta se estrío con un movimiento de zigzag (81).
- **Malonato:** Evalúa la capacidad del microorganismo de utilizar el malonato como única fuente de carbono y la desaminación de la fenilalanina, en forma combinada.
 - ✓ Se sembró con una aguja, se flameo en el mechero hasta que esté al rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey se inclinó el medio líquido y en la pared del tubo se deposita la colonia (81).
- **VOGUES PROSKAUER:** El microorganismo problema hace uso de la glucosa por la vía butilén-glicólica, originando un compuesto; en este caso la acetoína.
 - ✓ La siembra se realizó con una aguja, se flameo en el mechero hasta que esté al rojo vivo, se tomó una colonia del medio MacConkey se inclinó el medio líquido y en la pared se coloca la colonia (81).
- Una vez sembrada la batería bioquímica se le incuba a una temperatura de 35 a 37 °C de 18 a 24 horas.

3.8.4. IDENTIFICACIÓN

- Se observó un crecimiento en cada una de las pruebas bioquímicas y se interpreta de la siguiente manera :
 - **Citrato:**
 - ✓ Positivo si el medio vira a color azul (81).
 - ✓ Negativo porque no existe viraje y no hay crecimiento (verde) (81).
 - **SIM:**
 - ✓ **SH₂:** La producción se manifiesta por un ennegrecimiento del medio, como consecuencia de la formación de un precipitado negro (Sulfuro de Hierro (81)).
 - ✓ **I:** Para determinar si se ha producido Indol, añadir tres o cuatro gotas de reactivo de Kovac: la formación de un color rojo en la superficie del medio, se interpreta como reacción positiva, mientras que un color amarillo, como una reacción negativa (81).
 - ✓ **M :** La movilidad se manifiesta por un crecimiento difuso , positivo presencia de turbidez , negativo medio inicial (81).
 - **Ureasa:** Positiva rosada y Negativo amarillo (81).
 - **Malonato:** Positivo azul y Negativo reacción verde (81).
 - **Voges Proskauer:**
 - Positivo: Coloración rojo-rosada en la superficie antes de 1 hora (81).
 - Negativo Coloración amarilla o cobriza en la superficie durante la primera hora (81).
- Una vez que se identificó la bacteria se conserva en un medio mueller Hilton en refrigeración (81).

3.8.4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE DE BACTERIA

Una vez obtenidos los cultivos formados por un solo tipo de microorganismos (puros), por consiguiente, conocidas las características morfológicas, el paso seguir para atender el protocolo se dio con el análisis de pruebas necesarias para medir la actividad bioquímica bacteriana como parte de una adecuada identificación de su especie.

A pesar de la existencia de métodos automatizados y semiautomatizados en el mercado, los ensayos bioquímicos o pruebas bioquímicas tradicionales continúan acaparando el campo de la microbiología, hecho que se atribuye principalmente al elevado costo que representa a largo plazo cualquiera de los métodos propuestos para su competencia. Además, cabe mencionar que aún continúan dando buenos resultados al momento de demostrar de forma clara alguna característica bioquímica correspondiente a la presencia o ausencia de una determinada actividad enzimática, grupo de enzimas, crecimiento a una temperatura establecida y en presencia de inhibidores, entre otras (59).

El protocolo de su realización conllevó al cultivo del microorganismo en un medio con determinado sustrato o inhibidor que tras incubación permitió el crecimiento posterior a la degradación de un sustrato observable ya sea por viraje de algún indicador o como consecuente agregado de algún reactivo revelador de la presencia del sustrato (59).

3.8.5. PRUEBAS DE SENSIBILIDAD

El propósito de la prueba de susceptibilidad de difusión en disco de Kirby-Bauer es determinar la sensibilidad o resistencia de las bacterias patógenas aerobias y anaerobias facultativas en varios compuestos antimicrobianos para seleccionar las opciones de tratamiento eficaces (82).

El tiempo de incubación se extiende de 16 a 18 horas con una temperatura comprendida entre 35 a 37 °C (82).

En el proceso de incubación, el antibiótico se extiende por todo el agar de forma radial iniciando desde el disco, provocando una disminución de concentración mientras más se dispersa (82).

“El diámetro del área de inhibición puede ser sensible, intermedio o resistente (S, I, o R)” (82).

El desarrollo del antibiograma se muestra a continuación:

- Tras la incubación de 16 a 18 horas, se recolecto de una a tres colonias aisladas colocándolas en un tubo con suero fisiológico (82).
- El ajuste del inóculo debe llegar a una turbidez de 0.5 en escala de Mc. Farland, esperando 15 minutos (82).
- Se recoge la muestra del inóculo eliminando el exceso del líquido (82).
- Se inoculó toda la superficie del agar Muller Hinton con el hisopo rotando tres veces la placa 60° distribuyéndolo por todo el medio incluido el borde, asegurándonos una completa distribución hasta obtener una siembra uniforme (82).
- Una vez terminado se dejó secar durante 3 a 5 minutos para que la humedad sea absorbida antes de colocar los antibióticos (82).
- Utilizando pinzas estériles se colocaron los discos en la superficie del agar haciendo una ligera presión para asegurar un contacto completo con una distancia de 15 mm del borde de la placa y 24 mm de centro a centro (82).
- Según la CLSI si la placa es de 150 mm se debe colocar máximo hasta 12 discos, en nuestro caso la placa fue de 100 mm por lo que se colocaron máximo cinco discos (82).
- Los discos utilizados son Amikacin, Nitrofurantoina, Amoxicilina + Acido clavulanico, Ofloxacina, Ampicilima + Sulbatam, Sulfametoxazol, Trimetoprim, Tetraciclina, Cefotaxima, Gentamicina, Imipenem, se colocaron las placas en la incubadora de forma invertida a una temperatura de 35 °C a 37 °C (82).
- Después de la de incubación con una regla se midieron los diámetros de los halos de inhibición incluyendo los diámetros de los discos y se interpretaron comparando las mediciones con los diámetros referenciales

de las tablas del CLSI, como sensible (S), intermedio (I) y resistente (R) (82).

El Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) es un organismo que promueve el desarrollo de estándares y normas prácticas de laboratorio para una mejor calidad de servicio de atención médica en los laboratorios de Microbiología y facilitan que otros laboratorios a nivel mundial puedan emitir sus reportes y resultados basándose en las tablas emitidas por el CLSI (82).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

TEMPERATURA

Tabla 17: Toma 1 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (°C)	Tarde (°C)	Media \bar{x} , (° C)	Desviación Estándar σ , (° C)	Valor Referencia
P1	9.00	9.00	9.00	0.00	Temperatura Baja (<22)
P2	11.00	8.00	9.50	2.12	
P3	19.00	10.00	14.50	6.36	Temperatura Normal (22-25°C)
P4	20.00	10.00	15.00	7.07	
P5	8.00	9.00	8.50	0.70	
P6	12.00	11.00	11.50	0.70	Temperatura Alta (>25°C)
\bar{x} (° C)	13.16	9.50	11.33	2.82	
σ (° C)	5.11	1.04	2.84	3.09	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

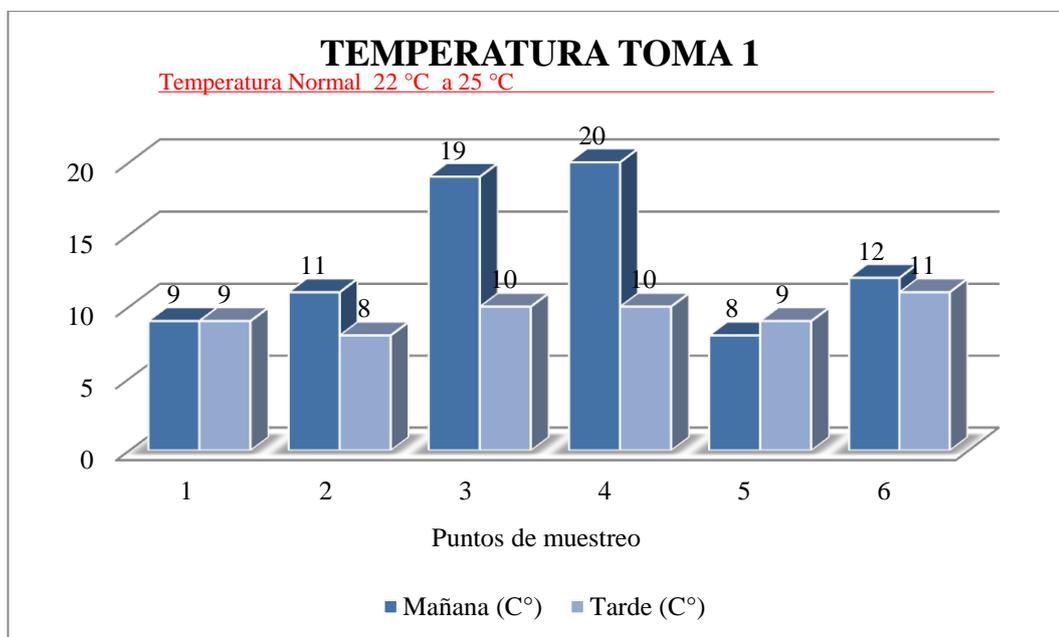


Gráfico 11: Toma 1 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Conforme con la tabla 18 y el gráfico 11, sobre la temperatura del primer día de muestreo se evidencia que los 6 valores dados manifiestan una clara fluctuación. Se toma en consideración que por punto de muestro existe una toma en duplicado, es decir en la mañana y en la tarde. Se observa que el valor más alto obtenido corresponde al punto cuatro de la mañana con 20°C; el 100% de los resultados indican una temperatura baja, es decir <22.

Tabla 18: Toma 2 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (°C)	Tarde (° C)	Media \bar{x} , (° C)	Desviación Estándar σ , (° C)	Valor Referencia
P1	7.00	8.00	7.50	0.70	Temperatura Baja (<22)
P2	8.00	8.00	8.00	0.00	
P3	17.00	9.00	13.00	5.65	
P4	15.00	15.00	15.00	0.00	Temperatura Normal (22-25°C)
P5	14.00	14.00	14.00	0.00	
P6	15.00	15.00	15.00	0.00	
\bar{x} (° C)	12.66	11.50	12.08	1.06	Temperatura Alta (>25°C)
σ (° C)	4.13	3.50	3.44	2.26	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

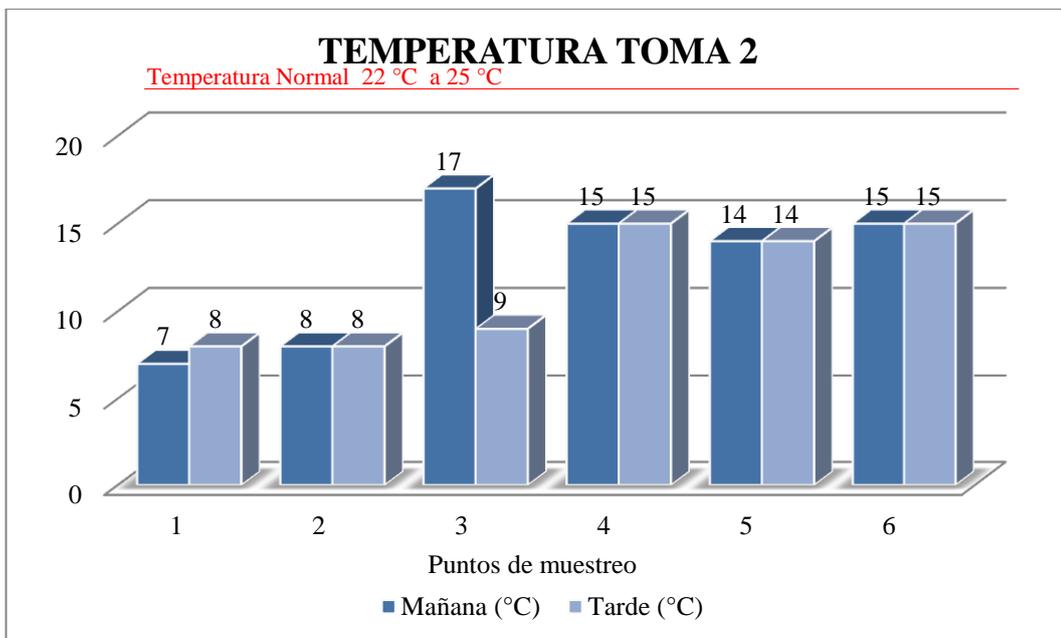


Gráfico 12: Toma 2 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Conforme con la Norma de Calidad Ambiental y la descarga de efluentes (83), la temperatura normal del agua se encuentra en un rango de 22°C a 25°C; no obstante se puede evidenciar que en los 6 valores no sobrepasa dicho rango; por lo que el 100% de los resultados indican una temperatura baja <22, evidenciando el valor más alto en el punto 3 de la mañana con 17°C; y el más bajo, el punto 1 de la mañana con 7°C.

Tabla 19: Toma 3 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (°C)	Tarde (°C)	Media \bar{x} , (° C)	Desviación Estándar σ , (° C)	Valor Referencia
P1	10.00	9.00	9.50	0.71	Temperatura Baja (<22)
P2	11.00	11.00	11.00	0.00	
P3	10.00	16.00	13.00	4.24	
P4	20.00	15.00	17.50	3.54	Temperatura Normal (22-25°C)
P5	9.00	18.00	13.50	6.36	
P6	13.00	12.00	12.50	0.71	Temperatura Alta (>25°C)
\bar{x} (° C)	12.16	13.50	12.83	2.59	
σ (° C)	4.07	3.39	2.71	2.51	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

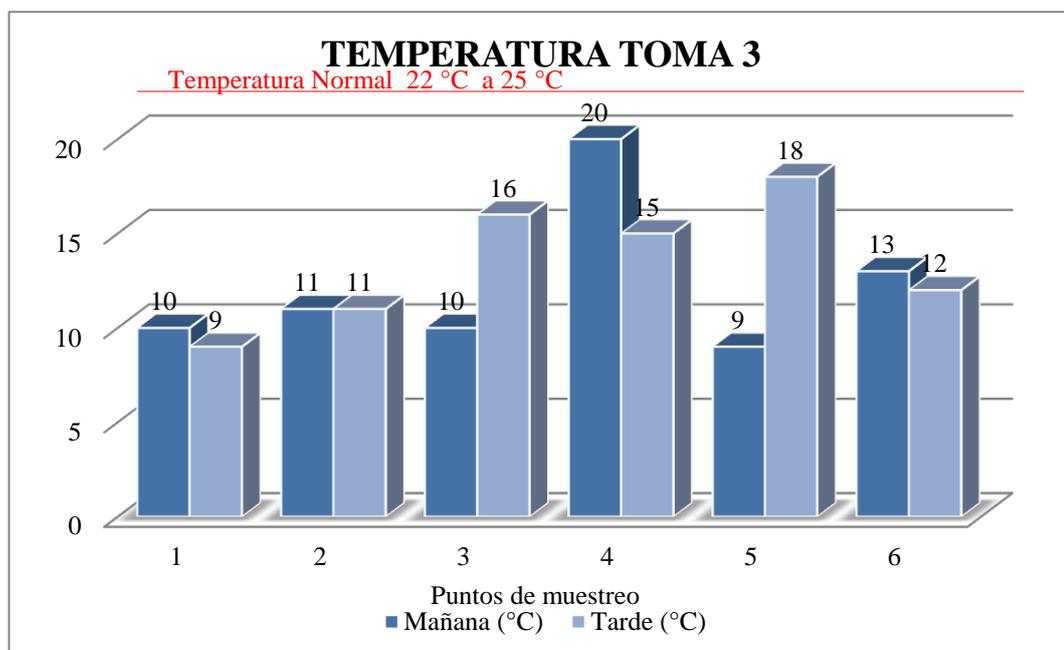


Gráfico 13: Toma 3 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo
 Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la toma 3 de la temperatura del agua de la Laguna de Limpiopungo, se evidencia que el 100% de los resultados de dicha toma se encuentra en un rango bajo, es decir la temperatura del agua se encuentra por debajo de los 22°C. Sin embargo, es posible denotar que el punto 4 de la toma matutina alcanza el valor más alto con 20°C; en tanto, en el punto 1 y 5 de la tarde y mañana, respectivamente, se obtuvo 9°C.

Tabla 20: Toma 4 Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (°C)	Tarde (°C)	Media \bar{x} , (° C)	Desviación Estándar σ , (° C)	Valor Referencia
P1	10.00	9.00	9.50	0.71	Temperatura Baja (<22)
P2	11.00	8.00	9.50	2.12	
P3	18.00	18.00	18.00	0.00	
P4	17.00	20.00	18.50	2.12	Temperatura Normal (22-25°C)
P5	14.00	13.00	13.50	0.71	
P6	16.00	13.00	14.50	2.12	Temperatura Alta (>25°C)
\bar{x} (° C)	14.33	13.50	13.91	1.29	
σ (° C)	3.27	4.76	3.91	0.93	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

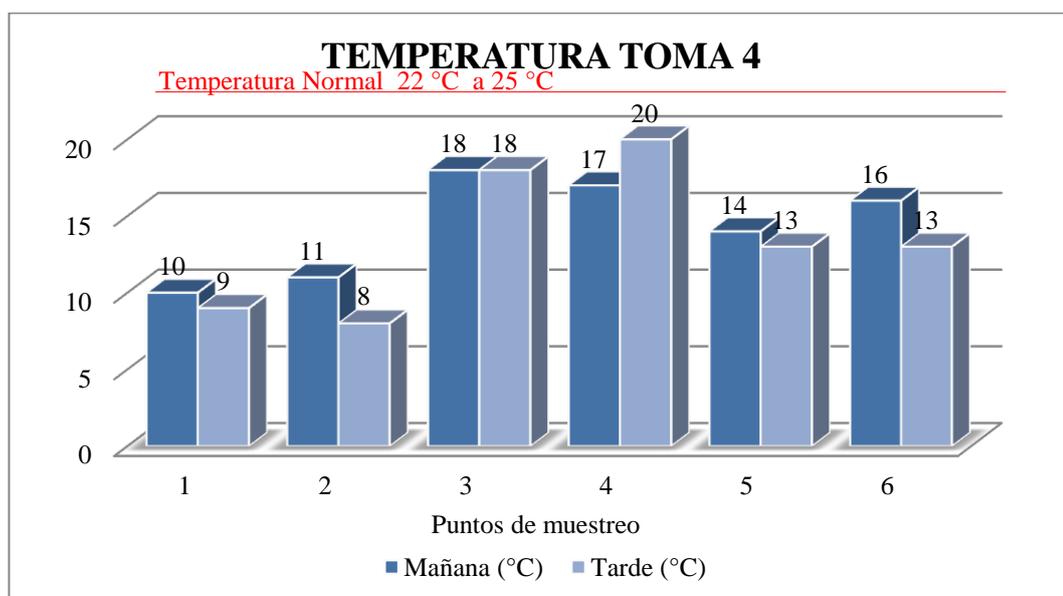


Gráfico 14: Toma 4 Valor de Temperatura del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo 1 (83), la temperatura normal del agua está en el rango de 22 a 25 °C. En la presente investigación se encuentran en el rango bajo es decir menor a 22°C el 100% de las muestras tomadas del agua de la Laguna Limpiopungo; es importante tomar en cuenta la estación del año en la que fue tomada así como otros factores: temperatura ambiental, altura a la que se encuentra, ubicación; aspectos que pueden incidir de forma directa en la temperatura. El valor más bajo corresponde a 9°C encontrado en el P1 de la tarde, mientras que el valor más alto de temperatura se en el P4 en la tarde correspondiente a 20°C.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Tabla 21: Toma 1 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (pH)	Tarde (pH)	Media \bar{x} , (pH)	Desviación Estándar σ , (pH)	Valor Referencia
P1	7.48	8.66	8.07	0.83	pH Bajo (< 6.5)
P2	7.66	8.45	8.06	0.55	
P3	7.72	8.88	8.30	0.82	
P4	7.88	9.08	8.48	0.84	
P5	8.55	9.38	8.97	0.58	pH Normal (6.5 A 8.5)
P6	9.04	9.47	9.26	0.30	
\bar{x} (pH)	8.06	8.99	8.52	0.65	pH Alto (>8.5)
σ (pH)	0.60	0.40	0.49	0.21	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

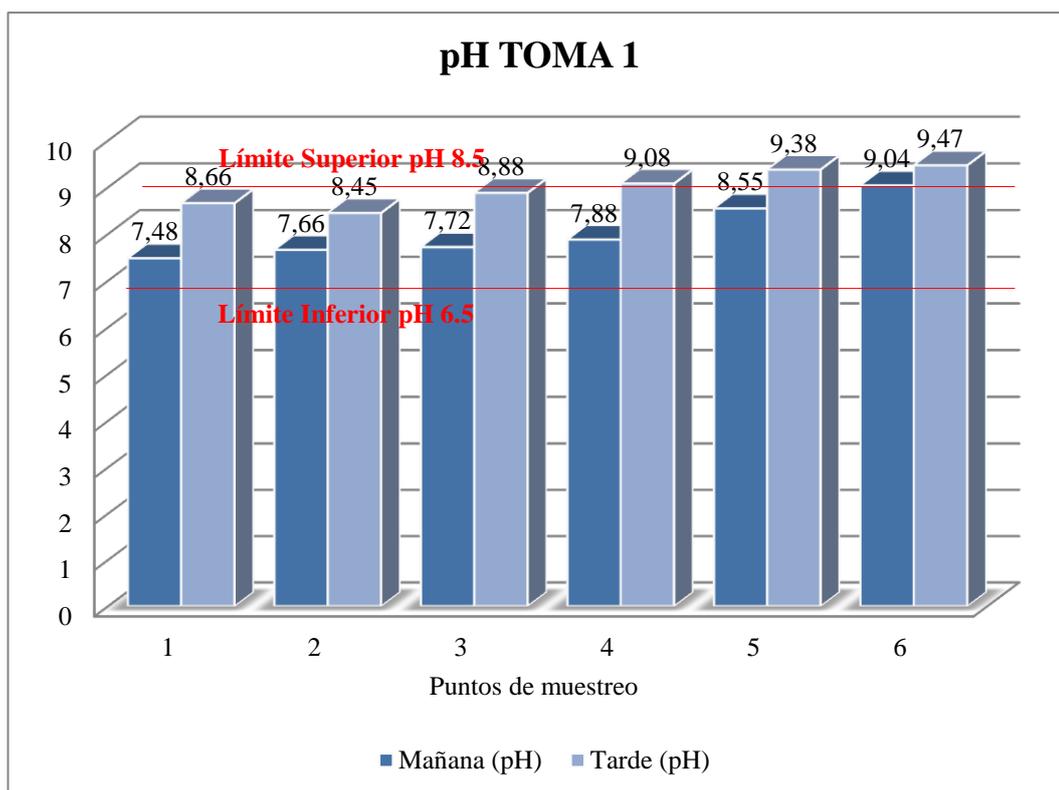


Gráfico 15: Toma 1 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Arrieta (84), en su estudio de “pH del agua” menciona que el rango normal de pH en agua superficial es de 6.5 a 8.5, En la Toma 1, las muestras tomadas durante la mañana de los puntos P1 al P4 que corresponden al 66% se encuentra dentro del rango de referencia normal, mientras que los puntos P5, P6 que corresponden al

34% de la mañana y todas las muestras de la tarde es decir el 100% se mantienen sobre los parámetros normales de pH indicando que el agua es alcalina en esos puntos, Arrieta menciona que esto puede presentar problemas de incrustaciones por dureza, aunque no representa un riesgo para la salud, pero puede causar problemas estéticos.

Tabla 22: Toma 2 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (pH)	Tarde (pH)	Media \bar{x} , (pH)	Desviación Estándar σ , (pH)	Valor Referencia
P1	8.10	8.50	8.30	0.28	pH Bajo (< 6.5)
P2	8.66	8.39	8.53	0.19	
P3	8.66	8.43	8.55	0.16	
P4	8.55	8.69	8.62	0.09	pH Normal (6.5 A 8.5)
P5	8.30	8.88	8.59	0.410	
P6	8.50	9.07	8.79	0.403	pH Alto (>8.5)
\bar{x} (pH)	8.46	8.66	8.56	0.25	
σ (pH)	0.22	0.27	0.15	0.12	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

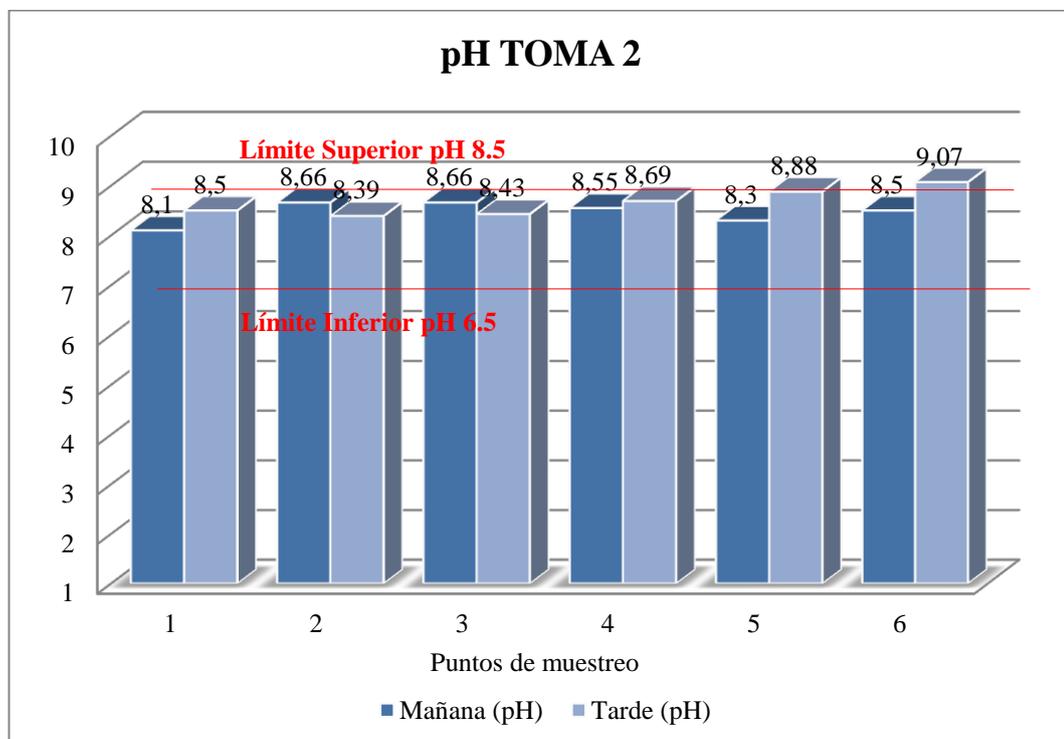


Gráfico 16: Toma 2 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la Toma 2 las muestras tomadas durante la mañana de los puntos P2, P3, P4 Y P6, que corresponden al 67% de la mañana y los puntos P4 a P6 de la tarde se encuentran en el rango Alto lo que corresponde a agua Alcalina, los puntos restantes se mantienen en parámetros normales.

