



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA  
CONTAMINACIÓN POR ACUICULTURA EN LAS AGUAS  
SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAGUNILLAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ARTHUR CHRISTIAN CORNEJO SÁNCHEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A mis queridos doblemente padres, mis abuelos a quienes debo todo cuanto soy por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional durante toda mi vida y quienes junto a mi madre hoy me guían desde lo alto; a mi padre y mis tíos quienes siempre me acompañan con su impulso, además de fortaleza; muy especialmente a mi hermano Joshep y mi esposa Sandra quienes me impulsaron y apoyaron a cada momento para concluir con este gran paso en mi vida el de ser Ingeniero Químico, y sobre todo a Dios por brindarme vida y salud.*

**Arthur Christian Cornejo Sánchez**



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, por darme la oportunidad de forjarme como profesional.

A la Facultad de Ingeniería Química, por haberme brindado los conocimientos teóricos-prácticos para desempeñarme como futuro profesional competitivo.

A los miembros del Jurado calificador, por el apoyo que me brindaron en la culminación del presente trabajo de investigación.

Al director y asesor de tesis, por su guía y apoyo en la elaboración y culminación del presente trabajo de investigación.

A los Ingenieros miembros del jurado de evaluación de esta Tesis, por su predisposición y apoyo constante con sus aportes en la mejora del producto final.

A todas las personas que me apoyaron y ayudaron brindándome sus sugerencias en el desarrollo del estudio.

**Arthur Christian Cornejo Sánchez**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 16**

1.1.1 OBJETIVO GENERAL ..... 16

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 16

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION..... 17**

**2.2 MARCO TEÓRICO ..... 18**

2.2.1. Descripción de la Laguna Lagunillas ..... 18

2.2.2. Marco legal ..... 18

2.2.3. Información general del área de monitoreo ..... 19

2.2.3.1. Descripción general del sistema hidrográfico del Titicaca: ..... 19

2.2.4. Sistema hidrográfico de la cuenca del río Cabanillas: ..... 20

2.2.5. Características de la sub cuenca colectora Ichocollo ..... 24

2.2.6 Ubicación: ..... 27

2.2.7 Accesibilidad:..... 31



2.2.8 Batimetría de la laguna: .....	31
2.2.9. Caracterización del área de estudio:.....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2. LUGAR DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>36</b>
3.2.1 Estaciones de monitoreo de calidad del agua.....	37
<b>3.3. METODOLOGIA PARA EVALUAR LA CANTIDAD DE NITRITOS, NITRATOS, SULFATOS, FOSFATOS Y NITRÓGENO AMONIAICAL DENTRO DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS ....</b>	<b>38</b>
3.3.1. Caracterización y determinación de los parámetros físico químicos de la Laguna Lagunilla .....	38
3.3.2 Cantidad de nutrientes y nitrógeno amoniacal aportados por los contaminantes al cuerpo de agua .....	39
3.3.2.1 Parámetros a evaluar .....	40
3.3.3 Caracterización de parámetros microbiológicos y determinación de la concentración del Selenio y Cadmio en las aguas de la Laguna Lagunilla	40
3.3.3.1 Parámetros a evaluar .....	41
3.3.4. Recolección y análisis de muestras de agua: .....	41
3.3.5. Laboratorio de análisis de agua:.....	42
3.3.6. Criterios de evaluación.....	42
<b>3.4 METODOLOGIA PARA ELABORAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y SOBRETUDO, LA PRESENCIA DE CADMIO Y SELENIO EN EL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS .....</b>	<b>43</b>
3.4.1 Parámetros a evaluar .....	44