Tabla 23: Toma 3 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (pH)	Tarde (pH)	Media \bar{x} , (pH)	Desviación Estándar σ , (pH)	Valor Referencia
P1	8.11	8.58	8.35	0.33	pH Bajo (< 6.5)
P2	8.08	8.34	8.21	0.18	
P3	8.00	8.37	8.19	0.26	pH Normal (6.5 A 8.5)
P4	8.00	8.77	8.39	0.54	
P5	8.73	9.24	8.99	0.36	pH Alto (>8.5)
P6	8.81	9.36	9.09	0.38	
\bar{x} (pH)	8.288	8.77	8.53	0.34	
σ (pH)	0.37	0.43	0.39	0.12	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

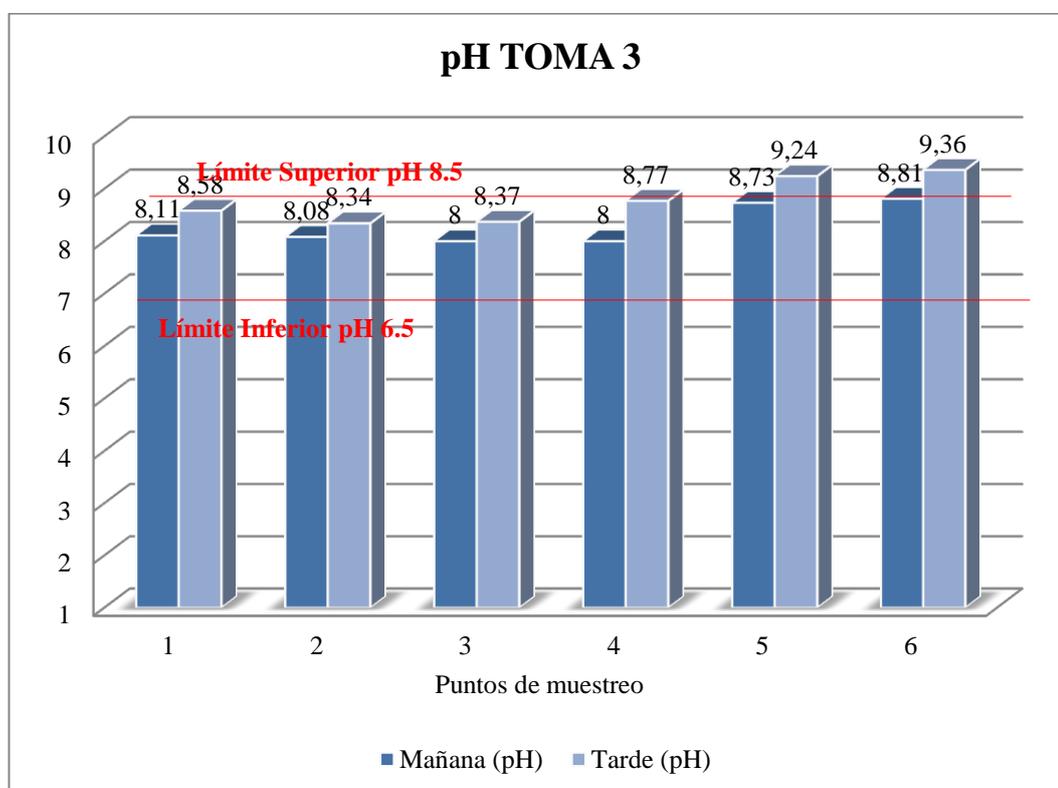


Gráfico 17: Toma 3 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la Toma 3, las muestras tomadas durante la mañana de los puntos P5 y P6 correspondientes al 33%, y los puntos P1, P4, P5 y P6 que corresponden al 66% de la tarde se mantienen sobre los parámetros normales de pH indicando que el agua es alcalina en esos puntos, mientras que los puntos restantes están dentro de los parámetros normales.

Tabla 24: Toma 4 pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (pH)	Tarde (pH)	Media \bar{x} , (pH)	Desviación Estándar σ , (pH)	Valor Referencia
P1	7.47	7.99	7.73	0.36	pH Bajo (< 6.5)
P2	7.39	7.98	7.69	0.41	
P3	7.56	8.34	7.95	0.55	pH Normal (6.5 A 8.5)
P4	7.50	8.54	8.02	0.73	
P5	8.01	8.50	8.26	0.34	pH Alto (>8.5)
P6	8.05	8.38	8.22	0.23	
\bar{x} (pH)	7.66	8.29	7.98	0.44	
σ (pH)	0.28	0.246	0.23	0.17	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

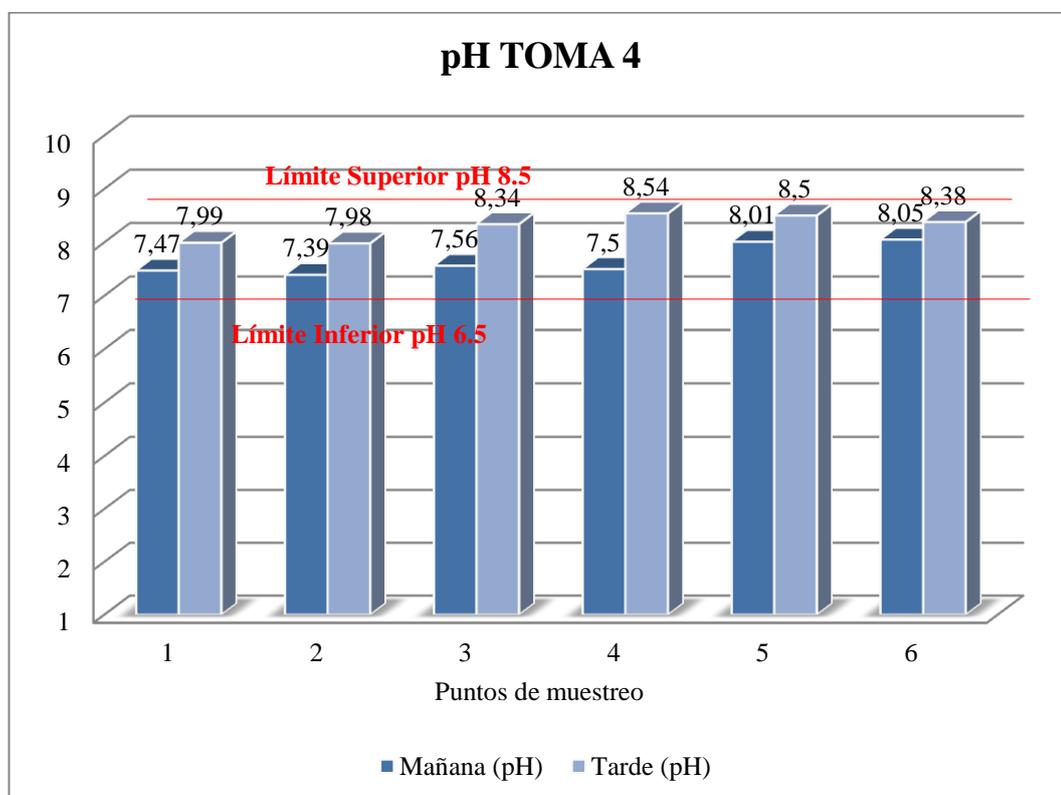


Gráfico 18: Valor de pH del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la Toma 4, la muestra de la tarde del punto P4 se encuentra dentro del rango alto lo que indica que solo en este punto el agua es alcalina, los demás puntos están dentro del rango normal.

CONDUCTIVIDAD

Tabla 25: Toma 1 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (μ/s)	Tarde (μ/s)	Media \bar{X} , (μ/s)	Desviación Estándar σ , (μ/s)	Valor Referencia
P1	138.00	128.00	133.00	7.07	Excelente hasta 250 μ/s Buena 250 a 750 μ/s Permisible 750 a 2000 μ/s Uso dudoso 2000 a 3000 μ/s Inapropiada >3000
P2	147.00	128.00	137.50	13.43	
P3	143.00	99.00	121.00	31.11	
P4	143.00	110.00	126.50	23.33	
P5	108.00	99.00	103.50	6.36	
P6	106.00	101.00	103.50	3.53	
\bar{X} (μ/s)	130.83	110.83	120.83	14.14	
σ (μ/s)	18.69	13.90	14.55	10.91	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

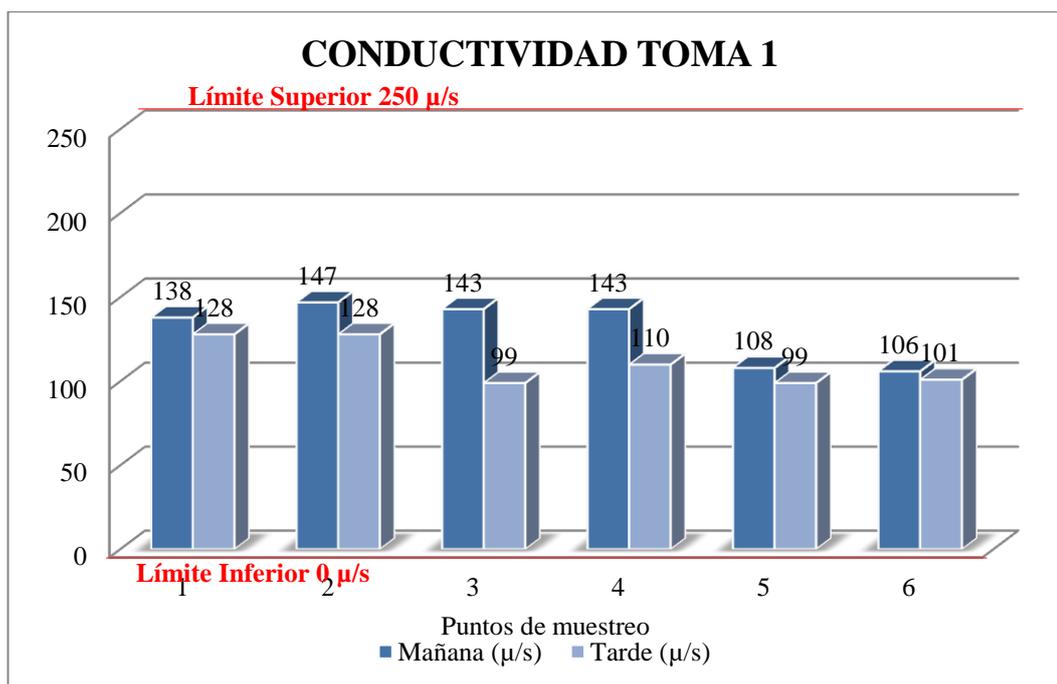


Gráfico 19: Toma 1 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según James (85), en su investigación “Aguas para uso agrícola” menciona que la clasificación del agua según su conductividad se encuentra en un rango excelente hasta 250 μ/s, Buena 250 a 750 μ/s, Permisible 750 a 2000 μ/s, Uso dudoso 2000 a 3000 μ/s, Inapropiada >3000. Conforme a la tabla 26 y el gráfico

19 sobre la conductividad en la toma 1 del muestreo se puede indicar que: los 6 puntos en la mañana se encuentran en un rango excelente ($106 \mu/s$ - $147 \mu/s$), del mismo modo los puntos de muestreo en la tarde se encuentra dentro del nivel excelente ($99 \mu/s$ - $128 \mu/s$). Por lo tanto la conductividad del agua de la Laguna de Limpiopungo en la toma 1 indica que excelente para el uso agrícola.

Tabla 26: Toma 2 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (μ/s)	Tarde (μ/s)	Media \bar{X} , (μ/s)	Desviación Estándar σ , (μ/s)	Valor Referencia
P1	158.00	105.00	131.50	37.47	Excelente hasta 250 μ/s Buena 250 a 750 μ/s Permisible 750 a 2000 μ/s Uso dudoso 2000 a 3000 μ/s Inapropiada >3000
P2	117.00	101.00	109.00	11.31	
P3	85.00	90.00	87.50	3.53	
P4	98.00	66.00	82.00	22.62	
P5	86.00	73.00	79.50	9.19	
P6	105.00	79.00	92.00	18.38	
\bar{X} (μ/s)	108.16	85.66	96.91	17.08	
σ (μ/s)	27.21	15.61	19.90	12.06	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

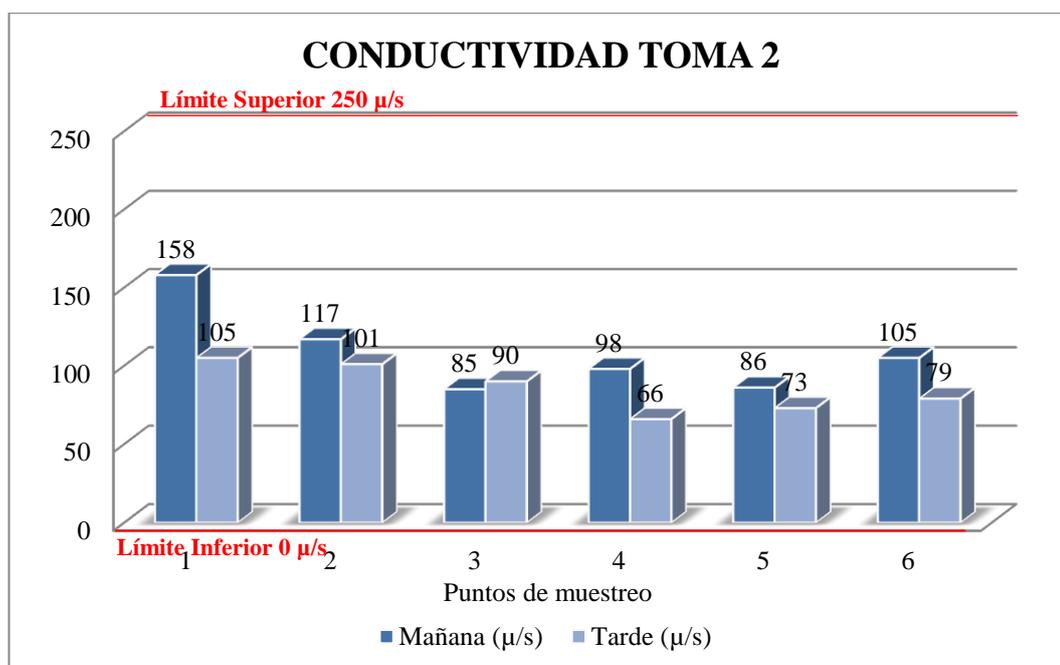


Gráfico 20: Toma 2 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Con base a la toma 2 de la conductividad se evidencia que los puntos de muestreo tanto por la mañana (85 μ/s – 158 μ/s) como en la tarde (66 μ/s -105 μ/s) se encuentran dentro del rango excelente. En la mañana los niveles son mas altos que en la tarde, exento en el P3 evidenciándose en la mañana 5 puntos menos que en la tarde.

Tabla 27: Toma 3 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (μ/s)	Tarde (μ/s)	Media \bar{x} , (μ/s)	Desviación Estándar σ , (μ/s)	Valor Referencia
P1	140.00	107.00	123.50	23.33	Excelente hasta 250 μ/s Buena 250 a 750 μ/s Permisible 750 a 2000 μ/s Uso dudoso 2000 a 3000 μ/s Inapropiada >3000
P2	102.00	94.00	98.00	5.65	
P3	103.00	89.00	96.00	9.89	
P4	96.00	84.00	90.00	8.48	
P5	78.00	74.00	76.00	2.82	
P6	79.00	76.00	77.50	2.12	
\bar{x} (μ/s)	99.66	87.33	93.50	8.72	
σ (μ/s)	22.59	12.25	17.36	7.78	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

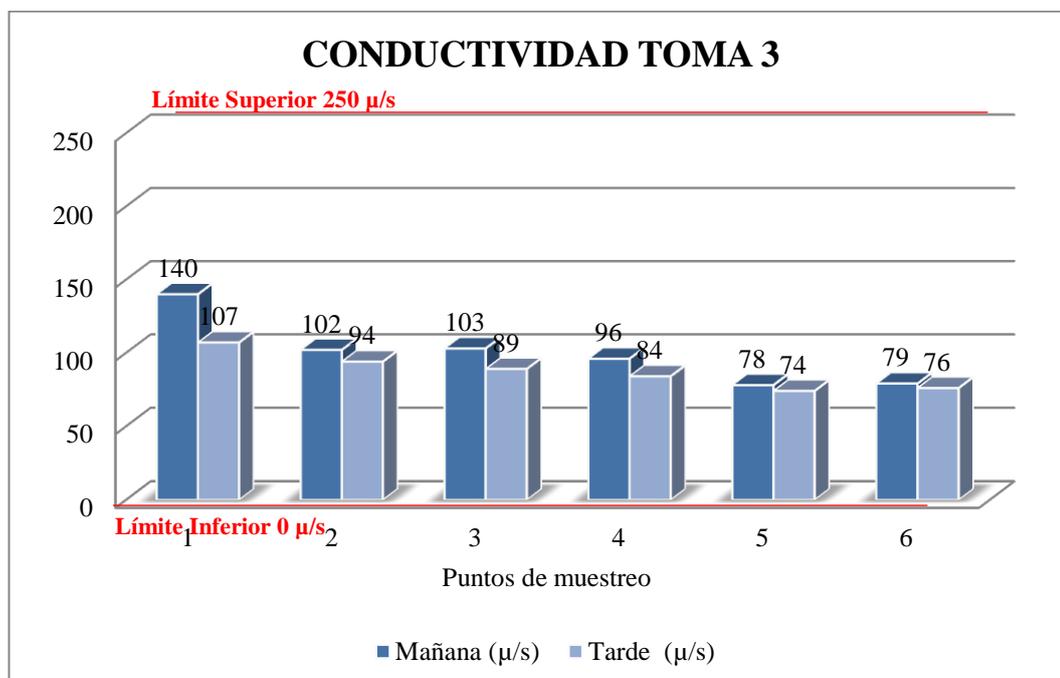


Gráfico 21: Toma 3 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la toma 3, los niveles de conductividad del agua son excelentes debido a que ubica entre los rangos (0 μ/s - 250 μ/s), en los puntos de muestreo a partir del punto 1 son altos al comparación del P6, evidenciado que en cada punto va disminuyendo regresivamente.

Tabla 28: Toma 4 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (μ/s)	Tarde (μ/s)	Media \bar{x} , (μ/s)	Desviación Estándar σ , (μ/s)	Valor Referencia
P1	126.00	112.00	119.00	9.89	Excelente hasta 250 μ/s Buena 250 a 750 μ/s Permisible 750 a 2000 μ/s Uso dudoso 2000 a 3000 μ/s Inapropiada >3000
P2	114.00	111.00	112.50	2.12	
P3	118.00	83.00	100.50	24.74	
P4	116.00	90.00	103.00	18.38	
P5	98.00	92.00	95.00	4.24	
P6	105.00	96.00	100.50	6.36	
\bar{X} (μ/s)	112.83	97.33	105.08	10.96	
σ (μ/s)	9.92	11.75	8.90	8.84	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

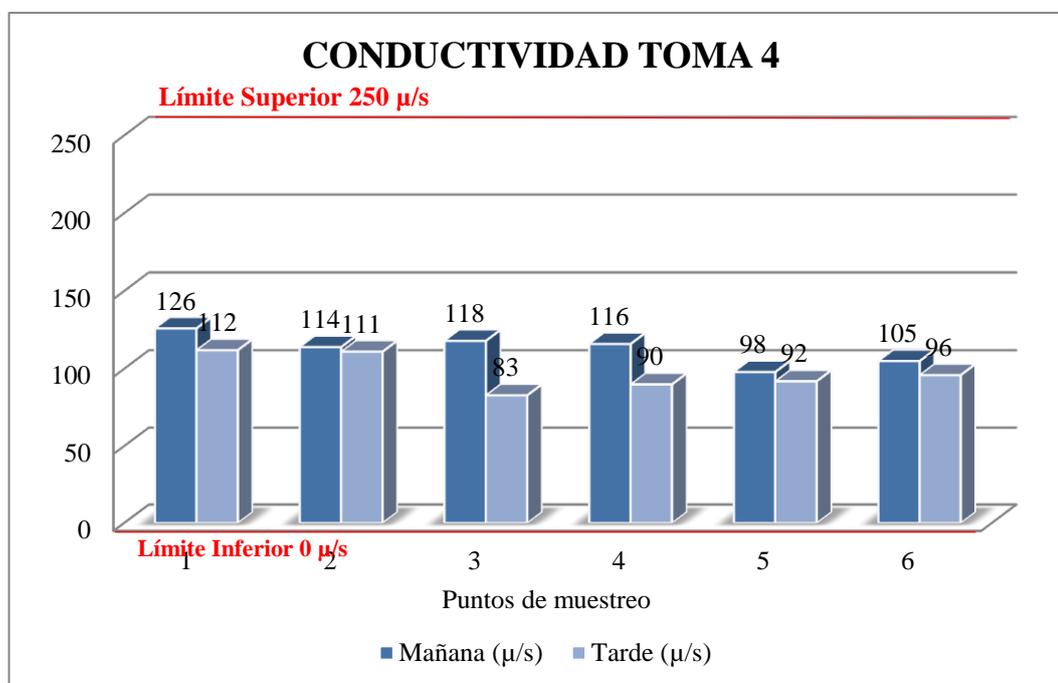


Gráfico 22: Toma 4 Conductividad del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

De acuerdo a la toma 4, los puntos de muestreo en la mañana (98 μ /s-126 μ /s) se encuentran dentro de los parámetros de excelente, al igual que el muestreo en la tarde (83 μ /s -112 μ /s), evidenciado que la conductividad de la Laguna Limpiopungo es excelente para el uso agrícola.

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Tabla 29: Toma 1 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (ppm)	Tarde (ppm)	Media \bar{x} , (ppm)	Desviación Estándar σ , (ppm)	Valor Referencia
P1	69.00	64.00	66.50	3.53	TDS (ppm) Excelente hasta 175 ppm Buena 175 a 525 ppm Permisible 525 a 1400 ppm Uso dudoso 1400 a 2100 ppm Inapropiada >2100 Ppm
P2	73.00	67.00	70.00	4.24	
P3	73.00	50.00	61.50	16.26	
P4	72.00	55.00	63.50	12.02	
P5	53.00	50.00	51.50	2.12	
P6	53.00	50.00	51.50	2.12	
\bar{x} (ppm)	65.50	56.00	60.75	6.71	
σ (ppm)	9.79	7.66	7.71	5.96	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

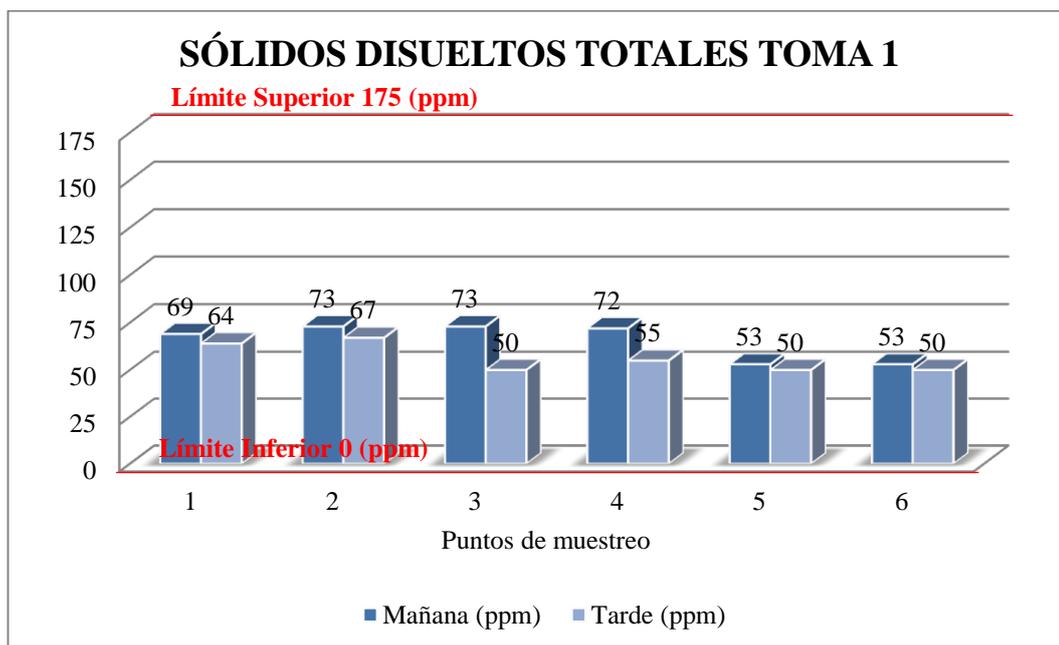


Gráfico 23: Toma 1 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Para la toma 1 de sólidos disueltos totales del agua de la Laguna de Limpiopungo, se consideran los valores estipulados por James (85); en donde indican en su totalidad (100%) un límite inferior a los 175 ppm. Para los puntos de muestreo se

consideró dos tomas, uno en la mañana y otro en la tarde; donde, en los puntos 2 y 3 de la mañana se evidencia el valor más alto con 73 ppm; por su parte en los puntos 3, 5 y 6 de la tarde se presencia los valores más inferiores de toda la toma con un total de 50 ppm.