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS A

ANALIZAR:..... 47

#### 4.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS PRESENTES EN

LA LAGUNA LAGUNILLAS:..... 49

#### 4.3. RESULTADOS DE ELABORAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO,

PRESENCIA DE NUTRIENTES Y SOBRETUDO, LA PRESENCIA DE

CADMIO Y SELENIO EN EL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA

LAGUNA LAGUNILLAS..... 52

#### 4.4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA ..... 55

4.4.1 Preparación de equipos: ..... 55

4.4.2 Toma de muestras de aguas superficiales – corriente ..... 55

4.4.3 Análisis de muestra de aguas superficiales ..... 56

4.4.4 Parámetros fisicoquímicos ..... 56

4.4.5 La determinación de aniones..... 56

4.4.6 Criterios de evaluación: ..... 56

#### 4.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE MANERA INDEPENDIENTE:..

..... 57

4.5.1 Temperatura: ..... 57

4.5.2. Potencial de hidrogeniones (pH):..... 60

4.5.3 Oxígeno disuelto: ..... 63

4.5.4 Conductividad eléctrica: ..... 66

4.5.5 Sólidos totales disueltos:..... 69

4.5.6 Factor REDOX o factor oxido reducción: ..... 72



4.5.7 Salinidad (%): .....	75
4.5.8. Nitritos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):.....	79
4.5.9. Nitratos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):.....	82
4.5.10. Sulfatos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):.....	85
4.5.11. Fosfatos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ): .....	88
4.5.12. Nitrógeno amoniacal ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ): .....	92
4.5.13. $\text{DBO}_5$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ): .....	95
4.5.14. DQO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ): .....	98
4.5.15. Coliformes totales .....	101
4.5.16. Coliformes termotolerantes NMP/100ml:.....	104
4.5.17 Cadmio total ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ):.....	107
4.5.18. Selenio total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):.....	110
4.5.19. Turbidez ( NTU ): .....	113
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>121</b>

**ÁREA: Medio ambiente**

**LÍNEA: Tecnologías ambientales y recursos naturales.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de abril del 2022.**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Curva hipsométrica de la sub cuenca Cabanillas .....	<b>22</b>
<b>Tabla 2:</b>	Características geomorfológicas de la sub cuenca Ichocolo. ....	<b>25</b>
<b>Tabla 3:</b>	Parámetros geomorfológicos de Relieve. ....	<b>26</b>
<b>Tabla 4:</b>	Parámetros geomorfológicos de Forma. ....	<b>26</b>
<b>Tabla 5:</b>	Parámetros geomorfológicos de Sistema de drenaje. ....	<b>27</b>
<b>Tabla 6:</b>	Rutas de acceso a la presa Lagunillas. ....	<b>31</b>
<b>Tabla 7:</b>	Parámetros morfológicos de la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014) .....	<b>33</b>
<b>Tabla 8:</b>	Ubicación de punto de monitoreo de calidad del agua y toma de muestras.	<b>34</b>
<b>Tabla 12:</b>	Parámetros físico químicos tomados in situ en la Laguna y represa Lagunillas segunda salida. ....	<b>50</b>
<b>Tabla 13:</b>	Parámetros físico químicos tomados in situ en la Laguna y represa Lagunillas segunda salida. ....	<b>51</b>
<b>Tabla 14:</b>	..... Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT.....	<b>52</b>
<b>Tabla 15:</b>	Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT, de la segunda salida. ....	<b>53</b>
<b>Tabla 16:</b>	Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT, de la segunda salida. ....	<b>54</b>
<b>Tabla 17:</b>	Cuadro de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas, entre el 08 de agosto del 2018 al 18 de octubre del 2018.....	<b>58</b>
<b>Tabla 18:</b>	Tabla de potencial de hidrogeniones tomados en la Laguna Lagunillas .....	<b>61</b>
<b>Tabla 19:</b>	Tabla de Oxígeno Disuelto tomado in situ en la Laguna Lagunillas. ....	<b>64</b>
<b>Tabla 20:</b>	Tabla de conductividad tomada en la Laguna Lagunillas.....	<b>67</b>