Tabla 30: Toma 2 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (ppm)	Tarde (ppm)	Media \bar{X} , (ppm)	Desviación Estándar σ , (ppm)	Valor Referencia
P1	67.00	55.00	61.00	8.48	TDS (ppm) Excelente hasta 175 ppm Buena 175 a 525 ppm Permisible 525 a 1400 ppm Uso dudoso 1400 a 2100 ppm Inapropiada >2100 Ppm
P2	60.00	51.00	55.50	6.36	
P3	45.00	45.00	45.00	0.00	
P4	51.00	40.00	45.50	7.77	
P5	44.00	37.00	40.50	4.94	
P6	55.00	37.00	46.00	12.72	
\bar{X} (ppm)	53.66	44.16	48.91	6.71	
σ (ppm)	8.89	7.54	7.69	4.21	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

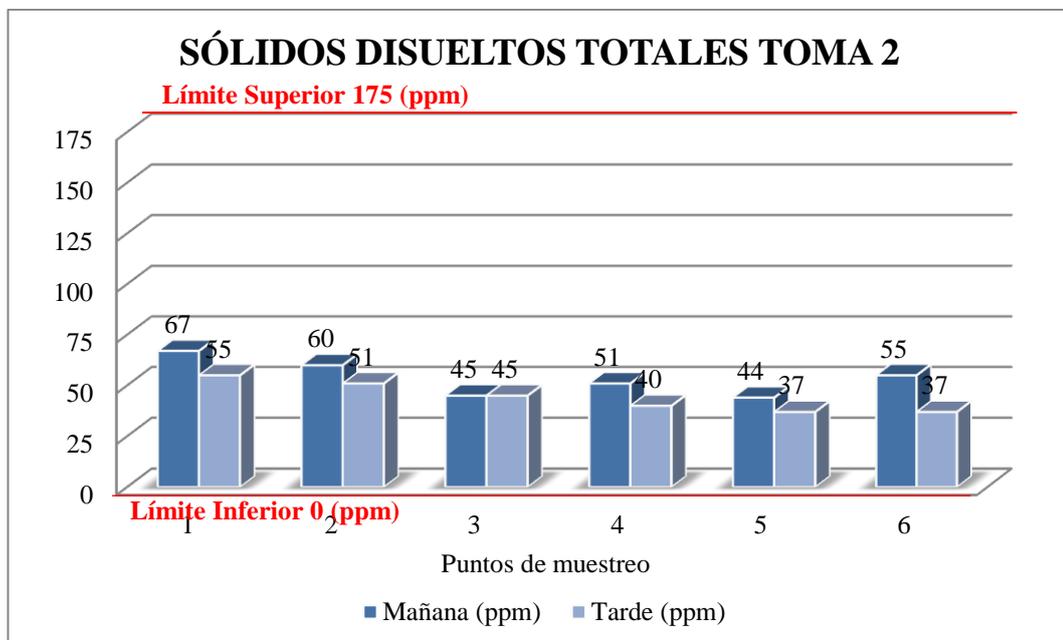


Gráfico 24: Toma 2 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la tabla 31 y figura 24, se evidencia la toma 2 de los sólidos disueltos totales, en el cual se obtuvo en el 100% de los resultados con un valor menor a los 175 ppm. Se puede denotar que el valor más alto alcanza los 67ppm en el punto 1 de la mañana, en tanto, el valor más bajo fue de 37ppm manifestados en los puntos 5 y 6 de la tarde.

Tabla 31: Toma 3 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpio-pungo

Puntos	Mañana (ppm)	Tarde (ppm)	Media \bar{x} , (ppm)	Desviación Estándar σ , (ppm)	Valor Referencia
P1	70.00	54.00	62.00	5.65	TDS (ppm) Excelente hasta 175 ppm Buena 175 a 525 ppm Permisible 525 a 1400 ppm Uso dudoso 1400 a 2100 ppm Inapropiada >2100 Ppm
P2	51.00	48.00	49.50	1.06	
P3	52.00	46.00	49.00	2.12	
P4	48.00	42.00	45.00	2.12	
P5	40.00	37.00	38.50	1.06	
P6	42.00	38.00	40.00	1.41	
\bar{x} (ppm)	50.50	44.16	47.33	2.23	
σ (ppm)	10.69	6.46	8.48	1.74	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

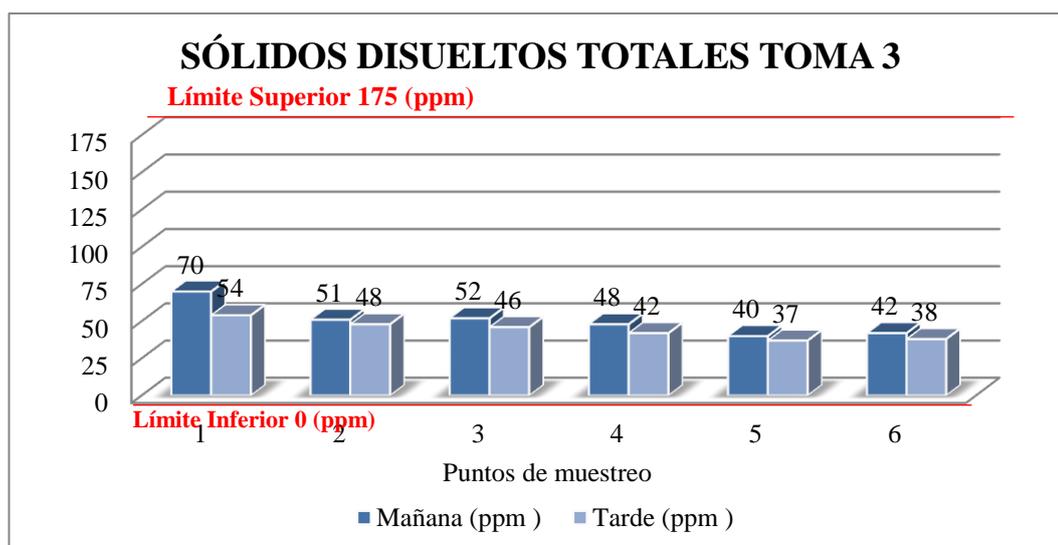


Gráfico 25: Toma 3 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpio-pungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

De acuerdo con los resultados de la toma 3 sobre los sólidos disueltos totales, se puede evidenciar que el 100% de los resultados se encuentran por debajo de los 175 ppm; por lo que se considera un aspecto excelente con relación a la calidad de agua para los cultivos. Se observa el valor más alto de la toma en el punto 1 de la mañana con un total de 70 ppm; por otro lado, es notable un valor inferior en dicha toma en el punto 5 con 37 ppm.

Tabla 32: Toma 4 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (ppm)	Tarde (ppm)	Media \bar{x} , (ppm)	Desviación Estándar σ , (ppm)	Valor Referencia
P1	61.00	58.00	59.50	1.06	TDS (ppm) Excelente hasta 175 ppm Buena 175 a 525 ppm Permisible 525 a 1400 ppm Uso dudoso 1400 a 2100 ppm Inapropiada >2100 Ppm
P2	58.00	56.00	57.00	0.70	
P3	60.00	52.00	56.00	2.82	
P4	59.00	45.00	52.00	4.94	
P5	50.00	47.00	48.05	1.06	
P6	51.00	49.00	50.00	0.70	
\bar{X} (ppm)	56.50	51.16	53.83	1.88	
σ (ppm)	4.76	5.11	4.32	1.69	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

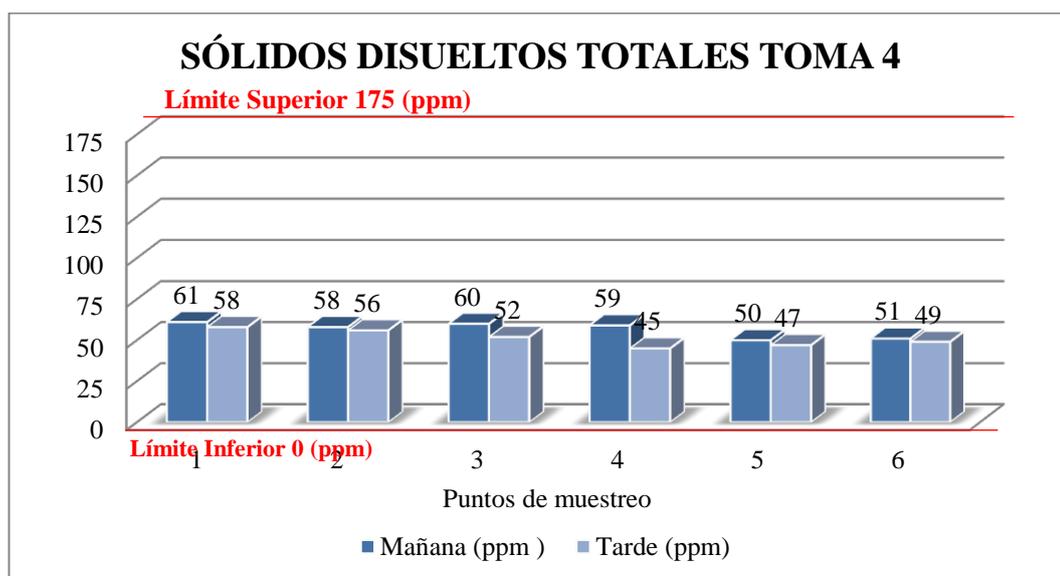


Gráfico 26: Toma 4 Sólidos Disueltos Totales del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según James (85) menciona los siguientes valores de referencia para Solidos Disueltos Totales: Excelente hasta 175 mg/l, Buena 175 a 525 mg/l, Permisible 525 a 1400 mg/l, Uso dudoso 1400 a 2100 mg/l e Inapropiada mayor que 2100 mg/l, en la presente investigación las muestras recolectadas dieron resultados que se encuentran dentro del rango de hasta 175 mg/l, lo que indica que se califica como excelente la calidad del agua para los cultivos, sin presencia de efectos perjudiciales.

NITRITOS

Tabla 33: Toma 1 Concentración de Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0.006	0	0.00	0.01	Nitritos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0.002	0	0.00	0.01	
P3	0.001	0.005	0.00	0.01	
P4	0.003	0.004	0.01	0.01	
P5	0.001	0.003	0.00	0.01	
P6	0.007	0.002	0.01	0.01	
\bar{x} (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.01	
σ (mg/l)	0.00	0.00	0.01	0.01	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

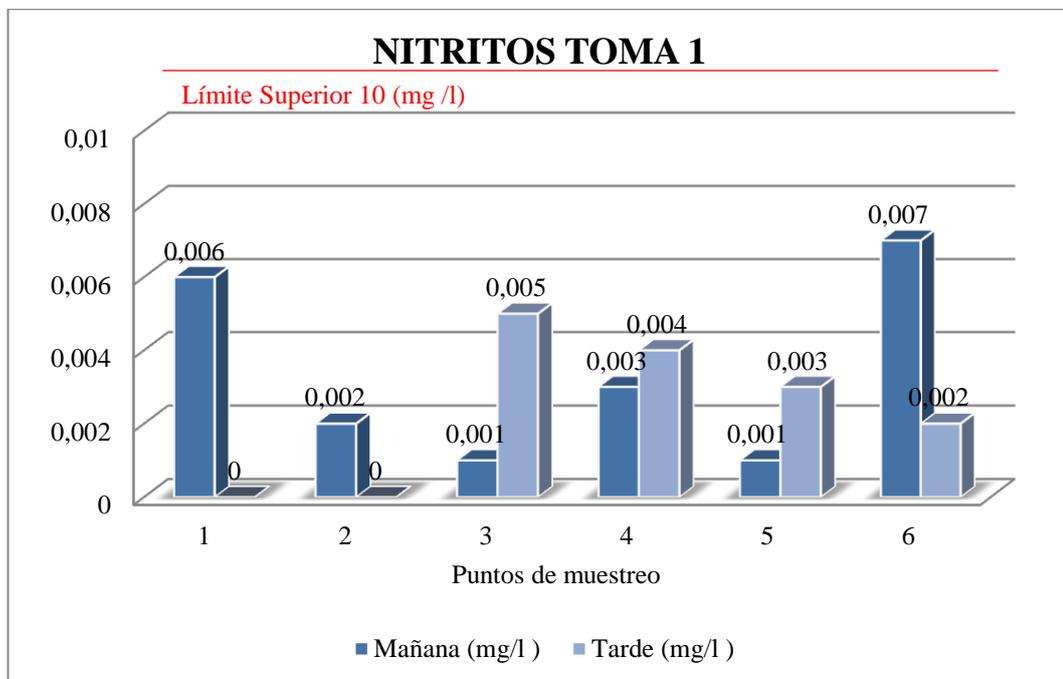


Gráfico 27: Toma 1, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

TULSMA y la FAO, determinan que el rango normal de Nitritos en el agua debe ser hasta 10 mg/l. De acuerdo a la Toma 1 de los Nitritos, los puntos de muestreo de la mañana y tarde se ubican bajo límite superior (10 mg/l), el punto máximo de la mañana se encuentra en el P6 (0.007 mg/l) y el punto máximo en la tarde en el P3 (0.005); por ende dichos niveles permiten que los cultivos no sean afectados.

Tabla 34: Toma 2 Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0.005	0.001	0.00	0.00	Nitritos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0.003	0.006	0.01	0.00	
P3	0.003	0.003	0.01	0.00	
P4	0.005	0.004	0.01	0.00	
P5	0.006	0.005	0.01	0.00	
P6	0.007	0.003	0.01	0.00	
\bar{x} (mg/l)	0.01	0.00	0.00	0.00	
σ (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

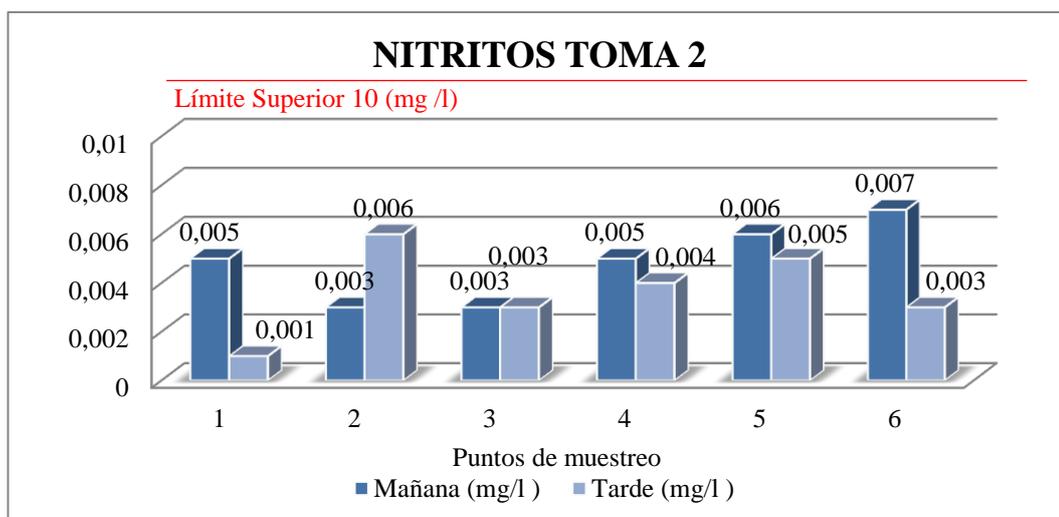


Gráfico 28: Toma 2, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la toma 2 de los nitritos, los puntos de muestreo no ascienden al límite superior (10 mg/l), se observa que el valor alto está en el P6 de la mañana (0.007 mg/l), sin embargo el valor bajo se localiza en el P1 (0.001 mg/l), esto demuestra que los valores son adecuados para los cultivos en la zona.

Tabla 35: Toma 3 Nitritos del Agua de la Laguna de LimpioPungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0.004	0.002	0.03	0.00	Nitritos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0.003	0.004	0.03	0.00	
P3	0.004	0.002	0.03	0.00	
P4	0.003	0.004	0.03	0.00	
P5	0.005	0.006	0.01	0.00	
P6	0.005	0.006	0.01	0.00	
\bar{x} (mg/l)	0.04	0.04	0.00	0.00	
σ (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

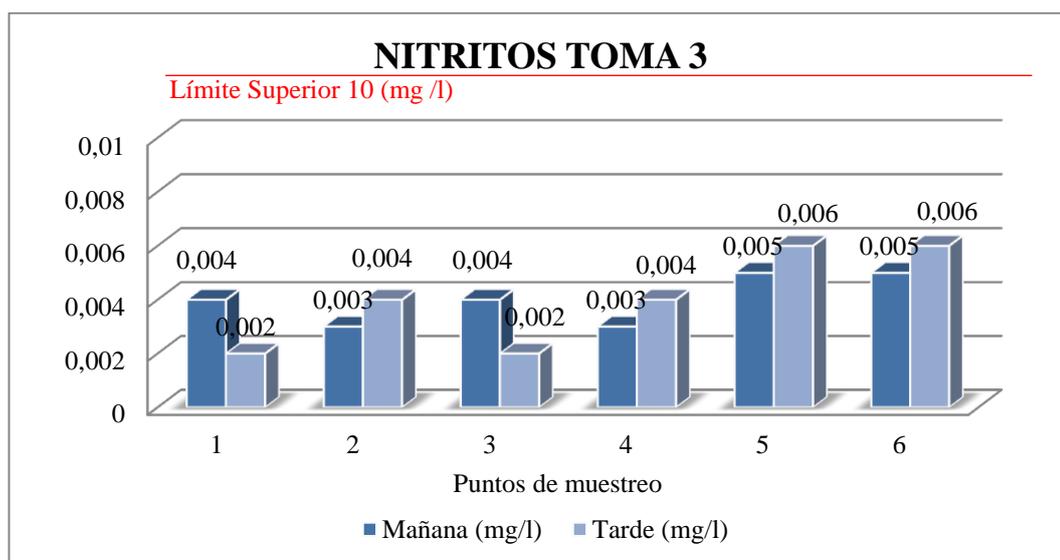


Gráfico 29: Toma 3, Nitritos del Agua de la Laguna de LimpioPungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Conforme a la tabla 36 y al gráfico 29 de la toma 3 referente a los nitritos, el 100% de los puntos de muestreo son inferiores al límite superior (10 mg/l), se observa que los niveles altos se encuentra en el P5 (0.006 mg/l) y P6 (0.006 mg/l) en la tarde, pero los niveles bajos se hallan en el P2 (0.002 mg/l) y P3 (0.002 mg/l) de la tarde.

Tabla 36: Toma 4 Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0.004	0.001	0.03	0.00	Nitritos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0.004	0.006	0.03	0.00	
P3	0.002	0.004	0.03	0.00	
P4	0.005	0.006	0.01	0.00	
P5	0.006	0.004	0.01	0.00	
P6	0.006	0.003	0.01	0.00	
\bar{x} (mg/l)	0.045	0.004	0.01	0.00	
σ (mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

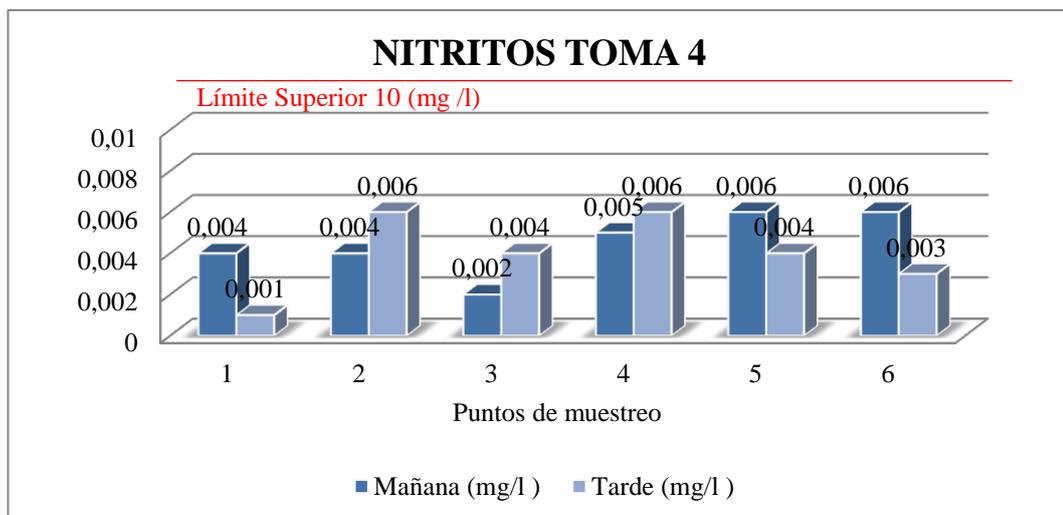


Gráfico 30: Toma 4, Nitritos del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Con base a la tabla 37 y el gráfico 30 de la toma 4 conforme a los nitritos, en su totalidad de los puntos de muestreo se ubican bajo el límite superior (10 mg/l), los niveles altos se encuentran en el P2 y P4 en la tarde y el P5 en la mañana (0.006 mg/l), sin embargo el valor bajo está en el P1 (0.001), esto indica que los nitritos del agua de la Laguna de Limpiopungo son aptos para los cultivos.

NITRATOS

Tabla 37: Toma 1 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,60	0,00	0,30	0,21	Nitratos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0,30	0,10	0,20	0,07	
P3	0,00	0,50	0,25	0,18	
P4	0,10	0,00	0,05	0,04	
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	
P6	0,50	1,30	0,90	0,28	
\bar{x} (mg/l)	0,25	0,32	0,28	0,13	
σ (mg/l)	0,26	0,52	0,32	0,11	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

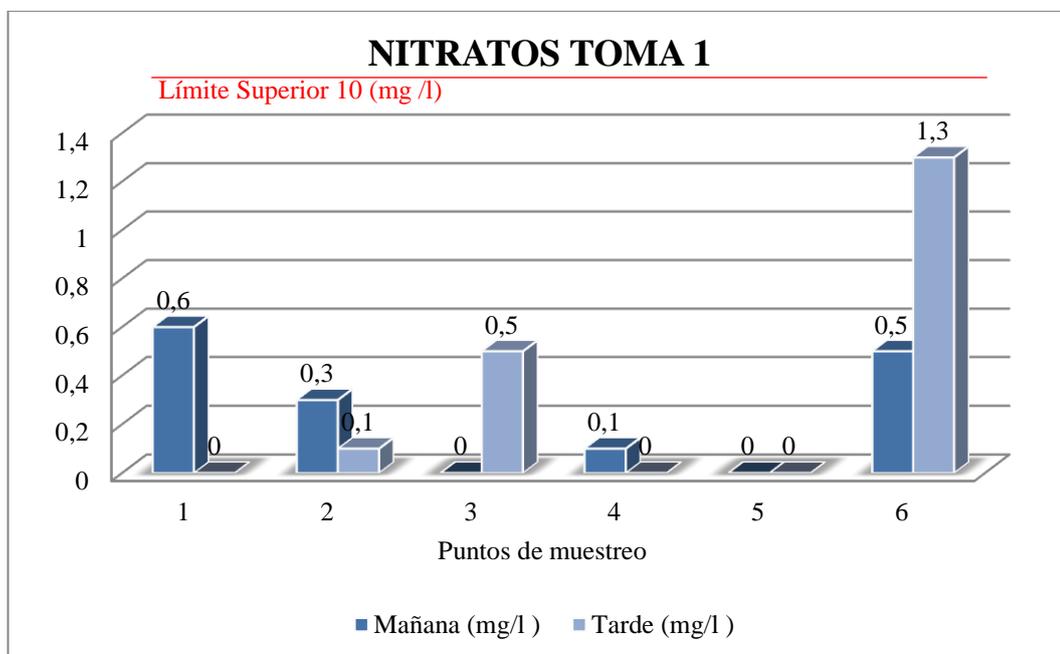


Gráfico 31: Toma 1 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la tabla 38 y en el gráfico 31 se establece la toma 1 de nitratos, en donde Monge (86), informa que el valor máximo permitido es hasta 10mg/l; lo que se muestra en esta primera toma es que todos los puntos de muestreo, es decir el 100%, de las muestras tomadas en la mañana y en la tarde se ubican dentro de este rango. Además, es posible notar que el punto 6 de la tarde alcanza un total de 1,3 mg/l; por su parte, el punto 1 de la tarde, 3 de la mañana y 5 de la tarde y mañana obtuvieron un resultado de 0.

Tabla 38: Toma 2 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{X} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,65	0,1	0,50	0,35	Nitratos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0,4	0,07	0,15	0,11	
P3	0,15	0,03	0,15	0,04	
P4	0,35	0,03	0,05	0,04	
P5	0,20	0,07	0,15	0,04	
P6	0,70	0,07	0,75	0,04	
\bar{X} (mg/l)	0,38	0,20	0,29	0,10	
σ (mg/l)	0,39	0,30	0,27	0,13	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

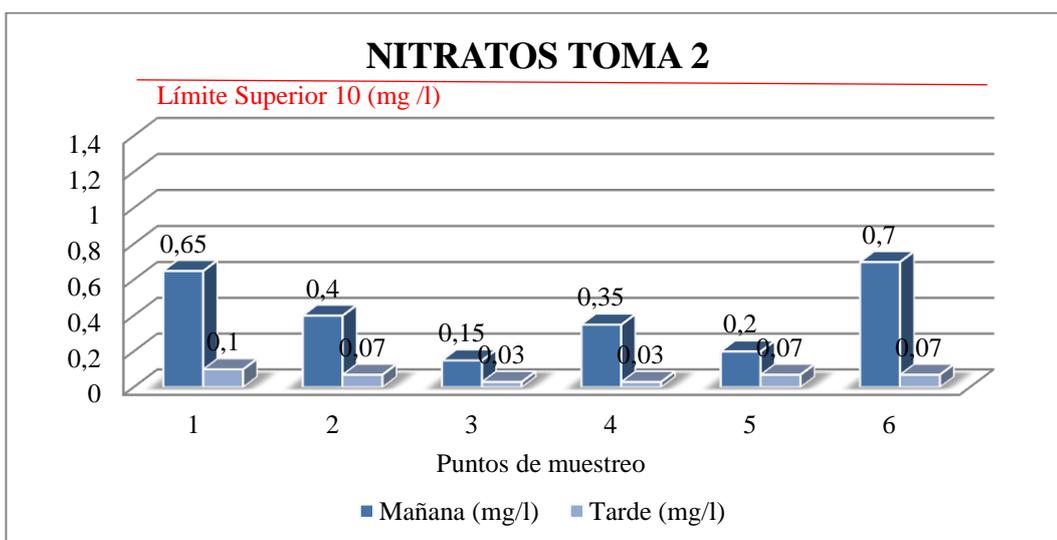


Gráfico 32: Toma 2 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la tabla 39 y figura 32, se plasman los resultados de los 6 puntos de muestreo realizados en la toma 2, en donde el 100% de dichos resultados se encuentran entre el valor máximo permitido (10mg/l). Se puede notar que en el punto 6 de la toma matutina existe un valor de 0,7; y el valor inferior es de 0,1 detectado en el punto 1 de la tarde. Estos resultados permiten entrever que el agua es de óptima calidad en cuanto a nitratos se refiere.

Tabla 39: Toma 3 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,90	0,50	0,70	0,14	Nitratos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0,10	0,10	0,10	0,00	
P3	0,11	0,10	0,11	0,00	
P4	0,00	0,20	0,10	0,07	
P5	0,30	0,10	0,20	0,07	
P6	0,50	0,50	0,50	0,00	
\bar{x} (mg/l)	0,32	0,25	0,28	0,05	
σ (mg/l)	0,34	0,20	0,26	0,06	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

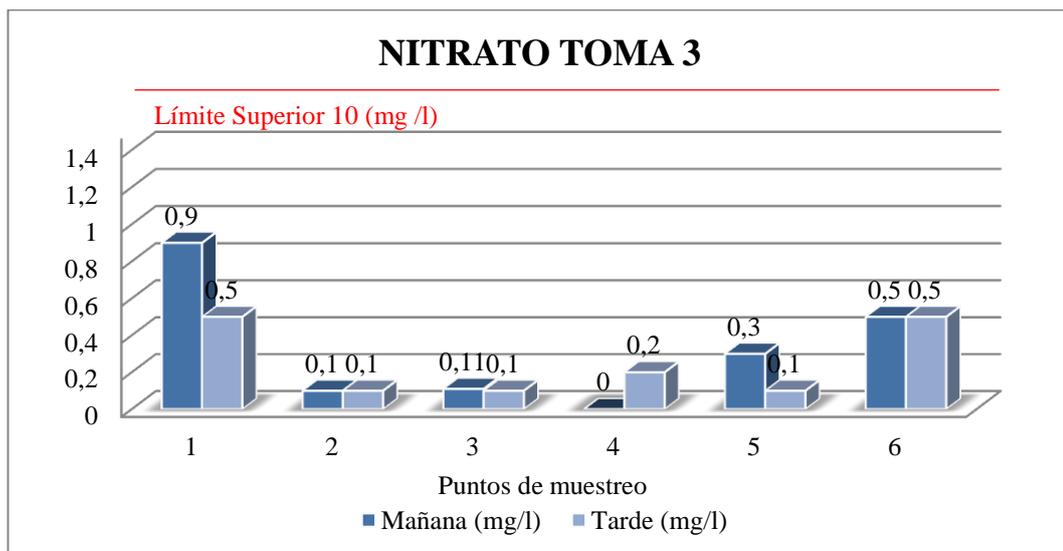


Gráfico 33: Toma 3 Nitratos medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Conforme con los resultados obtenidos en la toma tres, se puede evidenciar que los seis puntos de muestreo tomados en la mañana y en la tarde se ubican por debajo de los 10mg/l; por lo que el 100% de los resultados indican que el agua de la Laguna de Limpiopungo es apta para los cultivos. El valor con mayor inferioridad se obtuvo en el punto 4 de la mañana con un resultado de 0.

Tabla 40: Toma 4 Concentración de Nitrato de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,80	0,50	0,65	0,11	Nitratos Valor Máximo Permitido (10mg/l)
P2	0,50	0,30	0,40	0,07	
P3	0,20	0,10	0,15	0,04	
P4	0,40	0,30	0,35	0,04	
P5	0,30	0,10	0,20	0,07	
P6	0,80	0,60	0,70	0,07	
\bar{x} (mg/l)	0,50	0,32	0,41	0,06	
σ (mg/l)	0,25	0,20	0,23	0,03	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

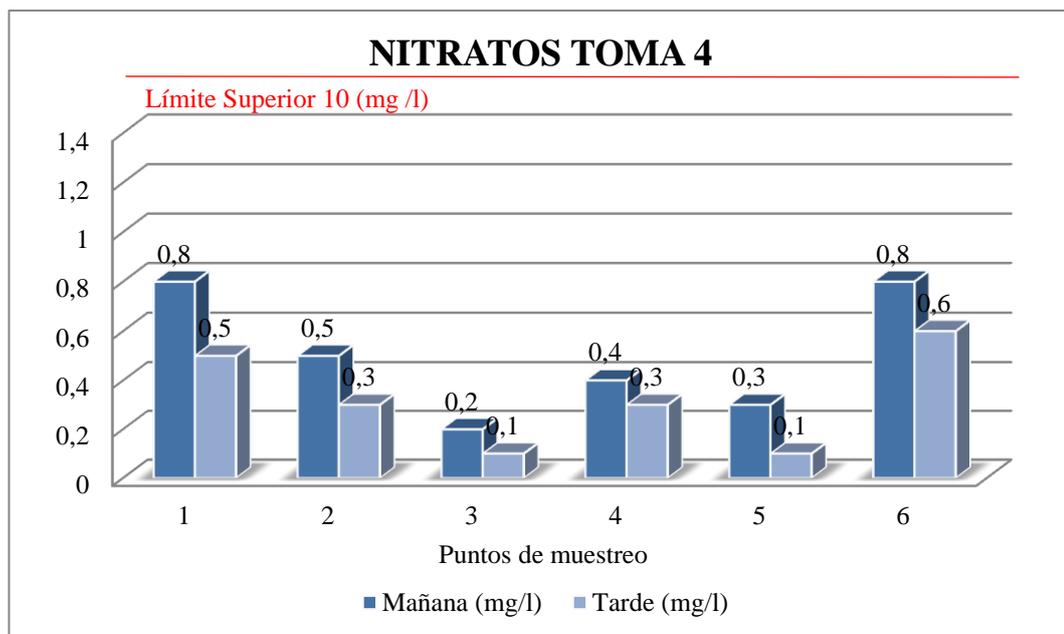


Gráfico 34: Toma 4 Nitratos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según Monge (86), menciona que el rango normal de nitrato para el agua de regadío y agricultura se encuentra de 0 a 10 mg/l, lo que indica que todas las muestras es decir el 100% de las muestras tomadas en los seis puntos tanto en la mañana como en la tarde, los seis muestreos están dentro de este rango, lo que permite evidenciar que el agua de la Laguna Limpiopungo, es apta para los cultivos.

AMONIACO

Tabla 41: Toma 1 Concentración de Amoniac de Agua de la Laguna de Limpio-pungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,01	0,00	0,01	0,01	Amoniac Valor Máximo Permitido (1,0 mg/l)
P2	0,01	0,00	0,01	0,01	
P3	0,01	0,01	0,01	0,00	
P4	0,01	0,01	0,01	0,00	
P5	0,01	0,01	0,01	0,00	
P6	0,00	0,01	0,01	0,01	
\bar{x} (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,00	
σ (mg/l)	0,00	0,01	0,00	0,00	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

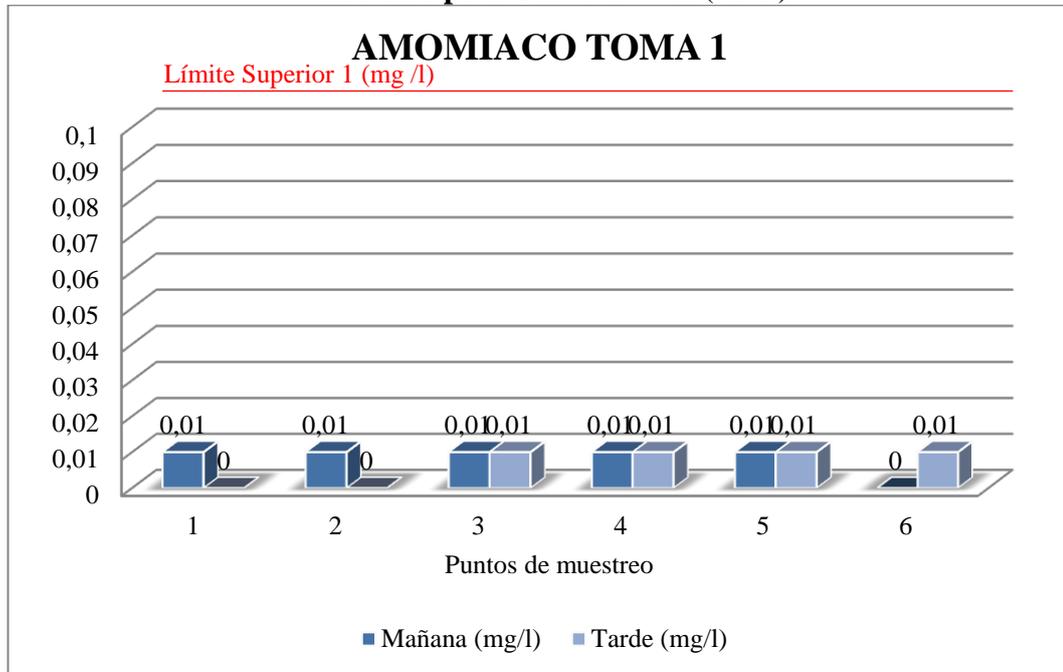


Gráfico 35: Toma 1 Amoniac Agua de la Laguna de Limpio-pungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo 1 (83), menciona que el rango normal del amoniaco e aguas de consumo humano y de uso doméstico no debe sobrepasar el 1,0 mg/l; por ende en la tabla 42 y gráfico 35 el 100% de los resultados no sobre pasa el limite; en la toma 1 los valores de los puntos de muestreo son menores al valor máximo permitido (1,0 mg/l), en los puntos P1, P2, P3 y P4 (0.01 mg/l) los valores en la mañana son altos al igual que los puntos P3, P4 y P5 de la tarde (0.01 mg/l); en cuanto los valores bajos se encuentran en el P1 y P2 de la tarde y el P6 de la mañana (0.00 mg/l), siendo apta para el uso en los cultivos.

Tabla 42: Toma 2 Concentración de Amoniaco de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,01	0,01	0,01	0,00	Amoniaco Valor Máximo Permitido (1,0 mg/l)
P2	0,01	0,01	0,01	0,00	
P3	0,02	0,00	0,01	0,01	
P4	0,01	0,01	0,01	0,00	
P5	0,01	0,00	0,01	0,01	
P6	0,01	0,00	0,01	0,01	
\bar{X} (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,00	
σ (mg/l)	0,00	0,01	0,00	0,01	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

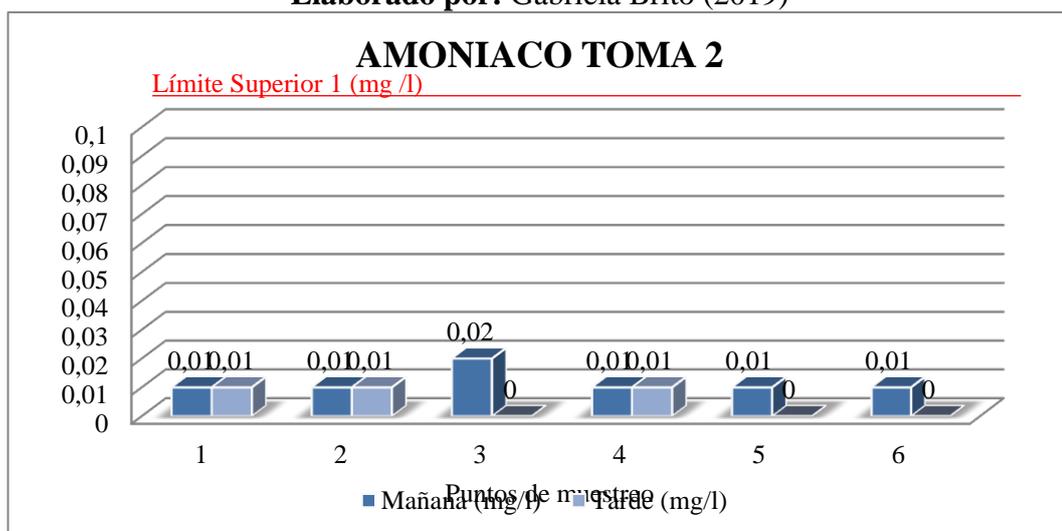


Gráfico 36: Toma 2 Amoniaco Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En la tabla 43 y gráfico 36 referente a la toma 2 de amoniaco, el 100% de los puntos de muestreo se encuentran bajo en límite permitido (1,0 mg/l); el valor alto se ubica en el P3 (0.02 mg/l) y el valor bajo se halla en los puntos P3, P5 y P6 (0.00 mg/l). Por ende, el presente contaminante en el agua no causará algún problema en los sembríos.

Tabla 43: Toma 3 Concentración de Amoniaco de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{X} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	Amoniaco Valor Máximo Permitido (1,0 mg/l)
P2	0,01	0,01	0,01	0,00	
P3	0,00	0,00	0,00	0,00	
P4	0,01	0,01	0,01	0,00	
P5	0,01	0,00	0,01	0,01	
P6	0,01	0,00	0,01	0,01	
\bar{X} (mg/l)	0,01	0,00	0,01	0,00	
σ (mg/l)	0,01	0,01	0,00	0,00	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

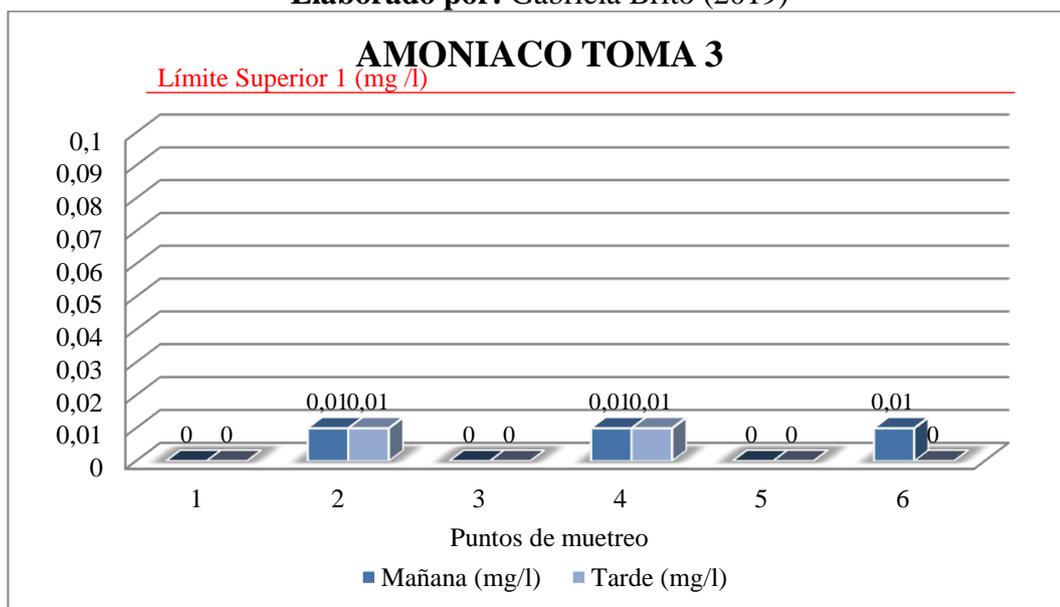


Gráfico 37: Toma 3 Amoniaco medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Con base en a la toma 3 referente al amoniaco, en los 6 puntos geográficos de la Laguna Limpiopungo se evidencio que el 100% de las muestras se encuentran bajo en valor máximo permitido (1,0 mg/l); el punto con mayor concentración de amónica se encuentra en el P2 y P4 de las tomas de la mañana y tarde y el P6 de mañana (0.01) y de lo contrario con la menor concentración de amónica se ubica en los puntos P1, P2 y P5 de la mañana y tarde y el P6 de la tarde (0.00).

Tabla 44: Toma 4 Concentración de Amoniaco de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	0,01	0,00	0,01	0,01	Amoniaco Valor Máximo Permitido (1,0 mg/l)
P2	0,01	0,01	0,01	0,00	
P3	0,02	0,00	0,01	0,01	
P4	0,01	0,01	0,01	0,00	
P5	0,01	0,00	0,01	0,01	
P6	0,01	0,01	0,01	0,00	
\bar{x} (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,00	
σ (mg/l)	0,00	0,01	0,00	0,01	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

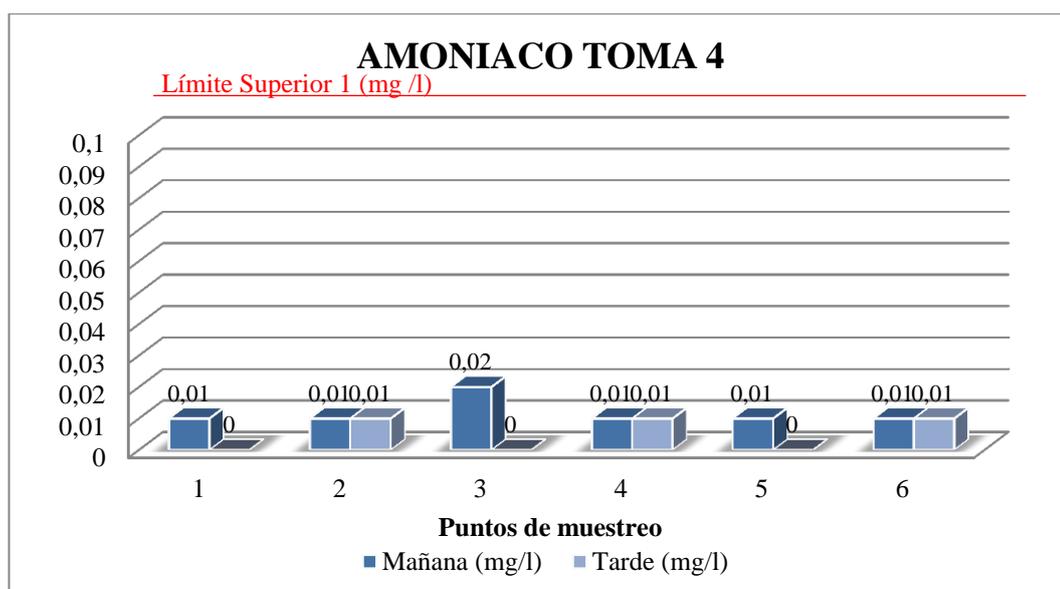


Gráfico 38: Toma 4 Amoniaco Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la toma 4 concerniente al amoniaco en el agua de la Laguna de Limpiopungo, se evidencia que el los 6 puntos de muestreo los niveles son bajos al límite superior (1,0 mg/l), el punto con mayor concentración de amoniaco esta en el P3 de la mañana (0.02 mg/l), sin embargo los puntos con bajos niveles de amónica a comparación de los demás puntos están en el P1, P3 y P5 de la tarde (0.00 mg/l). Por lo tanto, el amoniaco percibido en el lugar investigado no causar algún daño a los cultivos.

ALCALINIDAD

Tabla 45: Toma 1 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	104,00	84,00	94,00	14,14	Límite Máximo permitido: 20 mg/L
P2	76,00	70,00	73,00	4,24	
P3	68,00	65,00	66,50	2,12	
P4	83,00	74,00	78,50	6,36	
P5	68,00	62,00	65,00	4,24	
P6	60,00	60,00	60,00	0,00	
\bar{x} (mg/l)	76,50	69,17	72,83	5,19	
σ (mg/l)	15,59	8,91	12,22	4,89	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

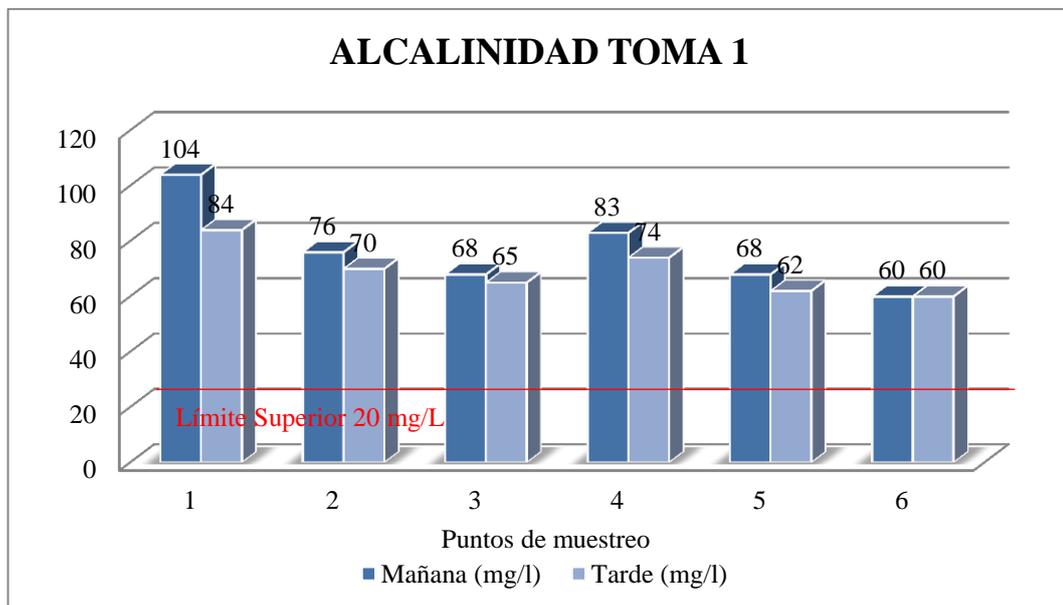


Gráfico 39: Toma 1 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

La tabla 46 y la figura 39 se observa que los puntos con mayor y menor alcalinidad de la Laguna de Limpiopungo se evidencia en el punto 1 con 104mg/l; y en el punto 6 de la muestra matutina y vespertina con 60 mg/l, hallados por encima del límite máximo. Es importante destacar que ninguno de los puntos de muestreo supera los 200mg/l. Estos resultados indican que el 100% de los

resultados se ubican sobre los límites permisibles conforme a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recursos Agua. La alcalinidad en el agua tiene relación con las sales ácidas débiles, estos componentes accionan como amortiguadores para la resistencia de la caída de pH.

Tabla 46: Toma 2 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	82,00	72,00	77,00	7,07	Límite Máximo permitido: 20 mg/L
P2	79,00	81,00	80,00	1,41	
P3	66,00	67,00	66,50	0,71	
P4	80,00	71,00	75,50	6,36	
P5	77,00	70,00	73,50	4,95	
P6	66,00	60,00	63,00	4,24	
\bar{x} (mg/l)	75,00	70,17	72,58	4,12	
σ (mg/l)	7,16	6,85	6,52	2,59	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

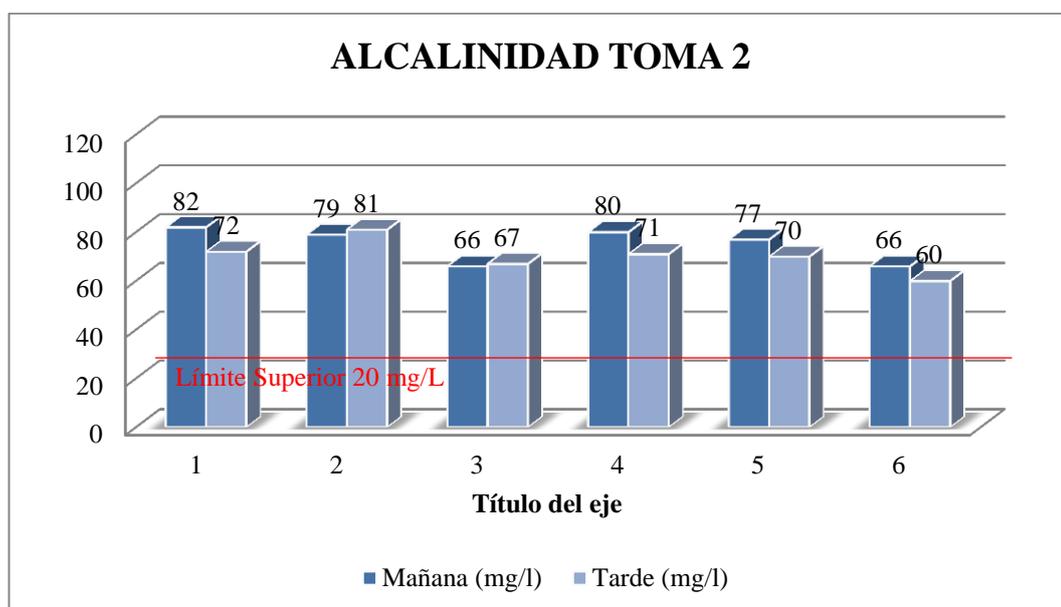


Gráfico 40: Toma 2 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En lo que respecta al gráfico 40 correspondiente a la toma 2 de alcalinidad del agua de la Laguna de Limpiopungo, se observa que el punto con mayor alcalinidad de la laguna se encuentra en el punto de muestreo 1 de la mañana con 82 mg/L; mientras que el punto 6 de la tarde presenta menor alcalinidad con 60 mg/L. Por tanto, todos los puntos se hallan por encima de los límites dispuestos en la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes.