<b>Tabla 21:</b>	Tabla de Sólidos Totales en Disueltos tomadas en la Laguna Lagunillas. ..	<b>70</b>
<b>Tabla 22:</b>	Tabla de Factor REDOX tomado. en la Laguna Lagunillas .....	<b>73</b>
<b>Tabla 23:</b>	Composición de Sales disueltas en agua.....	<b>75</b>
<b>Tabla 24:</b>	Comparativa de aguas saladas conocidas. ....	<b>76</b>
<b>Tabla 25:</b>	Cuadro de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas .....	<b>77</b>
<b>Tabla 26:</b>	Tablas de Nitritos tomadas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>80</b>
<b>Tabla 27:</b>	Cuadro de Nitratos tomadas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>83</b>
<b>Tabla 28:</b>	Cuadro de Sulfatos tomadas de la Laguna Lagunillas .....	<b>86</b>
<b>Tabla 29:</b>	Cuadro de Fosfatos tomadas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>90</b>
<b>Tabla 30:</b>	Tablas de Nitrógeno amoniacal medido en los laboratorios del PEBLT. ....	<b>93</b>
<b>Tabla 31:</b>	Tabla de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas. ....	<b>96</b>
<b>Tabla 32:</b>	Cuadro de DQO analizado de la Laguna Lagunillas. ....	<b>99</b>
<b>Tabla 33:</b>	Cuadro de Coliformes Totales de la Laguna Lagunillas.....	<b>102</b>
<b>Tabla 34:</b>	Tabla de Coliformes Termotolerantes de la laguna Lagunillas .....	<b>105</b>
<b>Tabla 35:</b>	Tabla de CADMIO presente en la Laguna Lagunillas. ....	<b>108</b>
<b>Tabla 36:</b>	Tabla de SELENIO presente en la Laguna Lagunillas. ....	<b>111</b>
<b>Tabla 37:</b>	Tabla de Turbiedad medida en la Laguna Lagunillas.....	<b>114</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Curva hipsométrica de la sub cuenca Cabanillas. ....	<b>23</b>
<b>Figura 2.</b>	Polígono de frecuencias de áreas parciales sub cuenca Cabanillas. ....	<b>24</b>
<b>Figura 3.</b>	Ubicación hidrográfica de la sub cuenca Ichocollo en el Sistema TDPS....	<b>29</b>
<b>Figura 4.</b>	Ubicación política de la sub cuenca Ichucollo. ....	<b>30</b>
<b>Figura 5.</b>	Batimetría de la Laguna Lagunillas, Mayo 2014.....	<b>34</b>
<b>Figura 6.</b>	Imagen satelital de la Laguna Lagunillas. ....	<b>35</b>
<b>Figura 7.</b>	Ubicación de puntos de monitoreo de calidad del agua.....	<b>38</b>
<b>Figura 8.</b>	Cinética de la Temperatura en el de agua de la Laguna Lagunillas.....	<b>59</b>
<b>Figura 9.</b>	Cinética del potencial de hidrogeniones en el de agua. ....	<b>62</b>
<b>Figura 10.</b>	Cinética del Oxígeno Disuelto en el de agua. ....	<b>65</b>
<b>Figura 11.</b>	Conductividad eléctrica en las aguas de la Laguna Lagunillas.....	<b>68</b>
<b>Figura 12.</b>	Solidos totales disueltos en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>71</b>
<b>Figura 13.</b>	Factor REDOX en las aguas de la Laguna Lagunillas.....	<b>74</b>
<b>Figura 14.</b>	Salinidad en las aguas de la Laguna Lagunillas.....	<b>78</b>
<b>Figura 15.</b>	Nitritos en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>81</b>
<b>Figura 16.</b>	Nitratos en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>84</b>
<b>Figura 17.</b>	Sulfatos en las aguas de la Laguna Lagunillas.....	<b>87</b>
<b>Figura 18.</b>	Fosfatos en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>91</b>
<b>Figura 19.</b>	Nitrógeno Amoniacal. ....	<b>94</b>
<b>Figura 20.</b>	DBO5 en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>97</b>
<b>Figura 21.</b>	DQO en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>100</b>
<b>Figura 22.</b>	Coliformes Totales en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>103</b>
<b>Figura 23.</b>	Coliformes Termotolerantes en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>106</b>
<b>Figura 24.</b>	Cadmio en las aguas de la Laguna Lagunillas. ....	<b>109</b>