Tabla 47: Toma 3 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	81,00	73,00	77,00	5,66	Límite Máximo permitido: 20 mg/L
P2	80,00	80,00	80,00	0,00	
P3	57,00	68,00	62,50	7,78	
P4	79,00	73,00	76,00	4,24	
P5	78,00	72,00	75,00	4,24	
P6	65,00	62,00	63,50	2,12	
\bar{x} (mg/l)	73,33	71,33	72,33	4,01	
σ (mg/l)	9,93	5,99	7,43	2,71	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

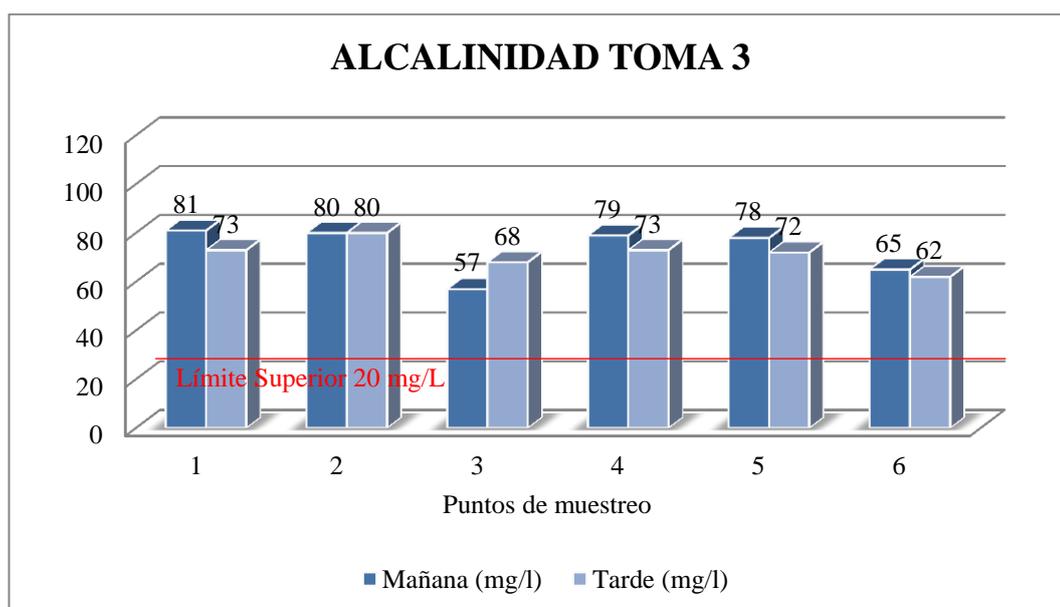


Gráfico 41: Toma 3 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

El gráfico 41 indica los puntos de muestreo de mayor y menor alcalinidad de la laguna se encuentran en el punto 1 de la mañana con un resultado de 81mg/L, por encima del límite inferior; y al punto 3 de la mañana 57 mg/L igualmente por encima de 20mg/L. Conforme con los resultados se puede mencionar que los valores de alcalinidad se encuentran sobre los límites permisibles establecidos es decir sobre los 20 mg/L, conforme con los valores de la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes.

Tabla 48: Toma 4 Concentración de Alcalinidad de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (mg/l)	Tarde (mg/l)	Media \bar{x} , (mg/l)	Desviación Estándar σ , (mg/l)	Valor Referencia
P1	69,00	66,00	67,50	2,12	Límite Máximo permitido: 20 mg/L
P2	77,00	70,00	73,50	4,95	
P3	80,00	69,00	74,50	7,78	
P4	74,00	70,00	72,00	2,83	
P5	80,00	69,00	74,50	7,78	
P6	79,00	62,00	70,50	12,02	
\bar{x} (mg/l)	76,50	67,67	72,08	6,25	
σ (mg/l)	4,32	3,14	2,73	3,70	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

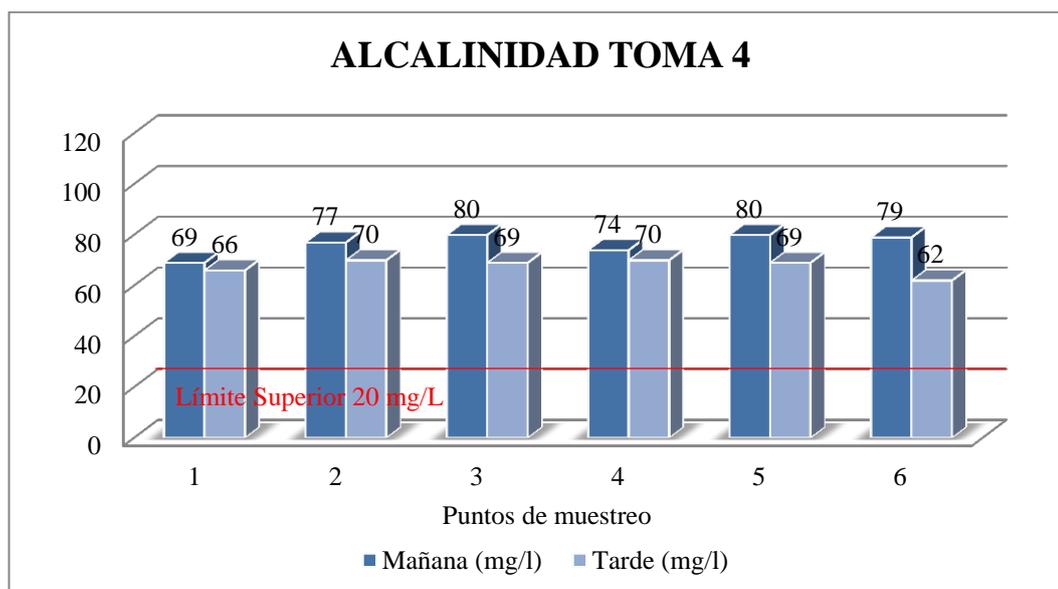


Gráfico 42: Toma 4 Alcalinidad del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo 1 (83), menciona que el límite mínimo permitido es de 20 mg/L, considerando esto y tomando los valores obtenidos en la investigación, el 100% de las muestras del agua de la Laguna de Limpiopungo se encuentran sobre este rango. En resumen, se puede mencionar que el agua de la Laguna no es segura en lo que respecta a alcalinidad, debido a que sobrepasa los límites permitidos.

TURBIDEZ

Tabla 49: Toma 1 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (NTU)	Tarde (NTU)	Media \bar{x} , (NTU)	Desviación Estándar σ , (NTU)	Valor Referencia
P1	4,00	3,71	3,86	0,21	Turbidez Valor Permitido (1 a 30 NTU)
P2	4,09	3,49	3,79	0,42	
P3	3,70	4,07	3,89	0,26	
P4	3,65	4,86	4,26	0,86	
P5	2,30	3,10	2,70	0,57	
P6	1,79	3,91	2,85	1,50	
\bar{x} (NTU)	3,26	3,86	3,56	0,64	
σ (NTU)	0,97	0,60	0,63	0,48	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

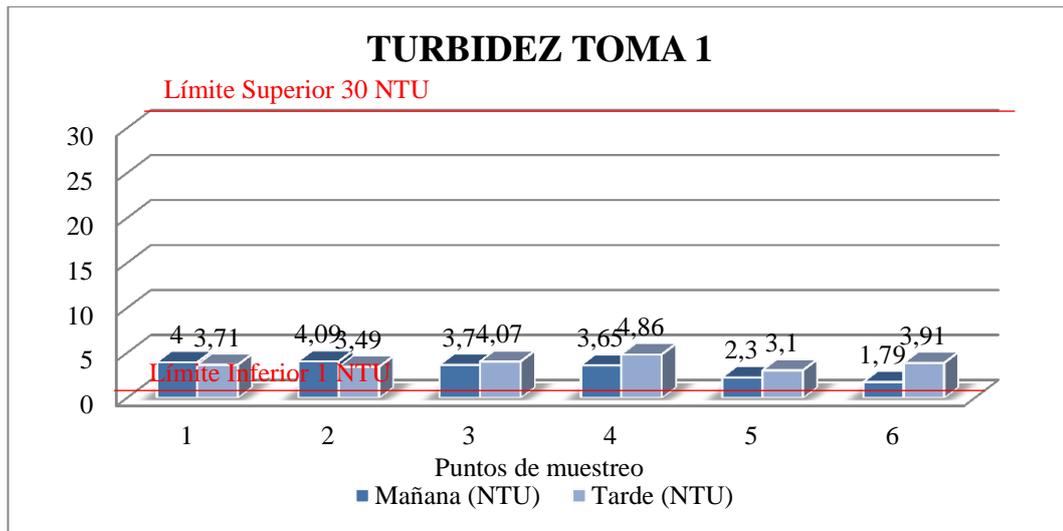


Gráfico 43: Toma 1 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo 1 (83), menciona que el valor normal de turbidez del agua está dentro del rango de 1 a 30 NTU; de manera que en la tabla 50 y gráfico 43 el 100% de los puntos de muestreo se encuentran entre los rangos, se presencia que el P4 de la tarde existe mayor turbidez a comparación de los demás puntos; por lo contrario el punto con menor turbidez se localiza en el P6 en la mañana, indicando que la calidad del agua es recomendable para los cultivos.

Tabla 50: Toma 2 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (NTU)	Tarde (NTU)	Media \bar{x} , (NTU)	Desviación Estándar σ , (NTU)	Valor Referencia
P1	4,09	3,17	3,63	0,65	Turbidez Valor Permitido (1 a 30 NTU)
P2	4,79	3,94	4,37	0,60	
P3	3,71	4,70	4,21	0,70	
P4	3,06	4,68	3,87	1,15	
P5	2,96	3,01	2,99	0,04	
P6	1,97	3,19	2,58	0,86	
\bar{x} (NTU)	3,43	3,78	3,61	0,67	
σ (NTU)	0,99	0,77	0,70	0,37	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

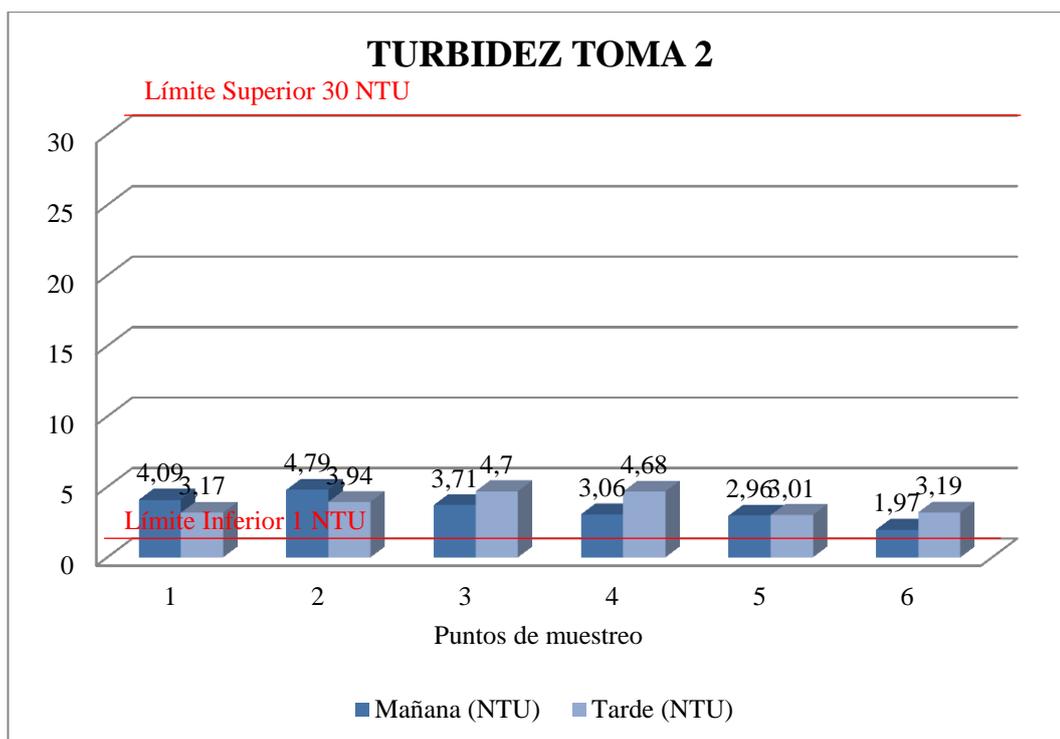


Gráfico 44: Toma 2 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

De acuerdo a la tabla 51 y gráfico 44, referente a la turbidez, se evidencia que en la toma 2 los puntos de muestre se encuentran en los rangos (1-30 NTU), el punto con significativa turbidez se localiza en el P2 en la mañana (4.78 NTU); no obstante el punto con menor turbidez esta en el P6 en la mañana (1.97 NTU).

Tabla 51: Toma 3 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (NTU)	Tarde (NTU)	Media \bar{x} , (NTU)	Desviación Estándar σ , (NTU)	Valor Referencia
P1	4,56	4,01	4,29	0,39	Turbidez Valor Permitido (1 a 30 NTU)
P2	3,29	3,65	3,47	0,25	
P3	3,74	4,01	3,88	0,19	
P4	2,59	3,52	3,06	0,66	
P5	3,06	4,06	3,56	0,71	
P6	2,99	3,24	3,12	0,18	
\bar{x} (NTU)	3,37	3,75	3,56	0,40	
σ (NTU)	0,69	0,33	0,47	0,23	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

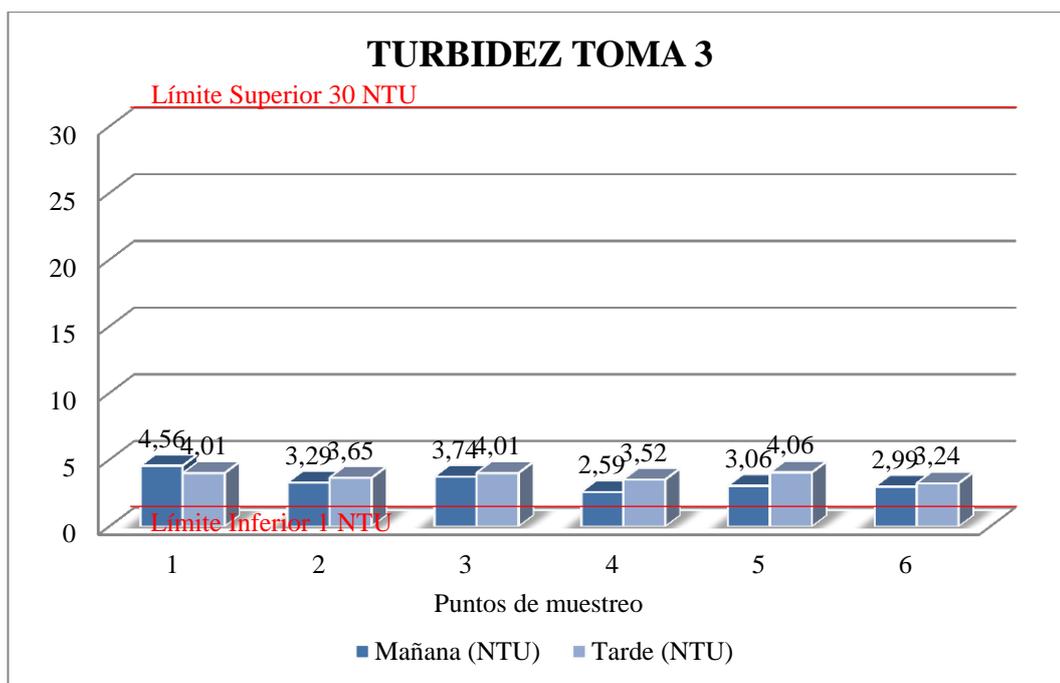


Gráfico 45: Toma 3 Turbidez medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según la toma 3 relacionada a la turbidez del agua de la Laguna de Limpiopungo, los puntos de muestreo se encuentran entre los rangos de turbidez (1-30 NTU), en el P6 de la mañana (4.56 NTU) se observa un valor mayor en referencia a los otros puntos de muestreo, pero en el P4 en la mañana (2.59 NTU) hay una menor turbidez.

Tabla 52: Toma 4 Turbidez de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (NTU)	Tarde (NTU)	Media \bar{x} , (NTU)	Desviación Estándar σ , (NTU)	Valor Referencia
P1	4,18	16,10	10,14	8,43	Turbidez Valor Permitido (1 a 30 NTU)
P2	5,19	21,00	13,10	11,18	
P3	6,01	12,70	9,36	4,73	
P4	7,11	12,30	9,71	3,67	
P5	9,01	17,60	13,31	6,07	
P6	6,10	15,20	10,65	6,43	
\bar{x} (NTU)	6,27	15,82	11,04	6,75	
σ (NTU)	1,66	3,24	1,73	2,70	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

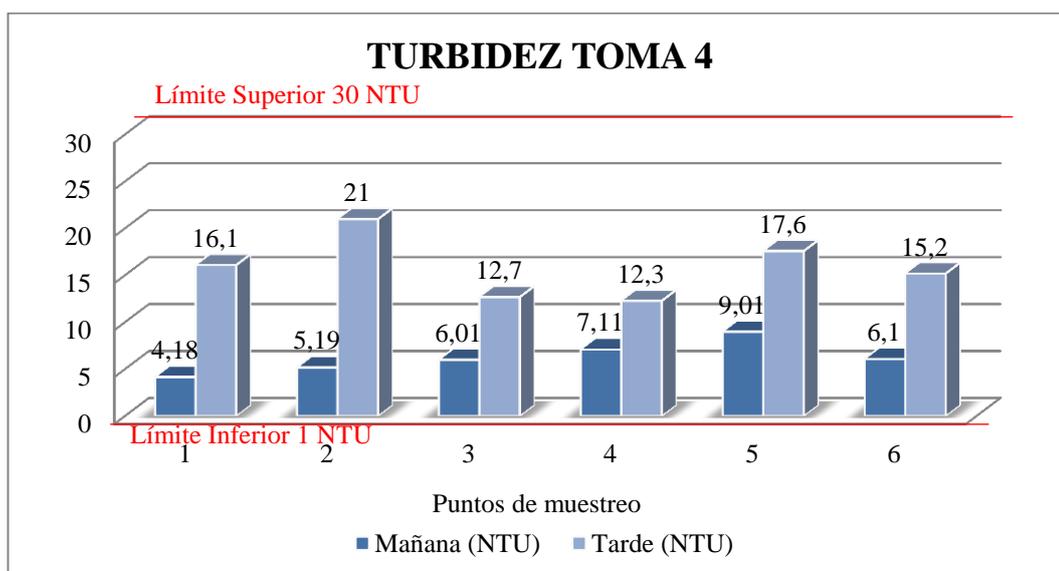


Gráfico 46: Toma 4 Turbidez del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Conforme a la toma 4 referente a la turbidez del agua, se observa que el 100% de los puntos de muestreo se encuentran dentro de los valores permitidos (1-30 NTU), el muestreo con mayor turbidez se encuentra en el P2 (21 NTU) en la tarde y con menor turbidez se localiza en el P1 (4.18) en la mañana. Por ende, la turbidez de la Laguna de Limpiopungo es considerada de calidad para los cultivos.

4.2.BACTERIAS

Escherichia coli

Tabla 53: Toma 1 Conteo de *E. coli* en placa Petri Film de 100ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	0,00	1,00	0,50	0,71	<i>E. coli</i> Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	
P3	1,00	0,00	0,50	0,71	
P4	0,00	0,00	0,00	0,00	
P5	0,00	1,00	0,50	0,71	
P6	1,00	0,00	0,50	0,71	
\bar{x} (UFC/100mL)	0,33	0,33	0,33	0,47	
σ (UFC/100mL)	0,52	0,52	0,26	0,37	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

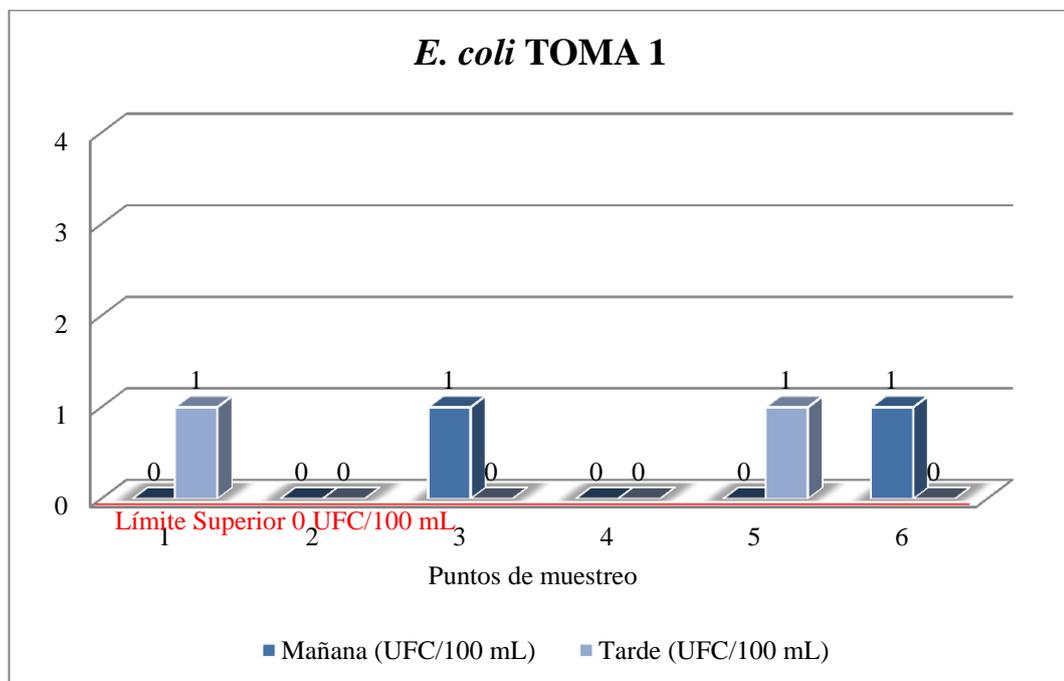


Gráfico 47: Toma 1 *E. coli* del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

La tabla 54 y gráfico 47 muestra la toma 1 de *E. coli*, en donde existe una fluctuación de resultados en los seis puntos de muestreo de 0 a 1mL. Con ello, se puede mencionar que la mayor parte de los resultados se encuentran dentro del valor permitido que estipula el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (87), es decir entre 0UFC/ 100 mL. Mientras que en 4 puntos sobrepasa dicho rango.

Tabla 54: Toma 2 *E. coli* de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	<i>E. coli</i> Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	2,00	0,00	1,00	1,41	
P3	0,00	0,00	0,00	0,00	
P4	0,00	0,00	0,00	0,00	
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	
P6	0,00	0,00	0,00	0,00	
\bar{x} (UFC/100mL)	0,33	0,00	0,17	0,24	
σ (FC/100mL)	0,82	0,00	0,41	0,58	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

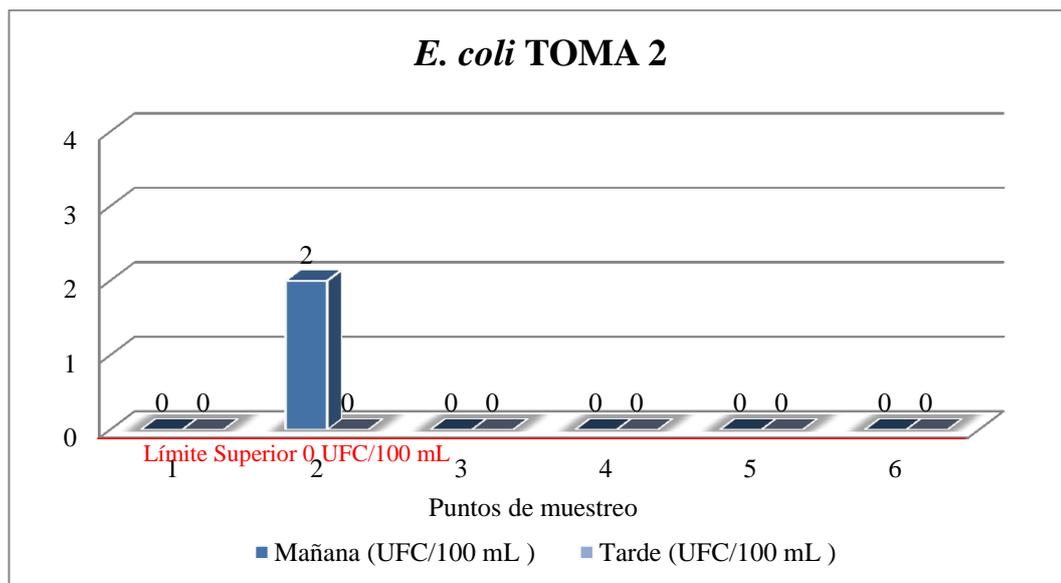


Gráfico 48: Toma 2 *E. coli* del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

El gráfico 48 expone los resultados del segundo contaje de *E. coli* del Agua de la Laguna de Limpiopungo, observándose el promedio de los muestreos tomados en las horas de la mañana y de la tarde, en donde se evidencia un promedio generalizado en todos los puntos con un total de 0mL a excepción del punto 2 de la mañana cuyo resultado sobrepasa el limite permisible con 2mL.

Tabla 55: Toma 3 *E. coli* de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	0,00	0,00	0,00	0,00	<i>E. coli</i> Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	
P3	0,00	4,00	2,00	2,83	
P4	0,00	0,00	0,00	0,00	
P5	0,00	1,00	0,50	0,71	
P6	0,00	0,00	0,00	0,00	
\bar{x} (UFC/100mL)	0,00	0,83	0,42	0,59	
σ (UFC/100mL)	0,00	1,60	0,80	1,13	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

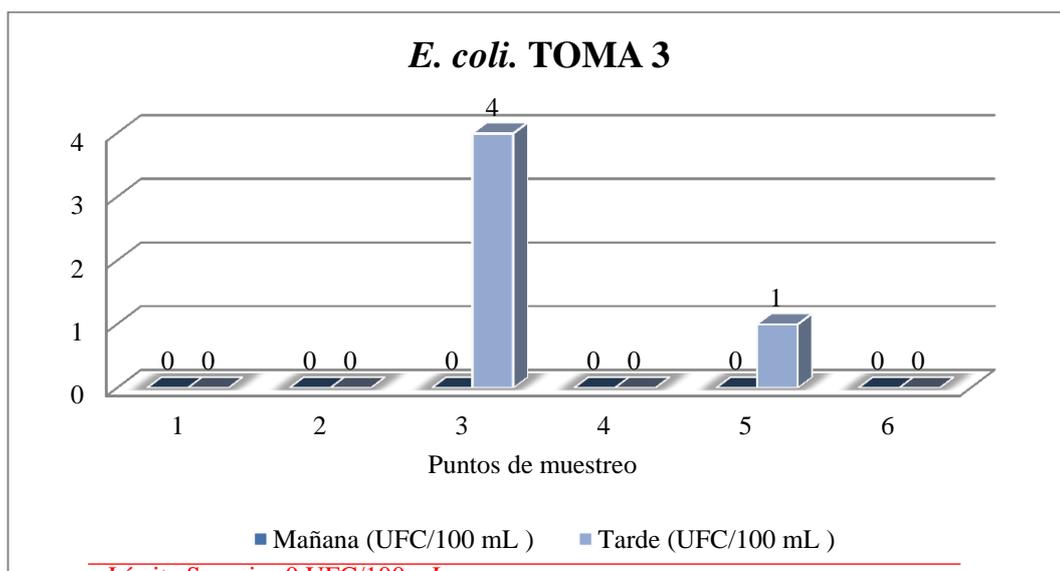


Gráfico 49: Toma 3 *E. coli* del Agua de la Laguna de Limpiopungo

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En el gráfico 49, se evidencian valores bajos en la mayor parte de muestreos tomados por tercera vez, con una concentración de 0 mL en lo que respecta a *E. coli* de Agua de la Laguna de Limpiopungo. Sin embargo, se pudo notar que el punto 3 y 5 de las tomas de la tarde un resultado de 4 mL y 1 mL respectivamente, pese a ello, la mayor parte de los valores se encuentran dentro de los valores permitidos, es decir 0 UGC/100 mL.