**Figura 25.** Selenio Total en las aguas de la Laguna Lagunillas. .... 112



## RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo con las muestras de las aguas de la laguna Lagunillas, que conforma el sistema hídrico del Titicaca y se encuentra ubicada en el “distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, Región Puno y en los laboratorios del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. En dicha laguna desde el 2007 se inició la actividad acuícola con aproximadamente 70 productores formales y una producción de 300 toneladas al año, las cuales a la fecha se han encontrado en el catastro acuícola nacional más de 252 productores acuícolas dentro de la laguna”. La metodología utilizada consistió en identificar parámetros fisicoquímicos y analizar la cantidad de nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos, nitrógeno amoniacal, así como realizar el análisis microbiológico y evaluar la presencia de cadmio y selenio; el análisis de parámetros tanto fisicoquímicos, microbiológicos y de nutrientes así como de parámetros químicos puntuales se contrastaron con los estándares de calidad ambiental nacionales, en la que corresponde a la conservación del ambiente acuático en lagos y lagunas y en la extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales e hidrobiológicas en lagos y lagunas; los resultados como son: Nitritos  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Nitratos  $5,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Fosfatos  $+20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Sulfatos  $+80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Se  $0,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Cd  $0,4 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , Nitrógeno amoniacal  $+600 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , Coliformes Termotolerantes 300NMP/100ml, Coliformes Totales 400NMP/10ml, DQO  $31 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $1,85 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  DBO<sub>5</sub>, OD  $5,93 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  mostraron datos claros sobre la contaminación por acuicultura encontrada en la laguna Lagunillas, en estos resultados encontramos un elevado nivel de nutrientes, tanto como de selenio y un déficit en el oxígeno disuelto presente en el agua, lo cual es un referente de evaluación sobre la contaminación por acuicultura presente en el lago Titicaca.

**Palabras Clave:** Acuícola, fisicoquímicos, hidrobiológico, microbiológico, sistema hídrico.



## ABSTRACT

This research was carried out with samples of the waters of the Lagunillas lagoon, which makes up the Titicaca water system and is located in the “Santa Lucia district, Lampa province, Puno Region, and in the laboratories of the Binational Special Project. Titicaca lake. In said lagoon, since 2007, aquaculture activity began with approximately 70 formal producers and a production of 300 tons per year, which to date have been found in the national aquaculture cadastre more than 252 aquaculture producers within the lagoon. The methodology used consisted of identifying physicochemical parameters and analyzing the amount of nitrites, nitrates, sulfates, phosphates, ammoniacal nitrogen, as well as performing the microbiological analysis and evaluating the presence of cadmium and selenium; The analysis of both physicochemical, microbiological and nutrient parameters as well as specific chemical parameters were contrasted with the national environmental quality standards, in which it corresponds to the conservation of the aquatic environment in lakes and lagoons and in the extraction, cultivation and other activities. coastal and continental marine and hydrobiological in lakes and lagoons; the results as: Nitrites 10 mg L<sup>-1</sup>, Nitrates 5.2 mg L<sup>-1</sup>, Phosphates +20mg L<sup>-1</sup>, Sulfates +80mg L<sup>-1</sup>, Se 0.6mg L<sup>-1</sup>, Cd 0, 4ug L<sup>-1</sup>, Ammoniacal Nitrogen +600mg L<sup>-1</sup>, Thermotolerant Coliforms 300NMP/100ml, Total Coliforms 400NMP/10ml, COD 31mg L<sup>-1</sup>, 1.85mg L<sup>-1</sup> BOD<sub>5</sub>, DO 5.93mg L<sup>-1</sup> showed clear data on the contamination by aquaculture found in the Lagunillas lagoon, in these results we found a high level of nutrients, as well as selenium and a deficit in dissolved oxygen present in the water, which is a reference for evaluation of the aquaculture contamination present in Lake Titicaca.

**Keywords:** Aquaculture, physicochemical, hydrobiological, microbiological, water system.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En el presente estudio desarrollaremos la identificación del inventario de las fuentes contaminantes en la laguna y represa Lagunillas y el impacto de la contaminación acuícola. Evaluar de la misma forma la sobrepoblación de concesiones acuícolas y el impacto en el cuerpo de agua como en zonas aledañas.

Según los estudios programados para el año 2018 para la Meta 0015 Evaluación y Monitoreo de la Dirección de Infraestructura Agraria y Riego del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, se tiene que Actualizar el Plan Director Binacional a través de la Elaboración del estudio de las fuentes contaminantes de la represa Lagunillas y el impacto de la contaminación acuícola. Así mismo informamos que se tomarán 29 puntos de muestreo de los cuales consideramos 4 como puntos de control de las aguas, los cuales se especificarán con coordenadas UTM tomadas en campo el día del muestreo (Huaman et al, 2011).

La Laguna Lagunillas localizada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y se encuentra dentro de la Cuenca de Lago Titicaca. “Destaca por sus características topográficas, batimetría, por su fauna íctica nativa e introducida y a sus alrededores de la zona litoral se desarrolla cultivo de trucha en sistema de jaulas flotantes. El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca en la década del noventa construyó una represa lo que determinó un incremento del nivel y volumen de agua de la Laguna Lagunillas” (Vásquez et al., 2016a).

El embalse lagunillas está ubicada en la cuenca del “rio Coata a una altura de 4174 msnm con una dimensión de 18,6 kilómetros de largo por 5,8 kilómetros de ancho y una superficie de 66 kilómetros cuadrados, esta contempla una presa con una altura de 14,35 metros, con una capacidad de almacenamiento de 558 mmc, para un total de 30,844



hectáreas las cuales se dividen en ocho módulos de riego, así como la demanda poblacional y ecológica” (Quispe et al., 2019).

Para la realización del presente estudio se tomó en consideración la ubicación de las jaulas flotantes de la actividad acuícola, la cual en la actualidad según la Dirección de Producción del Gobierno Regional un Total de 252 Productores entre formales e informales, según datos de la Dirección de la Producción de Puno para el año 2018 en el mes de Julio, las cuales se pueden apreciar en el Catastro acuícola para el año 2018. Para el año 2008 cuando solo se contaban con 70 productores de se generaron más de 300 toneladas al año (PRODUCE, 2009). Para el 2013 la producción de trucha para la región Puno fue de 29000 Toneladas de las cuales para Laguna Lagunillas correspondía una producción del 10% (DIREPRO Puno, 2018).

Se realizó el muestreo superficial de los Parámetros Físico – Químico y Microbiológicos, entre los cuales se puede mencionar: Temperatura, PH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad, Oxígeno Disuelto y Turbidez; así mismo se hicieron análisis en laboratorio de nutrientes DBO<sub>5</sub>, DQO, Cadmio y Selenio, estos últimos para determinar la contaminación por alimento en pelets de salmónidos.

Para la realización de la evaluación de la calidad de agua superficial de Puno, se tomó en cuenta los “valores y estándares de calidad Ambiental establecidos mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN, correspondiente a la categoría 4: conservación del ambiente acuático” (Sainz, 1987).