Tabla 56: Toma 4 *E. coli* de Agua de la Laguna de Limpiopungo

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	0,00	1,00	0,50	0,71	<i>E. coli</i> Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	0,00	0,00	0,00	0,00	
P3	0,00	2,00	1,00	1,41	
P4	0,00	2,00	1,00	1,41	
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	
P6	0,00	0,00	0,00	0,00	
\bar{x} (UFC/100mL)	0,00	0,83	0,42	0,59	
σ (UFC/100mL)	0,00	0,98	0,49	0,70	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

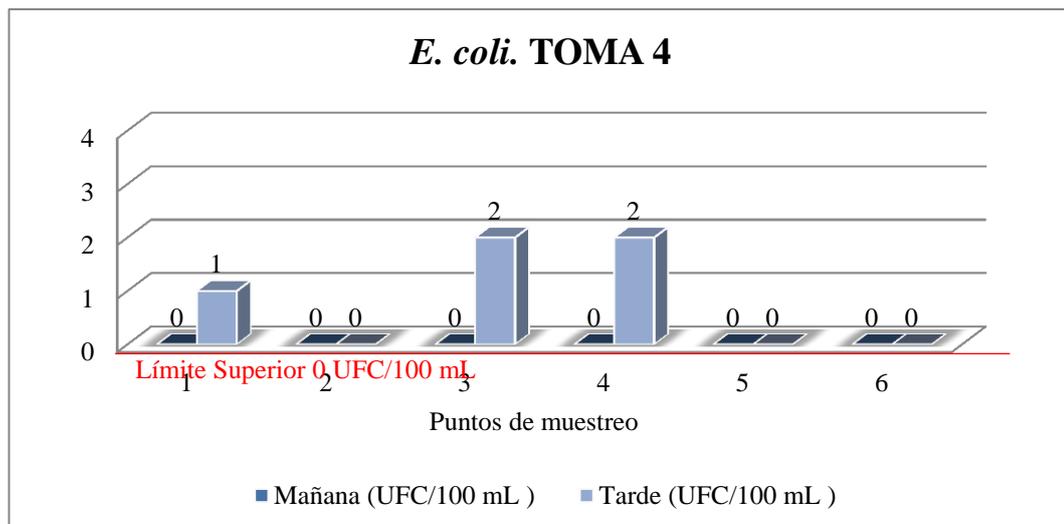


Gráfico 50: Toma 4 *E. coli* del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (87), el valor permisible de *Escherichia coli* es de 0 UFC/100 mL para que el agua sea apta para el consumo humano. Los valores en la toma 4 indican en casi todos los puntos de muestreo exponen un total de 0 UFC/100 mL; es decir se encuentra dentro de los rangos permisibles. No obstante, en los puntos de muestreo 1, 3 y 4 de la tarde, se evidencian valores sobre los límites permitidos; sin embargo, se puede mencionar que el agua se encuentra dentro de la normativa para dicho consumo.

Aerobios Mesófilos

Tabla 57: Toma 1 Conteo de *Aerobios mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/ml)	Tarde (UFC/ml)	Media \bar{x} , (UFC/ml)	Desviación Estándar σ , (UFC/ml)	Valor Referencia
P1	23,00	98,00	60,50	53,03	Aerobios Valor Permitido (= $\delta > 200$ UFC/ml)
P2	26,00	50,00	38,00	16,97	
P3	137,00	153,00	145,00	11,31	
P4	139,00	149,00	144,00	7,07	
P5	70,00	92,00	81,00	15,56	
P6	19,00	15,00	17,00	2,83	
\bar{x} (UFC/ml)	69,00	92,83	80,92	17,80	
σ (UFC/ml)	56,55	54,21	53,72	18,05	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

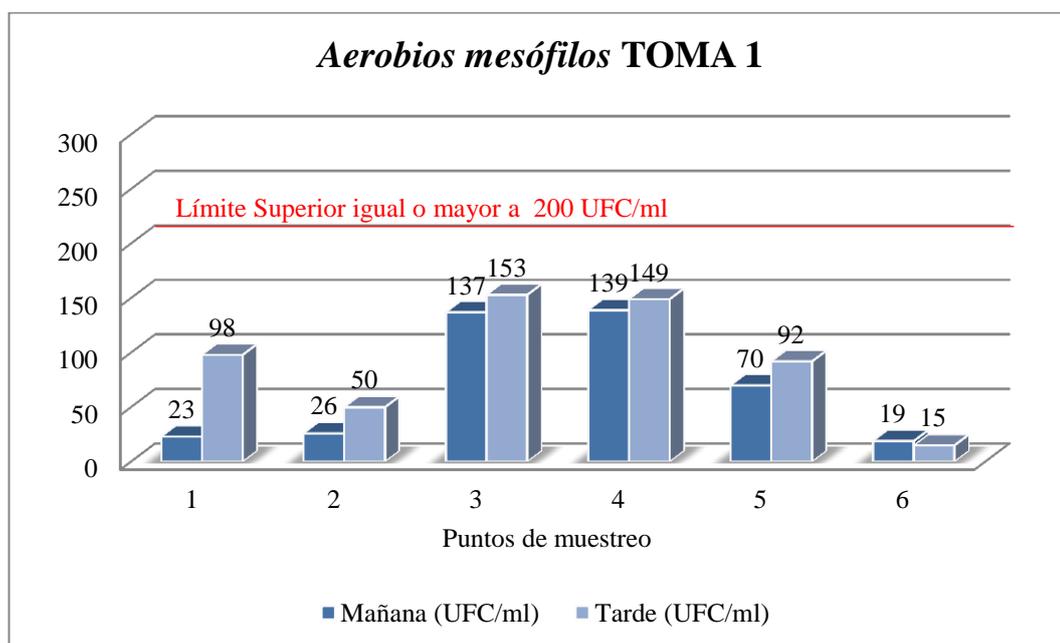


Gráfico 51: Toma 1 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

El gráfico 51 indica el comportamiento bacteriano durante el primer día de muestreo de los Aerobios Mesófilos en las aguas de la Laguna de Limpiopungo, donde el 100% de los resultados observados son menores a los 200 UFC/ml. Se visualiza un resultado mayor en el punto 3 con un total de 153 UFC/ml; mientras

que en el punto 6 de la tarde con un total 15 UFC/ml. Estos valores de referencia corresponden al estudio sobre la calidad microbiología del agua del consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora (88).

Tabla 58: Toma 2 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/ml)	Tarde (UFC/ml)	Media \bar{x} , (UFC/ml)	Desviación Estándar σ , (UFC/ml)	Valor Referencia
P1	27,00	77,00	52,00	35,36	Aerobios Valor Permitido (= 6 >200 UFC/ml)
P2	35,00	98,00	66,50	44,55	
P3	286,00	129,00	207,50	111,02	
P4	112,00	82,00	97,00	21,21	
P5	96,00	58,00	77,00	26,87	
P6	62,00	38,00	50,00	16,97	
\bar{x} (UFC/ml)	103,00	80,33	91,67	42,66	
σ (UFC/ml)	95,60	31,58	59,34	34,92	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

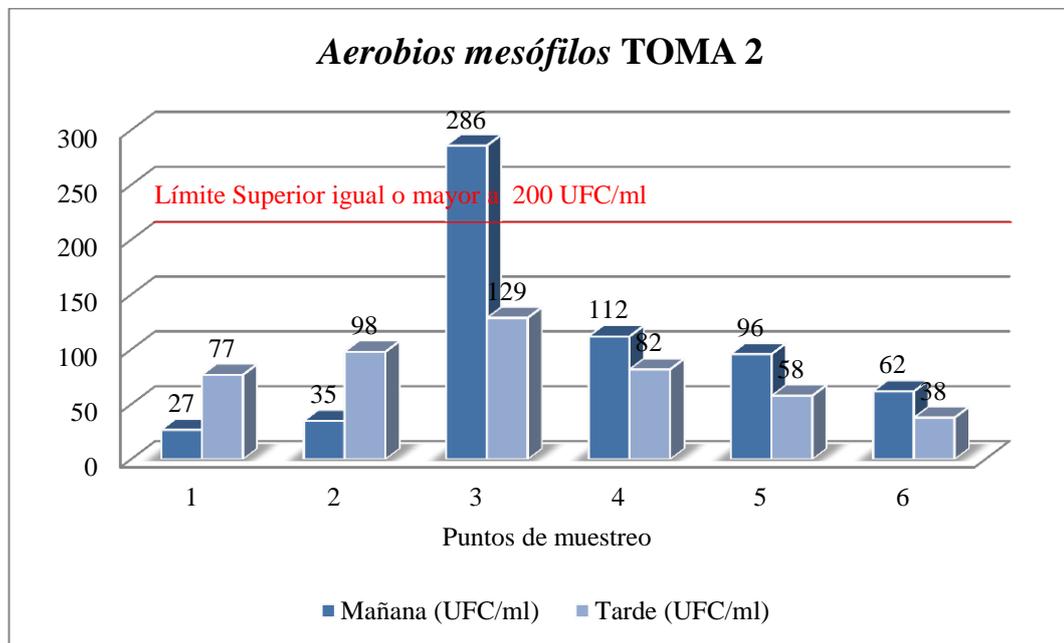


Gráfico 52: Toma 2 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En el gráfico 52, se exponen los resultados de la toma dos en el contero de *Aerobios Mesófilos*, se observa que en el punto 3 de la mañana supera los 200 UFC/ml con un valor de 286 UFC/ml, convirtiéndose en el lugar con mayor concentración bacteriológico (*Aerobios Mesófilos*). Además el punto 1 de mañana indica el valor más bajo de toda la toma con 27 UFC/ml.

Tabla 59: Toma 3 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/ml)	Tarde (UFC/ml)	Media \bar{x} , (UFC/ml)	Desviación Estándar σ , (UFC/ml)	Valor Referencia
P1	44,00	53,00	48,50	6,36	Aerobios Valor Permitido (= ó >200 UFC/ml)
P2	25,00	30,00	27,50	3,54	
P3	89,00	75,00	82,00	9,90	
P4	123,00	97,00	110,00	18,38	
P5	47,00	69,00	58,00	15,56	
P6	40,00	18,00	29,00	15,56	
\bar{x} (UFC/ml)	61,33	57,00	59,17	11,55	
σ (UFC/ml)	37,01	29,44	32,04	5,88	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

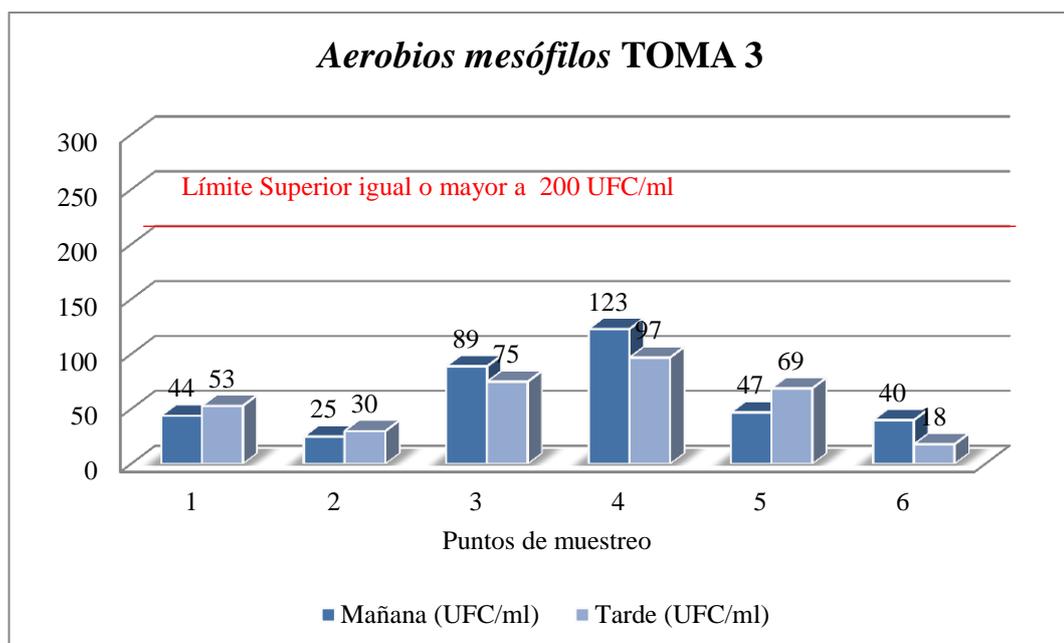


Gráfico 53: Toma 3 *Aerobios mesófilos* del Agua de la Laguna de Limpiopungo
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En el gráfico 53 se observan los resultados del conteo de *Aerobios Mesófilos* en una tercera toma. En los 6 puntos de muestreo se identifica que el 100% de los resultados se ubican dentro de los valores permitidos, es decir menores a 200 UFC/ml; en donde, 123 UFC/ml es el valor más alto detectado en el punto 4 de la mañana, y 18 UFC/ml el valor menor de toda la toma hallado en el punto 6 de la tarde. Se debe mencionar que ningún valor se extiende fuera de los establecidos por el estudio sobre la calidad microbiología del agua del consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora (88).

Tabla 60: Toma 4 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/ml)	Tarde (UFC/ml)	Media \bar{x}, (UFC/ml)	Desviación Estándar σ, (UFC/ml)	Valor Referencia
P1	120,00	134,00	127,00	9,90	Aerobios Valor Permitido (= $\sigma > 200$ UFC/ml)
P2	22,00	186,00	104,00	115,97	
P3	190,00	105,00	147,50	60,10	
P4	98,00	201,00	149,50	72,83	
P5	38,00	58,00	48,00	14,14	
P6	33,00	120,00	76,50	61,52	
\bar{x} (UFC/ml)	83,50	134,00	108,75	55,74	
σ (UFC/ml)	65,25	52,93	40,62	39,51	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

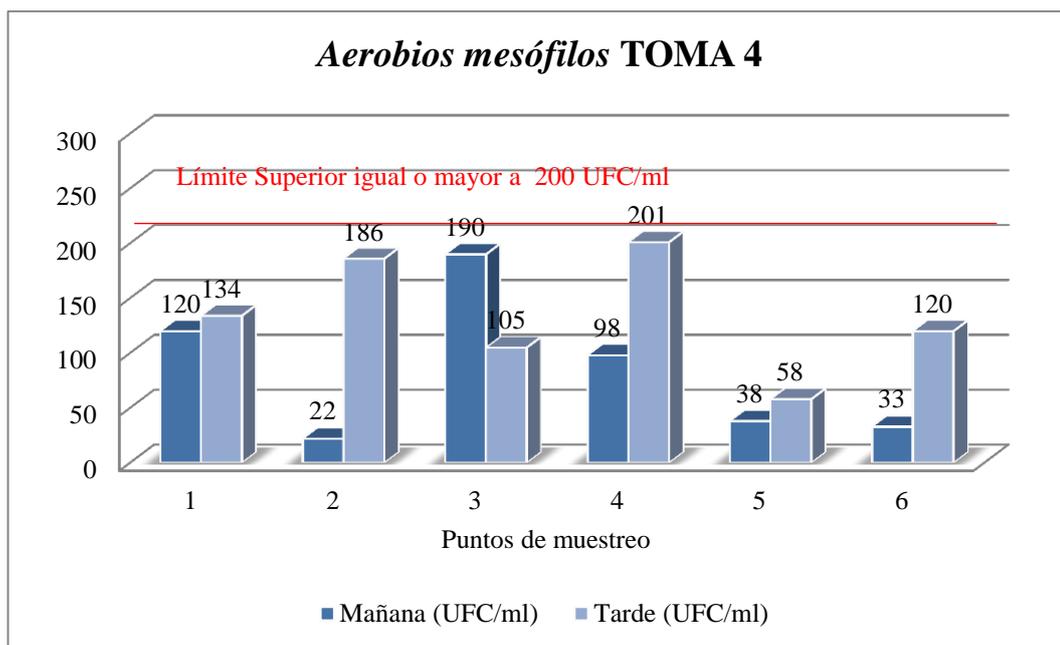


Gráfico 54: Toma 4 Conteo de *Aerobios Mesófilos* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Un estudio realizado en México sobre la calidad microbiológica del agua del consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora (88) indica que el valor permisible de aerobios es igual o mayor a 200 UFC/ml para el consumo humano, con estas consideraciones, el 100% de las muestras de agua de todos los puntos de la Laguna de Limpiopungo durante la mañana y la tarde están dentro del rango permitido de igual o mayor 200 UFC/ml. Verificando de esta forma que el agua de esta laguna esta apta para el uso agrícola y para el consumo humano debe seguir un tratamiento.

Coliformes Totales

Tabla 61: Toma 1 Conteo de *Coliformes Totales* en placa Petrifilm de 1ml de muestra de agua de la Laguna de Limpiopungo.

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	10,00	76,00	43,00	46,67	Coliformes Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	14,00	14,00	14,00	0,00	
P3	4,00	6,00	5,00	1,41	
P4	10,00	2,00	6,00	5,66	
P5	7,00	2,00	4,50	3,54	
P6	3,00	0,00	1,50	2,12	
\bar{x} (UFC/100 mL)	8,00	16,67	12,33	9,90	
σ (UFC/100 mL)	4,15	29,49	15,59	18,12	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

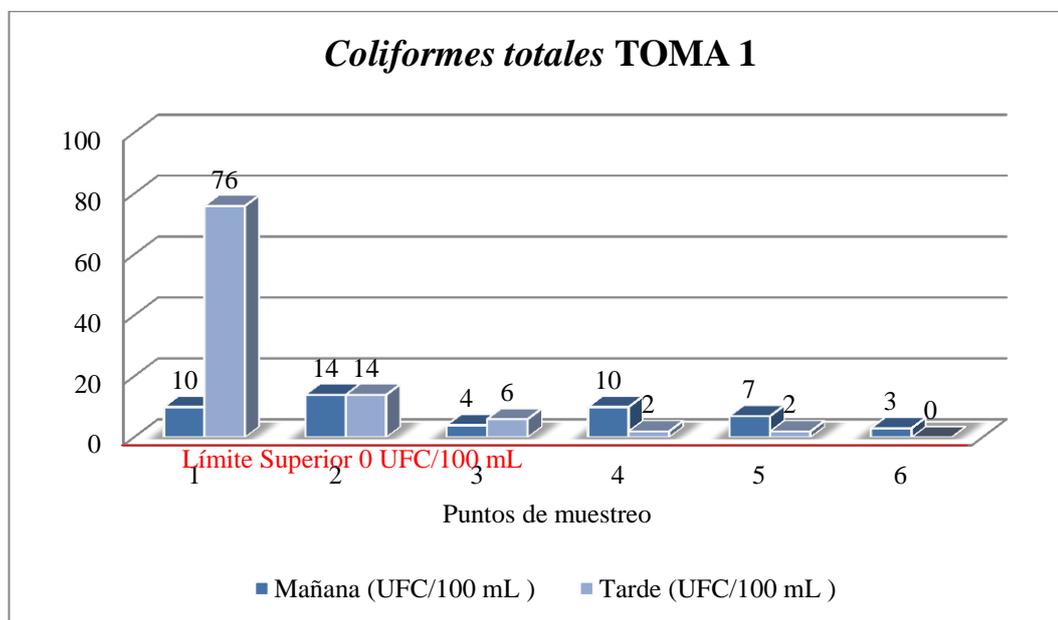


Gráfico 55: Toma 1 *Coliformes Totales* medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En el gráfico 55 se exponen los valores totales sobre los 6 puntos de muestreo de una primera toma de *Coliformes Totales*, se muestra al punto 1 de la tarde un valor mayor al promedio de toda la toma con 76 UFC/mL y al punto 6 de la tarde un valor menor con 0 UFC/mL. Los valores de cada punto en las horas de la tarde y mañana no se ubican dentro de los límites permisibles por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (87).

Tabla 62: Toma 2 Conteo de *Coliformes Totales* de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	7,00	45,00	26,00	26,87	Coliformes Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	5,00	17,00	11,00	8,49	
P3	7,00	28,00	17,50	14,85	
P4	6,00	11,00	8,50	3,54	
P5	9,00	13,00	11,00	2,83	
P6	1,00	6,00	3,50	3,54	
\bar{x} (UFC/100 mL)	5,83	20,00	12,92	10,02	
σ (UFC/100 mL)	2,71	14,31	7,84	9,44	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

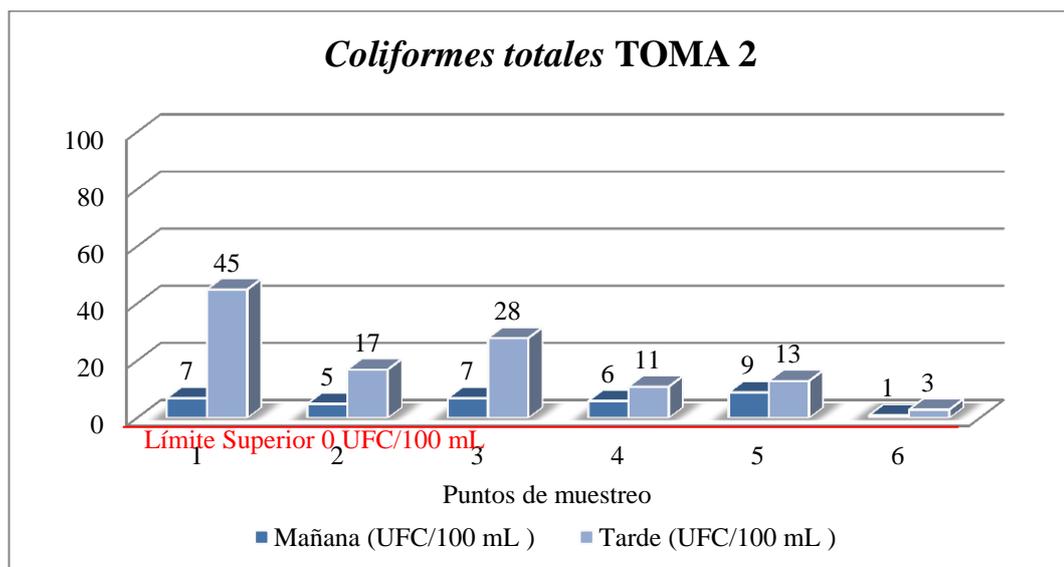


Gráfico 56: Toma 2 Conteo de *Coliformes Totales* medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En horas de la mañana el punto 6 muestra una concentración de *Coliformes Totales* de 1 UFC/mL; mientras que en el punto 1 de la tarde se mantiene una concentración alta de la toma bacteriológica de 45 UFC/mL con respecto al promedio de todos los puntos de muestreo. Es importante destacar que en esta toma, todos los valores exceden los límites permisibles estipulados por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (87).

Tabla 63: Toma 3 Conteo de *Coliformes Totales* de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	15,00	28,00	21,50	9,19	Coliformes Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	8,00	11,00	9,50	2,12	
P3	3,00	14,00	8,50	7,78	
P4	14,00	7,00	10,50	4,95	
P5	4,00	7,00	5,50	2,12	
P6	2,00	2,00	2,00	0,00	
\bar{x} (UFC/100 mL)	7,67	11,50	9,58	4,36	
σ (UFC/100 mL)	5,68	9,05	6,61	3,59	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

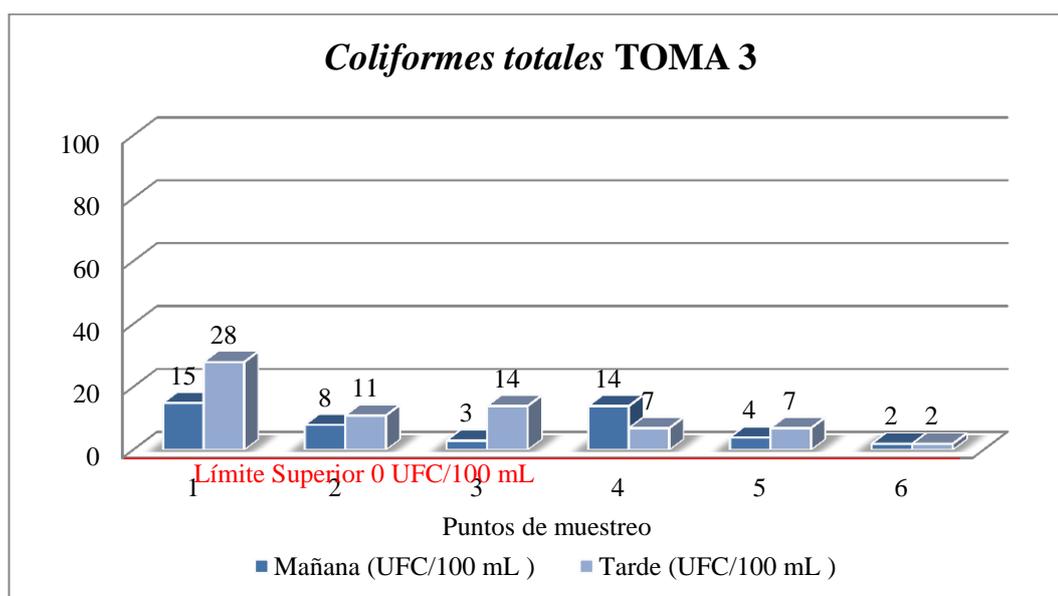


Gráfico 57: Toma 3 Conteo de *Coliformes Totales* medidos en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

En el gráfico 57 se evidencia el tercer día de muestro de *Coliformes Totales*, el 100% de los resultados no se encuentran dentro de los límites permisibles. Se puede entrever una disminución significativa de la concertación bacteriana en el punto 1 de la tarde con un valor de 28 UFC/mL. Mientras que en las dos muestras de la mañana y de la tarde del punto 6 se evidencia un total de 2 UFC/mL.

Tabla 64: Toma 4 Conteo de *Coliformes Totales* de Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia.

Puntos	Mañana (UFC/100 mL)	Tarde (UFC/100 mL)	Media \bar{x} , (UFC/100 mL)	Desviación Estándar σ , (UFC/100mL)	Valor Referencia
P1	13,00	66,00	39,50	37,48	Coliformes Valor Permitido (0 UFC/100 mL)
P2	5,00	87,00	46,00	57,98	
P3	4,00	24,00	14,00	14,14	
P4	0,00	23,00	11,50	16,26	
P5	4,00	4,00	4,00	0,00	
P6	0,00	5,00	2,50	3,54	
\bar{x} (UFC/100 mL)	4,33	34,83	19,58	21,57	
σ (UFC/100 mL)	4,76	34,03	18,58	22,15	

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

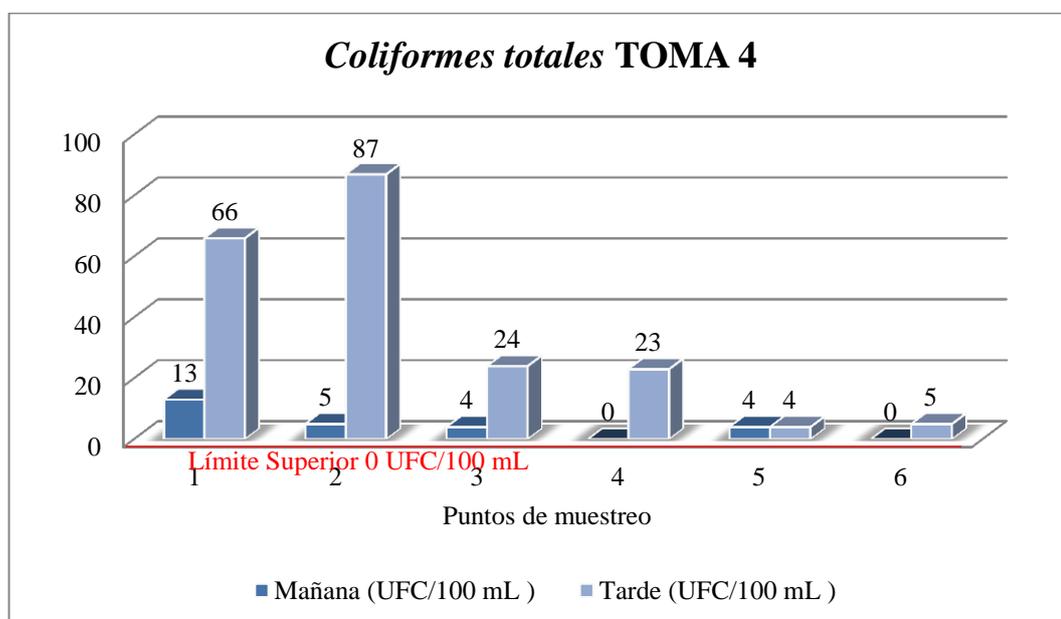


Gráfico 58: Toma 4 Conteo de *Coliformes Totales* medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Limpiopungo frente a valores de referencia

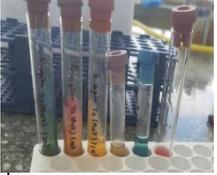
Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (87), el valor permisible de coliformes totales es de 0 UFC/100 mL. En el presente estudio se obtuvo un promedio general de 653 Coliformes/100ml, por lo tanto todas las muestras tomadas del agua de la laguna Limpiopungo en los cuatro puntos geográficos, sobrepasan el valor permisible, estableciendo que el agua está contaminada con coliformes totales.

N°	TRI SUGAR IRON					SIM			CITRATO	UREA	MALONATO	ROJO DE METILO	CARACTERÍSTICA MACROSCÓPICA	IDENTIFICACIÓN	GRÁFICO
	Glucosa	Sacarosa	Lactosa	Gas glucosa	SH ₂	SH ₂	Movilidad	Indol							
1	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	Agar MacConkey: Colonias grandes, mucosas, rosadas (fermentadoras de lactosa).	<i>Klebsiella ozaenae</i>	
REF :	+	V	V ⁻	V	-	-	-	-	V ⁻	V ⁻	-	+			
2	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	Agar MacConkey: Colonias grandes, mucosas, rosadas. Fermentadoras	<i>Enterobacter cloacae</i>	
REF :	+	+	+	+	-	-	+	-	+	V ⁺	V ⁺	-			

													de lactosa. Agar EMB: Colonias grandes, mucoides y negro azuladas.		
3	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	Agar MacConkey: Colonias grandes, mucosas, rosadas. Fermentadoras de lactosa.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
REF :	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	V			

Tabla 65: Identificación de Bacterias

N°	TRI SUGAR IRON					SIM			CITRATO	UREA	MALONATO	ROJO DE METILO	CARACTERÍSTICA MACROSCÓPICA	IDENTIFICACIÓN	GRÁFICO
	Glucosa	Sacarosa	Lactosa	Gas glucosa	SH ₂	SH ₂	Movilidad	Indol							
4	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	Agar MacConkey: Colonias grandes, mucosas, rosadas. Fermentadoras de lactosa.	<i>Klebsiella rhinoescleromatis</i>	
REF:	+	V ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			
5	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	Agar MacConkey: Colonias pequeñas y de fermentación lenta de lactosa	<i>Serratia marcescens</i>	
REF:	+	+	-	V	-	-	+	-	+	V ⁻	-	V			

6	+	+	+	+	-	-	V ⁺	+	-	-	-	+	Agar MacConkey: Colonias incoloras transparentes. No fermentadoras de lactosa.	<i>Escherichia coli</i>	
REF:	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	SS Agar: Colonias incoloras con centros negros.		

Elaborado por: Brito (2019)

Fuente : (15) (89),

4.3 ANTIBIOGRAMA DE CEPAS IDENTIFICADAS

Tabla 66. Resultados del Antibiograma de *Klebsiella pneumoniae*.

ANTIBIÓTICO	CONT (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina + sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	19	S
Cefuroxima (CXM)	30	≥ 18	15 – 17	≤ 14	31	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23-25	≤ 22	30	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	22	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	24	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	22	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	38	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	13	S
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25 / 23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	30	S

Nota: S = Sensible, I = Intermedio, R = Resistente y RN = Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (90)

La tabla 67 especifica el comportamiento de la cepa correspondiente a *Klebsiella pneumoniae* frente a 9 antibióticos seleccionados en el laboratorio. Los resultados del Antibiograma se interpretan como Sensible, Intermedio, Resistente y Resistencia Natural; sustentados por los puntos de cortes estipulados en la CLSI 2019. De esta manera, se obtuvo un 100% de sensibilidad de antibióticos como Ampicilina + sulbactam (SAM), Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN),

Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX), Nitrofurantoina (F), y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT). En este sentido, el estudio in vitro, denotó la eficacia in vivo al elegir los antibióticos manifestados como una forma de tratamiento.

Tabla 67. Resultados del Antibiograma de *Klebsiella rhinoscleromatis*.

ANTIBIÓTICO	CONT (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina + sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	7	R
Cefuroxima (CXM)	30	≥ 18	15 – 17	≤ 14	26	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23-25	≤ 22	27	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	21	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	21	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	22	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	36	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	14	S
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25/23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	18	S

Nota: S = Sensible, I = Intermedio, R = Resistente y RN= Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (45)

Klebsiella rhinoscleromatis, forma parte de lista de muestras bacterianas encontradas en las aguas de la Laguna de Limpiopungo, como en el resto de cepas, se evaluó su comportamiento frente a 9 antibióticos estipulados y descritos en la tabla

68. Los resultados presentan sensibilidad en un 89% ante Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX), Nitrofurantoina (F), y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT). Mientras que el 11% restante indica resistencia frente a Ampicilina + sulbactam (SAM), característica que confirmó su identificación y la consideró como una cepa salvaje.

Tabla 68. Resultados del Antibiograma de *Klebsiella Ozaenae*.

ANTIBIÓTICO	CONT (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina + sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	17	S
Cefuroxima (CXM)	30	≥ 18	15 – 17	≤ 14	28	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23-25	≤ 22	31	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	26	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	30	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	26	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	39	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	26	S
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25/23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	32	S

Nota: S = Sensible, I = Intermedio, R = Resistente y RN = Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (90)

En la tabla 69 se expone la reacción del agente bacteriano *Klebsiella Ozaenae* en presencia de los antibióticos ya manifestados. En donde se evidenció sensibilidad en su totalidad, es decir el 100%, al hacer uso de Ampicilina + sulbactam (SAM), Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX), Nitrofurantoina (F), y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT). Dicho de otra forma, reflejó patrones antimicrobianos de tipo silvestre dando además valía del proceso aplicado para su identificación.

Tabla 69. Resultados del Antibiograma para *Enterobacter cloacae*

ANTIBIÓTICO	CONT. (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina +sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	19	R
Imipenem (IPM)	10	≥ 23	20 - 22	≤ 19	30	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23 - 25	≤ 22	27	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	25	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	27	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	25	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	37	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	15	S
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25 /23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	32	S

Nota: S = Sensible, I =Intermedio, R = Resistente y RN= Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (90)

En que lo que concierne a la cepa bacteriana *Enterobacter cloacae*, la tabla 70 indica una conducta análoga a la determinada por *Klebsiella rhinoscleromatis*. Es decir, presentó resistencia ante el uso de Ampicilina + sulbactam (SAM); sin embargo, denotó sensibilidad frente a Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX), Nitrofurantoina (F), y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT). En este sentido, el 89% de los antibióticos expuestos resultarían ser eficaces ante un posible tratamiento.

Tabla 70. Resultados del Antibiograma para *Escherichia coli*

ANTIBIÓTICO	CONT. (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina +sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	22	S
Imipenem (IPM)	10	≥ 23	20 - 22	≤ 19	28	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23 - 25	≤ 22	30	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	19	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	20	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	22	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	33	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	16	I
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25/23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	26	S

Nota: S = Sensible, I = Intermedio, R = Resistente y RN = Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (90)

La tabla 71 describe los 9 antibióticos considerados para la obtención de los resultados del antibiograma a partir de un cultivo de cepa *Escherichia coli*, considerando como referente los puntos de corte estipulados por la CLSI, en donde, se evidencia sensibilidad en un 89% ante el uso de Ampicilina + sulbactam (SAM), Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX) y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT) e intermedio en un 11% al enfrentar Nitrofurantoina (F).

Tabla 71. Resultados del Antibiograma para *Serratia marcescens*

ANTIBIÓTICO	CONT. (ug)	INTERPRETACIÓN CLSI (2019)			DIÁMETRO (mm)	RESPUESTA
		SENSIBLE (mm)	INTERMEDIO (mm)	RESISTENTE (mm)		
Ampicilina +sulbactam (SAM)	10/10	≥ 15	12 – 14	≤ 11	25	R
Imipenem (IPM)	10	≥ 23	20 - 22	≤ 19	30	S
Cefotaxima (CTX)	30	≥ 26	23 - 25	≤ 22	30	S
Gentamicina (CN)	10	≥ 15	13 – 14	≤ 12	23	S
Amikacina (AK)	30	≥ 17	15 – 16	≤ 14	23	S
Tetraciclina (TE)	30	≥ 19	15 – 18	≤ 14	30	S
Ofloxacino (OFX)	5	≥ 16	13 – 15	≤ 12	30	S
Nitrofurantoina (F)	300	≥ 17	15 – 16	≤ 14	24	R
Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT)	1.25/23.75	≥ 16	11-15	≤ 10	30	S

Nota: S = Sensible, I = Intermedio, R = Resistente y RN = Resistencia Natural

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Fuente: Clinical and Laboratory Standards Institute, Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2019) (90)

Por último, en la tabla 72 se pueden determinar los resultados hallados después de haber realizado el antibiograma aplicado en una placa que contuvo *Serratia marcescens*. Se pudo observar una respuesta bacteriana sensible entre 7 de los 9 antibiótico, entre ellos, Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX) y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT). En lo que concierne a los discos impregnados con Ampicilina + sulbactam (SAM) y Nitrofurantoina (F) se halló resistencia.

4.3.VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El Índice de Calidad de Agua (ICA) figura como una evaluación química, física y biológica de una fuente de abastecimiento hídrico; para ello, se considera la integración de ciertas medidas paramétricas de calidad. En este sentido, para la verificación de la hipótesis, se ha considera 8 parámetros que establece el ICA, entre ellos pH, sólidos disueltos, conductividad eléctrica, alcalinidad, nitratos amoniaco, turbidez y coliformes totales; debido a que las especificaciones de la ICA determinan dichos parámetros se ha dejado de lado los otros valores estipulados en el presente documento.

Los valores de cada parámetro se han obtenido con base en el puntaje promedio de los 48 puntos de muestreo determinados en la mañana y la tarde; esta información permitió obtener los resultados a partir de un sistema de algoritmos desarrollado en Excel, en donde, se establece la fórmula estipulada por NSF National Science Foundation (Fundación Nacional para la Ciencia en español) esta una organización estadounidense de pruebas, inspección y certificación de productos, desarrollaron una ecuación para determinar la calidad el agua (6).

Tabla 72. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos frente al Índice de Calidad General de las aguas de la Laguna de Limpiopungo

Parámetros Totales	Datos Obtenidos	ICA de Parámetros	Ica de Indicadores
PH	8,3	61	61
SOLIDOS DISUELTOS	52	100	50
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	104	93	186
ALCALINIDAD	72,5	47	47
NITRATOS	0,3	100	200
AMONIACO	0,007	100	200
TURBIEDAD	5,4	80	40
COLIFORMES TOTALES	29	196	786

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Tabla 73. Criterios Generales del Índice de Calidad del Agua (ICA)

ICA GENERAL=	95
--------------	----

ICA	CRITERIO GENERAL	ABASTECIMIENTO PUBLICO	AGRÍCOLA
100	NO CONTAMINADO	NO REQUIERE PURIFICACIÓN	NO REQUIERE PURIFICACIÓN
90			
80	Aceptable		
70	Poco Contaminado		
60			
50	Contaminado		
40			
30	Excesivamente Contaminado		
20			
10			

Elaborado por: Gabriela Brito (2019)

Para la verificación de la hipótesis se ha considerado la hipótesis alterna H1 e hipótesis nula H0:

Hipótesis alterna (H1): La Laguna de Limpiopungo, por su caracterización fisicoquímica y bacteriológica, figura como un recurso hídrico de calidad apto para el consumo humano y para los cultivos agrícolas.

Hipótesis nula (H0): La Laguna de Limpiopungo, por su caracterización fisicoquímica y bacteriológica, no figura como un recurso hídrico de calidad apto para el consumo humano y para los cultivos agrícolas.

Con base en la tabla de valores ICA se obtiene un criterio general de 95 equivalente a “No contaminado”, por lo cual, según esos índices, el agua para abastecimiento público y agrícola no requiere de purificación. En este sentido, se procedería a la aceptación de la hipótesis alternativa.

Pese a que el resultado hallado es satisfactorio, es necesario tomar en cuenta que el criterio estipulado para la investigación se fundamentó en el estudio de las aguas del acuífero con propósitos de consumo y uso agrícola; sin embargo, es importante mencionar que el ICA, en sus parámetros, no considera a las bacterias como *Escherichia coli* y *Aerobios Mesófilos*, por tanto, los resultados obtenidos en estos indican que el consumo de agua no es apto para la población. Bajo este contexto y de acuerdo con el estudio individual y generalizado de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos según los requerimientos del marco legal ambiental, así como la normativa del ICA, es importante encomendar a las aguas de la laguna a una purificación previo al aprovechamiento para su consumo.

CONCLUSIONES

- El análisis del presente documento de investigación está relacionado con los parámetros físicoquímicos como temperatura del agua, detectado con un rango por debajo de los 22°C en horas de la mañana y la tarde; Potencial de hidrógeno, encontrados mayormente en los valores normales es decir entre 6.5 a 8.5;

Conductividad en el 100% de las muestras se ubica por debajo de los 250 μ /s catalogado como excelente. Del mismo modo, se consideró parámetros como Sólidos disueltos totales con un valor referencial inferior a los 175 ppm; nitritos y nitratos no superiores a los 10mg/l; amoníaco, con un comportamiento por debajo de 1,0 mg/l; y alcalinidad sobre los valores máximos permitidos, fluctuando mayormente entre los 60 y 80 mg/L; en lo que respecta a turbidez, las concentraciones se ubican dentro del valor permisibles, de 1 a 30 NTU. En general, no se ha considerado factores amenazantes, debido a que la mayor parte de resultados paramétricos están sobre los límites permitidos; sin embargo, para determinar dichos rangos se ha considerado normativas como la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua; documentación de TULSMA y la FAO.

- La presencia bacteriana de importancia permitió determinar el estado ecológico de la Laguna de Limpiopungo, dicho de otra forma, al igual que los parámetros fisicoquímicos ya manifestados; los conteos de las placas 3M Pterifilm, en los tres muestreos considerando las horas de la mañana y de la tarde, se compararon con los rangos o valores estipulados por la normativa. Se obtuvo un promedio de aerobios de 85.2 UFC/ml, lo que indica que el 100% de las muestras se encontraron dentro de los valores de referencia de la OMS corroborando que es apta para el riego de cultivos, cumpliendo con la normativa. En cuanto a la bacteria *E. coli*, y coliformes sobrepasan los límites permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, lo que indica que necesita de tratamiento.
- Se realizaron antibiogramas de acuerdo con las especificaciones determinadas por el método Kirby Bauer, a fin de estudiar la sensibilidad o resistencia antibiótica de las bacterias identificadas en la presente investigación. Los resultados se interpretaron conforme con los estándares estimados por la Clinical and Laboratory Standards Institute 2019, determinando un 100% de sensibilidad en

cepas de *Klebsiella pneumoniae* y *Klebsiella Ozaenae*, al usar Ampicilina + sulbactam (SAM), Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX), Nitrofurantoina (F), y Trimetoprim / Sulfametoxazol (SXT), aludiendo efectividad en caso de su aplicación a manera de tratamiento. En el caso de *Klebsiella rhinoscleromatis* y *Enterobacter cloacae*, presentaron un 89% de sensibilidad ante el uso de 8 de los 9 antibióticos y resistencia a Ampicilina + sulbactam (SAM); resistencia intermedia de la cepa *Escherichia coli* frente a Nitrofurantoina (F); *Serratia marcescens* se observó una respuesta bacteriana sensible ante 7 de los 9 antibiótico, entre ellos, Cefuroxima (CXM), Cefotaxima (CTX), Gentamicina (CN), Amikacina (AK), Tetraciclina (TE), Ofloxacino (OFX) y Trimetoprim/ Sulfametoxazol (SXT); en lo que concierne a los discos impregnados con Ampicilina + sulbactam (SAM) y Nitrofurantoina (F) se halló resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

▪ BIBLIOGRAFÍA

1. Amado J, Pérez P, Ramírez O, Alarcón J. Análisis de la calidad del agua en las lagunas de bustillos y de los mexicanos (Chihuahua, México). Papeles de Geografía. 2016;; p. 107-118. (8)
2. APHA-AWWA-WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales Madrid: Editorial Díaz de Santos, S.A.; 1992. (59)
3. Araya A. Situación actual del entorno del lago arenal. Reflexiones. 2005;; p. 71-77. (30)
4. Aznar A. Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas. Gestión Ambiental. 2000;; p. 12-19. (49)
5. Baron JPL. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Ecological Society of America. 2013;(10). (19)
6. Beltrán J, Rangel JO. Modelación dinámica de solidos suspendidos en el humedal Jaboque. Colombia Forestal. 2012;; p. 191-205. (51)
7. Betancourt C, Suárez RJF. Influencia de los procesos naturales y antrópicos sobre la calidad del agua en cuatro embalses cubanos. Limnetica. 2012;; p. 193-204. (43)
8. Cahó C, López EA. Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Producción + Limpia. 2017;; p. 35-49. (73)
9. Campos I. Saneamiento Ambiental. Primera ed. San José: EUNED; 2000. (34)
10. Chapman D. Water Quality Assessment: A Guide to the Use of Biota, Sediment and Water in Environmental Monitoring Geneva: WHO; 1992. (57)
11. Cleseri L, A. G, Rhodes R. Standard Methods for the Examination. Vigésima ed. Works AW, editor. New York: American Public Health Association; 1998. (69)

12. Coello F. Actualización del Plan de Manejo. Parque Nacional Cotopaxi Quito: Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales Y Vida Silvestre; 1996.(25)
13. Coello J, Ormaza R, Déley Á, Recalde C, Rios A. Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocha- Parque Nacional Sangay-Ecuador. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. 2013; 15: p. 66-71. (5)
14. Cognetti G, Sarà M, Magazzù G. Biología marina Bologna: Editorial Ariel; 2001. (72)
15. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR Quito; 2008. (13)
16. Díaz M, Elizalde E, Quiróz H, García. “Caracterización de Algunos Parámetros Físico Químicos del Agua y Sedimento del Lago Zempoala, Morelos, México”. Redalyc. org. 2015 mayop - agosto; 15(2 pag 57-65). (21)
17. Díaz S, Hernández R, Mayari R, Espinosa M. Metodología para el Muestreo y Manipulación de muestras de Aguas y Aguas Residuales. Revista CENIC. ; 36. (77)
18. Dirección General de Salud Ambiental. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 0312010th ed. Lima Peru: Ministerio de Salud; 2010. (87)
19. García M, Vargas NO, Onofre C, Aguirre S, Sánchez F. Marco conceptual y metodológico para las evaluaciones regionales del agua Bogotá: IDEAM; 2011. (75)
20. Gauthier V, Barbeau B, Tremblay G, Millette R, Bernier A. Impact of raw water turbidity fluctuations on drinking water quality in a distribution system. Journal of Environmental Engineering and Science. 2003 Julio; 2(4). (55)

21. Girão G. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. *Revista Ciência Agronômica*. 2007;; p. 807-816. (42)
22. Gómez A, Naranjo D, Martínez A, Gallego D. Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan Cojo y el Salado Antioquia; 2007. (36)
23. Gómez L. Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos. *Revista Cubana de Química*. 2007;; p. 3-20. (45)
24. Gooch G. Coastal Lagoons in Europe: Integrated Water Resource Strategies. 1st ed. London: IWA Publishing; 2015. (32)
25. Guaman R. Biodiversidad, biotecnológica y bioseguridad. In.: *Bib. Orton IICA / CATIE*; 2010.(17)
26. Haro G. Caracterización fisicoquímica de la columna de agua en la laguna cube. *Utce*. 2018 Agosto; 1(1). (23)
27. INEN. NTE INEN 2 226:2000: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO. Quito; 2000. (67)
28. INEN. NTE INEN 1882:2013, Agua: definiciones. Primera ed. Quito; 2013. (48)
29. Jácome F. Guía Interpretativa del Parque Nacional Cotopaxi. Ministerio de Turismo del Ecuador ed. Quito; 2009. (14)
30. Konzen G, Figueiredo A, Quevedo D. History of water quality parameters – a study on the Sinos River/Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2015;; p. 1-10. (39)
31. Lermontov A, Yokoyama L, Lermontov M, M. S. A Fuzzy Water Quality Index for Watershed Quality Analysis and Management: *En Environmental Management in Practice*; 2011. (37)
32. López. Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco. *Revista Científica UDO Agrícola* 12. 2016 marzo; 12((3: 713-719). (20)

33. Manahan S. Introducción a la química ambiental. Primera ed. México D.F: Editorial REVERTÉ; 2007. (62)
34. Montes M, Álvarez S. Empirical relations to estimate underwater PAR attenuation in San Quintín Bay. Ciencias Marinas. 2005;; p. 685–695. (71)
35. Murgueitio , Kirby , Ortega. Caracterización fisicoquímica de las aguas de la laguna de Mapaguña, provincia de Chimborazo. Papeles de Geografía. 2017 Abril; 3(7). (24)
36. Muso , Ismael A. “Evaluación de bioaerosoles asociados en el sitio de disposición final de residuos sólidos en la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga (EPAGAL)”. 1st ed. Latacunga: UTA; 2017. (89)
37. N. N, I. F, J. L. Microorganismos patógenos del agua. Estudio de Molinao Errek. Meridies. 2009;; p. 69–76. (63)
38. Navas E. Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento. Primera ed. Málaga: Interconsulting Bureau S.L.; 2017. (7)
39. Nieto N. La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. Política y cultura. 2011;; p. 157-176. (11)
40. Nievas H, Caruso M, Pizzio F, Ferri F, Pérez S. Monitoreo ambiental de aguas superficiales y subterráneas, consideración de áreas sensibles, distrito uranífero Pichiñán Este, departamento Paso de Indios, provincia del Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 2013. (66)
41. Olem H, Flock G. Lake and reservoirs restoration guidance manual E.P.A , editor. Washington: North America Lake Management Society for U.S.; 1990. (46)
42. Ongley E. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 1997. (47)

43. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Tercera ed. Ginebra; 2005. (65)
44. Pabello L, Alva A, Bernal A, Arteaga M. Técnicas de muestreo para manejadores de aguas superficiales: Cuerpos de agua superficiales. Segunda ed. México D.F: Universidad Autónoma de México ; 2011. (68)
45. Padilla M. Klebsiella Pneumoniae: Aislamiento, identificación y resistencia a los antimicrobianos hospital "Jaime Mendoza". Archivos Bolivianos de Medicina. 2013 Enero Junio ; 19(38 Pag 72). (90)
46. Pérez J, Araujo L. Propuesta de diseño e implementación de un sendero natural alrededor de la Laguna de Limpiopungo Latacunga: Parque Nacional; 2009. (15)
47. Ramos R. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California; 2002. (53)
48. Revenga C. Pilot Analysis of global ecosystems: Fresh water System: World Resources Institute; 2000. (12)
49. Río Ddideeee. Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba, Argentina. Revista Ciência Agronômica. 2013;; p. 419-425. (41)
50. Ríos S, Agudelo R, Gutiérrez L. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2017;; p. 236-247. (44)
51. Rivas F, Maldonado X. Acuerdos de monitoreo de calidad del agua en Estados Unidos de Norte América: Estado del Arte. Visión Gerencial. 2011;(1): p. 173-187. (70)
52. Rodriguez C, Mancini M, Prospero C. "Calidad de agua de una laguna recreacional del Centro-Oeste de la provincia de Córdoba, Argentina". Geologia a tu alcance. 2016 septiembre; 2(1). (22)