La presa Lagunillas es el tipo de gravedad con una altura de 14,35 m y una capacidad de almacenamiento de 500 MMC de agua, que junto a las descargas naturales del río cerrillos y el encauzamiento del río verde y la precipitación aseguran las irrigaciones existentes y proyectadas de “Santa Lucia – Cabanilla – Lampa, Cabanilla –



Lampa, Huataquita, Cabana, Vilque – Mañazo, Cabanilla, Yanarico, Yocara, Canteria”

(Sainz, 1987).

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos dentro del cuerpo de agua superficial de la Laguna Lagunillas

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la cantidad de nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos y nitrógeno amoniacal dentro del cuerpo de agua superficial de la Laguna Lagunillas
- Elaborar el análisis microbiológico y sobretodo, la presencia de cadmio y selenio en el cuerpo de agua superficial de la Laguna Lagunillas



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Vásquez et al. (2015), la evaluación de los parámetros indicadores de contaminación en la zona de producción de trucha en jaulas flotantes en la laguna Arapa, manifestaron diferencias significativas en los parámetros de acidez, dióxido de carbono, fosfatos y conductividad eléctrica; incrementándose los valores de estos parámetros. Por otro lado, los sólidos suspendidos totales demostraron una disminución. Con respecto a los parámetros de alcalinidad, pH y oxígeno disuelto, estos permanecieron constantes. Con respecto a la conductividad, se puede indicar que la temperatura es una variable que modifica sensiblemente los valores de este parámetro. Con valores que van desde 543 a 853  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se consideran a las aguas de la zona de estudio como apto para la crianza de trucha.

Blanco (1995), señala que la mayoría de las especies acuáticas soportan bien las distintas concentraciones de sales disueltas en el agua. La conductividad de las aguas de lago generalmente es baja; puede variar entre 50 y 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; valores que excedan estos rangos pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces. Por lo tanto, la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

Inga (2015), al mismo tiempo los STD afectan la penetración de luz en la columna de agua y la absorción selectiva de las diferentes longitudes de onda que integran el espectro visible. En el caso de los cuerpos de agua donde se realiza la crianza de truchas, el alimento no ingerido, las partículas finas de alimento, las heces de las truchas, las algas o películas bacterianas desprendidas del sistema jaulas, se acumulan en el medio acuático



inmediato a los sistemas de cultivo, constituyendo los desechos sólidos. Su concentración puede influir sobre todos los demás procesos del sistema, constituyendo una fuente importante de empleo o demanda de oxígeno e incorporación de nutrientes al agua y pueden afectar la salud de los peces actuando sobre su sistema branquial y aumentando su exposición a los patógenos.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Descripción de la Laguna Lagunillas**

“Esta es una laguna ubicada a 4 174 m.s.n.m. Sus dimensiones son de 18,6 kilómetros de largo por 5,8 kilómetros de ancho y una superficie de 66 kilómetros cuadrados, con una profundidad de 47,6 metros. Está dentro de la jurisdicción del distrito de Santa Lucía, en la provincia puneña de Lampa; dicha laguna tenemos aproximadamente 500 millones de metros cúbicos de agua y constituye una de las mayores reservas hídricas del altiplano” (Castro et al., 2013).

### **2.2.2. Marco legal**

- “Ley N° 29338, Ley de Recurso Hídricos”.
- “Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua)”.
- “Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, que aprueban las disposiciones para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua”.
- “Decreto Supremo N° 001-2010-AG, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29338”.
- “Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, que aprueban los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticas o Municipales”.



- “Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que aprueba la Clasificación de Cuerpos de Aguas Superficiales y Marino-Costeros”.
- “Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”.

### **2.2.3. Información general del área de monitoreo**

#### **2.2.3.1. Descripción general del sistema hidrográfico del Titicaca:**

“La cuenca del Titicaca está representada por una cuenca endorreica denominada Sistema TDPS, sin salida a la vertiente del océano pacífico, ni a océano Atlántico, cuya extensión del área es de 143 900 km<sup>2</sup> aproximadamente, y donde la mayor extensión se encuentra ubicada entre Perú y Bolivia, y una pequeña parte en Chile, y están delimitadas geográficamente entre las coordenadas 14°03' y 20°00' de Latitud Sur y entre 66°21' y 71°07' de Longitud Oeste” (Castro et al., 2013).