53. Rodríguez R, Martínez C. Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de sigüenza. *Revista Española de Salud Pública*. 2003;; p. 423-432. (64)
54. Roldán G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del agua en Colombia Medellín: Editorial Universidad de Antioquia; 2003. (60)
55. Rubio H, Carlos R, Quintana R, Saucedo R. Índice de Calidad de Agua (ICA) en la presa la Boquilla, Chihuahua, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2014;; p. 139-150. (74)
56. Samboni N, Carvajal Y, Escobar J. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*. 2007; 27(3): p. 172-181. (76)
57. Sánchez J. World heat impact and its importance for Latin america. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 2014;; p. 1-2. (6)
58. Sánchez O. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México Hidalgo: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 2007. (56)
59. Santander T, Terán K, Mueces T, Lara A, Llumiquinga C, Guevara E. Registros inusuales de aves costeras en lagunas Altoandinas. *Cotinga* 33. 2011;; p. 105–107. (26)
60. Scott D, Carbonell M. Inventario de humedales de la región Neotropical. Slimbridge: International Wetlands Research. 1986. (28)
61. SENPLADES PNdD. Todo una vida. In.; 2017. (18)
62. T. K, M. A, M. J, N. J, H. A, R. S, et al. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2009;; p. 301-309. (35)

63. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Gestión integral de residuos sólidos. Madrid: McGraw–Hill; 1998. (40)
64. United Nations. Water for People Water for Life Paris : UNESCO PUBLISHING, BERGHAHN BOOKS; 2003. (10)
65. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality Geneva; 1996. (54)

▪ **LINKOGRAFÍA**

66. Arreita D. pH del Agua. [Online].; 2018 [cited 2019 enero 15. Available from: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>. (84)
67. Coello D. Lagos y Lagunas del Ecuador. [Online].; 2016 [cited 2018 agosto 20. Available from: <http://geografia-liceointegral.blogspot.com/2011/02/lagos-y-lagunas-del-ecuador.html>. (4)
68. Division de seguridad Alimentaria. Guia de interpretacion 3MTM Petrifilm™ Placas para Recuento de Aerobios. [Online].; 2014. Available from: http://www.laboquimia.es/pdf_catalogo/3M_Petrifilm.pdf. (79)
69. Fuentes A, Campas O, Aguilar G, Meza M. Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora (México). [Online].; 2003 [cited 2019 Julio 31. Available from: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XBz68MkzJtYJ:respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/download/191/174+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d>. (88)
70. Google map. Mapa Laguna Limpiopungo. [Online].; 2019 [cited 2019 enero 1. Available from: <https://www.google.com.ec/maps/place/Laguna+de+Limpiopungo/@-0.616621,-78.4667438,11m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d44d65281ff83d:0x74f85ad6e6f33500!8m2!3d-0.6166667!4d-78.4666667>. (29)

71. INEN. NTE INEN. gua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservacion de muestras [Internet]. NTE INEN 2 169:98. 2007 May; 10 p. 25. (<https://ia801903.us.archive.org/13/items/ec.nte.2169.1998/ec.nte.2169.1998.pdf>. (Fecha de consulta: 2705/2019,2:48pm)). (91)
72. Instituto Nacional de Salud. Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el Método de Disco Difusión. [Online].; 2013 [cited 2019 enero 15. Available from: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/manual%20sensibilidad%202.pdf>. (82)
73. James. Aguas para uso agrícola. [Online].; 2016 [cited 2019 febrero 5. Available from: [http://fcc.a.es/documentos/05_documentos_por_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares\(3\)/Salinidad del agua de riego.pdf](http://fcc.a.es/documentos/05_documentos_por_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares(3)/Salinidad%20del%20agua%20de%20riego.pdf). (85)
74. Jiménez B. La Contaminación Ambiental en México México D.F: LIMUSA; 2005. (52)
75. Juste I. UNCOMO. [Online].; 2017 [cited 2018 octubre 15. Available from: <https://educacion.uncomo.com/articulo/diferencias-entre-lago-y-laguna-44458.html>. (31)
76. Mejia D. El ganado se apodera del Parque Nacional Cotopaxi en Ecuador. [Online].; 2018 [cited 2018 Octubre 14. Available from: <https://es.mongabay.com/2018/08/ganado-del-parque-nacional-cotopaxi-ecuador/>. (16)
77. Mena D. Laguna de Limpiopungo, Latacunga. [Online].; 2016 [cited 2018 agosto 20. Available from: <https://www.ecostravel.com/ecuador/ciudades-destinos/laguna-de-limpiopungo.php>. (3)

78. Ministerio de Ambiente Ecuador. Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2266:2013. [Online].; 2013 [cited 2018 01 12. Available from: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INEN-2266-Transporte-almacenamiento-y-manejo-de-materiales-peligrosos.pdf>. (78)
79. Monge Redondo MA. Interpretación de un análisis de agua para riego. [Online].; 2018 [cited 2019 Febrero 2. Available from: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>. (86)
80. Organización de las Naciones Unidas. Asuntos que nos importan. [Online].; 2018 [cited 2018 Octubre 15. Available from: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>. (9)
81. Parque Nacional Cotopaxi. Parque Nacional Cotopaxi. [Online].; 2014 [cited 2018 Octubre 14. Available from: http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/sites/default/files/GUIA_PARQUES_31-2014_0.pdf. (27)
82. Presidencia de la Republica de Ecuador. Norma de calidad ambiental y recursos de afluentes agua. [Online].; 2006 [cited 2019 2 3. Available from: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>. (83)
83. Romero C. Laguna Limpiopungo. [Online].; 2016 [cited 2018 agosto 20. Available from: <https://www.goraymi.com/es-ec/latacunga/laguna/laguna-limpiopungo-a81mqe8rl>. (4)
84. Soria F. Sim Medium Tubo. [Online].; 2009 [cited 2019 2 22. Available from: http://f-soria.es/Inform_soria/Difco%20Fichas%20tecnicas/TUBOS%20DIFCO/FT%20SIM%20MEDIUM.pdf. (81)

85. Valentí Z. Parque nacional Cotopaxi. [Online].; 2017 [cited 2018 agosto 20]. Available from: https://fotoecuador.wordpress.com/2012/08/28/parque_nacional_cotopaxi_national_park_limpiopungo/. (2)
86. VALTEK S.A. Agar MacConkey. [Online].; 2013 [cited 2019 enero 23]. Available from: <http://andinamedica.com.pe/wp-content/uploads/2016/08/Agar-MacConkey.pdf>. (80)
87. Worldatlas. How Many Types Of Lakes Are There? [Online].; 2017 [cited 2018 Octubre 13]. Available from: <https://www.worldatlas.com/articles/how-many-types-of-lakes-are-there-on-the-basis-of-origin.html>. (33)

▪ **CITAS BIBLIOGRÁFICA DE LA BASE DE DATOS UTA**

88. ProQuest. Bolton T, Havenhand J. Physiological acclimation to decreased water temperature and the relative importance of water viscosity in determining the feeding performance of larvae of a serpulid polychaete. *Journal of Plankton Research*. 2005 Septiembre [citado 1 de Agosto de 2019]; 27(9) Available from: <https://search.proquest.com/docview/220277555/768482FBE7844136PQ/1?docID=36765> (61)
89. ProQuest. Fargo N. Area residents may notice a difference in drinking water's smell, taste for next few days, water quality remains excellent Fargo N, editor. Washington: HT Digital Streams Limited; 2017 [citado 1 de Agosto de 2019]. Available from: <https://search.proquest.com/docview/1871697089/AEC698CB39104F73PQ/1?docID=36765> (58)
90. ProQuest. Gauthier V, Barbeau B, Tremblay G, Millette R, Bernier A. Impact of raw water turbidity fluctuations on drinking water quality in a distribution system. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2003 Julio [citado 1 de

Agosto de 2019]; 2(4) Available from:
[https://search.proquest.com/docview/237209399/EDD73443D0354918PQ/2?
docID=36765](https://search.proquest.com/docview/237209399/EDD73443D0354918PQ/2?docID=36765) (56)

91. ProQuest. Rayne S, Ikonou M. Polybrominated diphenyl ethers in an advanced wastewater treatment plant. Part 1: Concentrations, patterns, and influence of treatment processes. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2005 Septiembre; [citado 1 de Agosto de 2019] 4(5) Available from:
[https://search.proquest.com/docview/237210024/fulltextPDF/982E0A843097491
3PQ/2? docID=36765](https://search.proquest.com/docview/237210024/fulltextPDF/982E0A8430974913PQ/2?docID=36765) (50)
92. ProQuest. Singh G, Kant R. Application of Water Quality Index for Assessment of Surface Water Quality Status in Goa. *Current World Environment*. 2014 Diciembre [citado 1 de Agosto de 2019]; 9(3). Available from:
[https://search.proquest.com/docview/1754610903/6CCDAB50800547F9PQ/2?
docID=36765](https://search.proquest.com/docview/1754610903/6CCDAB50800547F9PQ/2?docID=36765) (38)

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de resultados de puntos de la mañana y tarde.

Muestras N°1													
		Resultados de la mañana						Resultados de la tarde					
PARAMETROS	mg/L	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Sulfatos	mg/L	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos	mg/L	0.6	0.3	0	0.1	0	0.5	0	0.1	0.5	0	0	1.3
Nitritos	mg/L	0.006	0.002	0.001	0.003	0.001	0.007	0	0.005	0.002	0.004	0.003	0.002
Amoniaco	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01
Alcalinidad	mg/L	104	76	68	83	68	60	84	70	65	74	62	60
Turbidez	NTU	4	4.09	3.7	3.65	2.3	1.79	3.71	3.49	4.07	4.86	3.1	3.91
pH		7.48	7.66	7.72	7.88	8.55	9.04	8.66	8.45	8.88	9.08	9.38	9.47
Conductividad	uS/cm	138	147	143	143	108	106	128	128	99	110	99	101
Solidos Disueltos Totales	mg/L	69	73	73	72	53	53	64	67	50	55	50	50
E. coli	UFC	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
Aerobios Totales	UFC	23	26	137	139	70	19	98	50	153	149	92	15
Coliformes Totales	UFC/100ml	10	14	4	10	7	3	76	14	6	2	2	0
Temperatura	°C	9	11	19	20	8	12	9	8	10	10	9	11

Muestras N°2													
		Resultados de la mañana						Resultados de la tarde					
PARAMETROS	mg/L	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Sulfatos	mg/L	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos	mg/L	1	0.3	0.1	0	0.2	0.7	0	0	0.2	0.1	0.1	0.8
Nitritos	mg/L	0.005	0.003	0.003	0.005	0.006	0.007	0.001	0.006	0.003	0.004	0.005	0.003
Amoniaco	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0	0
Alcalinidad		82	79	66	80	77	66	72	81	67	71	70	60
Turbidez	NTU	4.09	4.79	3.71	3.06	2.96	1.97	3.17	3.94	4.7	4.68	3.01	3.19
pH		8.1	8.66	8.66	8.55	8.3	8.5	8.5	8.39	8.43	8.69	8.88	9.07
Conductividad	uS/cm	158	117	85	98	86	105	105	101	90	66	73	79
Solidos Disueltos Totales	mg/L	67	60	45	51	44	55	55	51	45	40	37	37
E. coli	UFC	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aerobios Totales	UFC	27	35	286	112	96	62	77	98	129	82	58	38
Coliformes Totales	UFC/100ml	7	5	7	6	9	1	45	17	28	11	13	6
Temperatura	°C	7	8	17	15	14	15	8	8	9	15	14	15

Muestras N°3													
		Resultados de la mañana						Resultados de la tarde					
PARAMETROS	mg/L	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Sulfatos	mg/L	0	-1	-1	0	0	-1	-1	0	-1	0	0	0
Nitratos	mg/L	0.9	0.1	0.11	0	0.3	0.5	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5
Nitritos	mg/L	0.004	0.003	0.004	0.003	0.007	0.005	0.002	0.004	0.002	0.004	0.006	0.006
Amoniaco	mg/L	0	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0
Alcalinidad		81	80	57	79	78	65	73	80	68	73	72	62
Turbidez	NTU	4.56	3.29	3.74	2.59	3.06	2.99	4.01	3.65	4.01	3.52	4.06	3.24
pH		8.11	8.08	8	8	8.73	8.81	8.58	8.34	8.37	8.77	9.24	9.36
Conductividad	uS/cm	140	102	103	96	78	79	107	94	89	84	74	76
Solidos Disueltos Totales	mg/L	70	51	52	48	40	42	54	48	46	42	37	38
E. coli	UFC	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0
Aerobios Totales	UFC	44	25	89	123	47	40	53	30	75	97	69	18
Coliformes Totales	UFC/100ml	15	8	3	14	4	2	28	11	14	7	7	2
Temperatura	°C	10	11	10	20	9	13	9	11	16	15	18	12

Muestras N°4													
PARAMETROS	mg/L	Resultados de la mañana						Resultados de la tarde					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Sulfatos	mg/L	0	-1	-1	0	0	-1	-1	0	-1	0	0	0
Nitratos	mg/L	0.8	0.5	0.2	0.4	0.3	0.8	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.6
Nitritos	mg/L	0.004	0.004	0.002	0.005	0.006	0.006	0.001	0.006	0.004	0.006	0.004	0.003
Amoniaco	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.01
Alcalinidad		69	77	80	74	80	79	66	70	69	70	69	62
Turbidez	NTU	4.18	5.19	6.01	7.11	9.01	6.1	16.1	21	12.7	12.3	17.6	15.2
pH		7.47	7.39	7.56	7.5	8.01	8.05	7.99	7.98	8.34	8.54	8.5	8.38
Conductividad	uS/cm	126	114	118	116	98	105	112	11	83	90	92	96
Solidos Disueltos Totales	mg/L	61	58	60	59	50	51	58	56	52	45	47	49
E. coli	UFC	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0
Aerobios Totales	UFC	120	22	190	98	38	33	134	186	105	201	58	120
Coliformes Totales	UFC/100ml	13	5	4	0	4	0	66	87	24	23	4	5
Temperatura	°C	10	11	18	17	14	16	9	8	18	20	13	13

Anexo 3. Permiso del ministerio del medio ambiente del Ecuador.



AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

N° 13-18 IC-FAU-FLO-A-OPAC/MA

FLORA FAUNA AGUA X

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere el Código Orgánico Ambiental y en base al Memorando Nro. MAE/VMA-2018-0095-M autoriza a:

Investigador	C./V Pasaporte	Nacionalidad
Gabriela Brito	180442062-3	Ecuatoriana

Para que lleve a cabo la investigación "Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Limpiopungo perteneciente a la zona central del Ecuador".

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

1. Solicitud de: Dr. José Ochoa
2. Valoración técnica del proyecto: Dra. Bety Leiton, Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi
3. Auspicio de Institución Científica Extranjera: Ninguna
4. Auspicio de Institución Científica Nacional: Universidad Técnica de Ambato
5. Contraparte del Ministerio del Ambiente: Coordinadora de Patrimonio Natural de esta Dirección Provincial y Administrador del Parque Nacional Cotopaxi
6. Complementos Autorizados de la Investigación:
 - 6.1 Colección de Muestras: Agua
7. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin el correspondiente permiso que deberá obtenerse en la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi, tampoco habilita la **EXPORTACIÓN**, permiso que es emitido por la Dirección Nacional de Biodiversidad- Ministerio del Ambiente.
8. Estas muestras no podrán ser utilizadas en cualquier actividad de bioprospección ni acceso a recurso genético sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente.
9. De los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios de Acceso a Recursos Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
10. Duración: 10 de diciembre del 2018 al 09 de diciembre del 2019.

Obligaciones del Investigador:

11. ENTREGAR 2 (DOS) COPIAS DEL INFORME FINAL, EN LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI DONDE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN, EN ESPAÑOL, IMPRESO Y DIGITAL EN FORMATO PDF.
12. ENTREGAR LA LOCALIZACIÓN EXACTA DE LAS MUESTRAS DE AGUA COLECTADA U OBSERVADA Y UNA COPIA DE LAS FOTOGRAFÍAS QUE FORMEN PARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN FORMATO DIGITAL A LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI.
13. EL PLAZO DE ENTREGA DEL INFORME VENCE EL 09 DE DICIEMBRE DEL 2019.
14. CUMPLIR CON TODOS LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS POR NUMERALES EN LA PARTE POSTERIOR DE ESTA AUTORIZACIÓN.

Del cumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 11, 12, 13, 14 se responsabiliza a: Gabriela Estefanía Brito Galarza y a Edison Arturo Galarza Pérez.

La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.

Dirección: Calle Medalla 1109 y Avenida 20 • C.A. Río Piedra 170300 • Quito • Ecuador • Teléfono: 7801 2368 7430

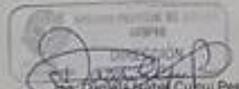


OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:

15. SE AUTORIZA LA INVESTIGACIÓN EN PARROQUIA MULALO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.
16. SE AUTORIZA LA COLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA CON EL PROPÓSITO DE:
 - a. Determinar la Caracterización fisicoquímica y bacteriológicamente las aguas de Laguna de Limpiopungo de la zona central del Ecuador.
17. SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN:

EQUIPO	MATERIALES
Camara fotografica	Frascos de 100 ml
Computadora	Cooler
GPS	Gel pack refrigerante
Microscopio	Discos para antibiogramas
Equipo Hanna	Agua de siembra
Autoclave	Agar para medios de cultivo
Sistema API reutilizado	Celufa
	Tubos de ensayo
	Matraz de Erlenmeyer
	plizas
	Balanza
	Lamparas de alcohol y mecheras
	Placas mono Petri y placas Mpetrifilm
	Bolsas y traje impermeable

18. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERÁN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO, AGUA, DESDE EL NÚMERO 01-13-18 IC-FAU-FLO-A-OPACIMA HASTA EL NÚMERO 28-13-18 IC-FAU-FLO-A-OPACIMA, BASADO EN LA SOLICITUD DE INVESTIGACIÓN.
19. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LAS MUESTRAS DE AGUA ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
20. EN EL CASO DE ENCONTRARSE NUEVAS ESPECIES, DEBERÁ NOTIFICARSE A LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE COTOPAXI LA DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE ADJUNTANDO LA RESPECTIVA PUBLICACIÓN DE ACUERDO A LO ESPECIFICADO EN EL NUMERAL 12 DE ESTA AUTORIZACIÓN.
21. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN.
22. LOS RESULTADOS DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERÁN SER ENTREGADOS AL MINISTERIO DEL AMBIENTE CONFORME LO ESTABLECE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE.
23. NINGÚN ESPÉCIMEN PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN PODRÁ SER UTILIZADO PARA USO COMERCIAL O COMO MATERIAL PARA MANEJO INSITU / EXSITU, SIN LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
24. ESTAS MUESTRAS NO PODRÁN SER UTILIZADAS EN CUALQUIER ACTIVIDAD DE BIOPROSPECCIÓN NI ACCESO GENÉTICO SIN LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
25. PARA EL INGRESO A ÁREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERÁN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
26. PARA LA MOVILIZACIÓN DE TODOS LOS EJEMPLARES COLECTADOS EN ESTA AUTORIZACIÓN EL INVESTIGADOR, DEBERÁ CONTAR CON LA RESPECTIVA ORDEN DE MOVILIZACIÓN EMITIDA POR LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI.
27. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.
28. SE SOLICITARÁ PRORROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
29. EL REGISTRO DE LA LOCALIZACIÓN EXACTA DE LAS MUESTRAS DE AGUA COLECTADA U OBSERVADA ASÍ COMO FOTOGRAFÍAS, INFORME PARCIAL O FINAL DEBERÁ SER ENTREGADO EN FORMATO DIGITAL PDF, PARA SU INGRESO AL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (INCLUYENDO INFORMACIÓN SOBRE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS) Y PARA LA PÁGINA WEB DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
30. TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS DE ACUERDO AL CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL Y DEMÁS NORMATIVA PERTINENTE.
31. TASA POR AUTORIZACIÓN: VEINTE DÓLARES DEPOSITADOS CON REFERENCIA No.798806291 DEL 29 DE NOVIEMBRE DEL 2018 EN BANEQUADOR CUENTA 0010000785.


 Dra. Daniela Isabel Cevallos Pesantez
 DIRECTORA PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI

EL 11/02/18
 CC. Coordinadora de Patrimonio Natural / Administrador del Parque Nacional Cotacachi
La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.
 Dirección: Calle Mariscal 1113 y Aníbalillo • Cotacachi Provincial • Tumbaco • Quito • Ecuador • Teléfono: (02) 2 822 1493

Anexo 4. Fotografías

Puntos de muestreo

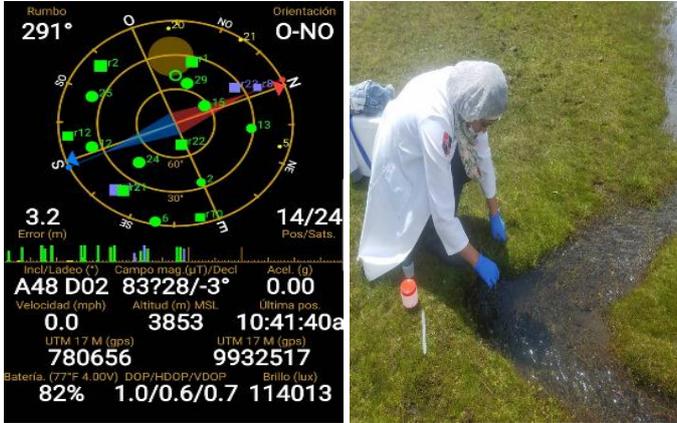


Gráfico 59 Punto 1



Gráfico 60 Punto 2



Gráfico 61 Punto 3

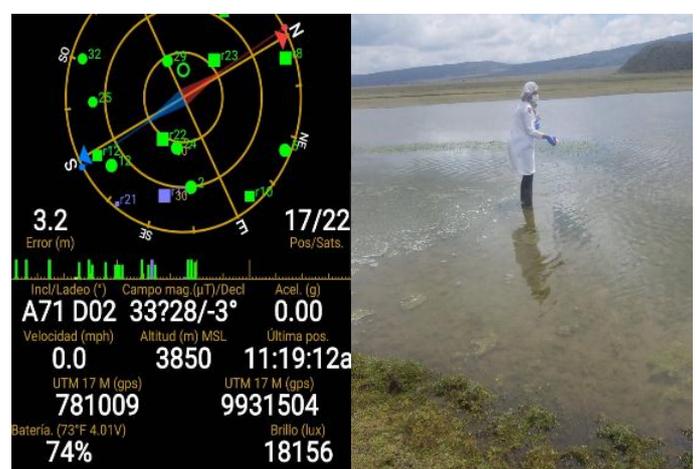


Gráfico 62 Punto 4

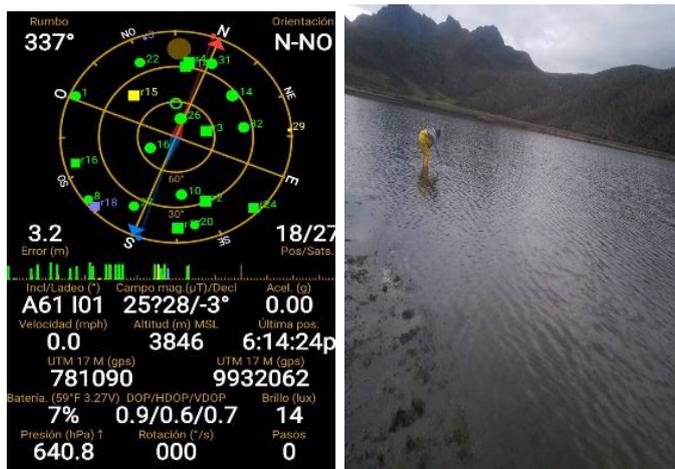


Gráfico 63 Punto 5

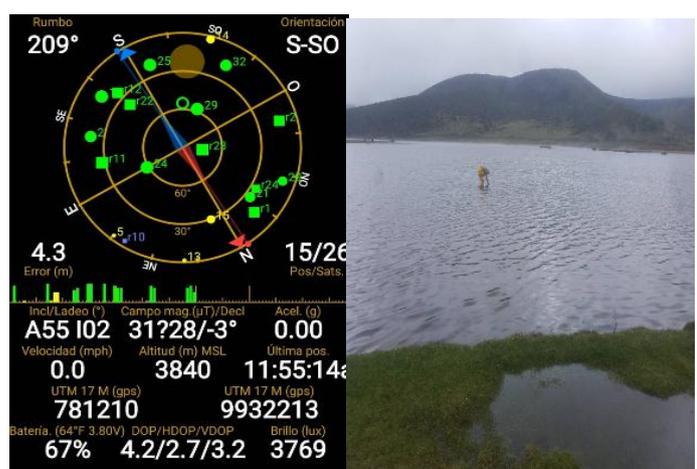


Gráfico 64 Punto 6

Recolección de la tomas de la toma de muestras.



Gráfico 65 toma de muestras

Procesamiento de la toma de muestras.



Gráfico 66 Procesamiento de muestras

Determinación física, química.



Gráfico 67 Determinación física, química

Procesamiento bacteriológico, de las muestras, siembra en la palcas 3mm petrifilm, incubamos.



Gráfico 68 Procesamiento bacteriológico

Conteo de colonias.



Gráfico 69 Conteo de colonias

Siembra en macConkey e incubamos, identificación de colonias.



Gráfico 70 Siembra en macConkey

Siembra en la batería bioquímica, incubamos, lectura.



Gráfico 71 Siembra en la batería bioquímica

Identificación de bacterias y conservación.



Colonia escala mcfarland



Gráfico 72 escala mcfarland

Siembra de antibióticos en mueller hinton e incubamos.



Gráfico 73 Siembra de antibióticos en mueller hinton e incubamos

Lectura



Gráfico 74 Lectura