Esta cuenca endorreica, puede dividirse en dos cuencas claramente definidas como son:

- Cuenca del Lago Titicaca (56 270 km<sup>2</sup>)
- Cuenca del río Desaguadero (29 843 km<sup>2</sup>)

Que se describen a continuación:

La Cuenca del Lago Titicaca, está conformada por las cuencas de los ríos afluentes peruanos y bolivianos. En el territorio peruano tenemos las cuencas de los ríos principales, como son: río Ramis, río Illpa, río Coata, río Ilave, río Huancane y parte de la cuenca del río Suches, y en el territorio boliviano tenemos: río Catari, río Keka, río Tiahuanaco y parte de la cuenca del río Suches. Además, “existen otros ríos y quebradas pequeñas las cuales son afluentes directamente al Lago Titicaca. Esta cuenca también tiene un único punto de desagüe que es el río Desaguadero” (Sainz, 1987).



De todos estos tributarios destaca por su volumen de aportación en el siguiente orden: “río Ramis, Coata, Ilave, Huancane y Suches, suponen casi el 85% del total de la escorrentía superficial de la cuenca. Así mismo, más del 80% del área de la cuenca se ubica en territorio peruano, aproximadamente” (Sainz, 1987).

#### **2.2.4. Sistema hidrográfico de la cuenca del río Cabanillas:**

##### **a) Hidrografía**

“La cuenca del río Cabanillas, tiene una extensión de aproximadamente 2 844,63 km<sup>2</sup>, 337,70 km de perímetro, y altitudes máxima y mínima de 4 750 y 3 950 msnm, respectivamente (Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2012). El río Cabanillas es resultado de la unión de los ríos Verde y Cerrillos, este último de régimen regulado por la presa Lagunillas. El río Cerrillo es el efluente del embalse Lagunillas y el río Ichucollo el principal afluente, inicialmente este río toma los nombres de Orduña y Borracho. El río Verde es formado por los ríos Paratía y Jarpaña, este último inicialmente toma el nombre de Quillisani, tal como se muestra en el mapa hidrográfico de la cuenca” (Mariano et al., 2011).

##### **b) Geomorfología**

La cuenca como unidad dinámica y natural, refleja las acciones recíprocas entre el suelo, los factores geológicos, el agua y la vegetación, proporcionando un resultado de efecto común: “escurrimiento o corriente de agua por medio del cual los efectos netos de estas acciones recíprocas sobre este resultado pueden ser apreciadas y valoradas. Numerosos estudios tratan de establecer las relaciones entre el comportamiento del régimen hidrológico de una cuenca y las características físico - geográficas de la misma. Casi todos los elementos de un régimen fluvial están relacionados directa o indirectamente con las características físicas de las áreas de drenaje de una cuenca, siendo



las más sensibles a las variaciones fisiográficas aquellas relativas a las crecientes” (Schumann et al., 2020).

En lo que respecta a este ítem, se desarrolló el cálculo de los principales parámetros geomorfológicos en el Área de Proyecto de la sub cuenca Cabanillas asociados a su capacidad de respuesta a la precipitación en forma de esorrentía, tales como: Área, Perímetro, Longitud del Cauce Principal, Ancho Promedio, Coeficiente de Compacidad, Factor de forma, Grado de Ramificación, Densidad de drenaje y Pendiente Media (Barrantes et.al., 2013).

La cartografía disponible, fue la proporcionada por el PRORRIDRE: Cuenca a partir del punto de captación Santa Lucia, donde se delimitó la sub cuenca con ayuda de Cartas Nacionales digitalizadas.

Los parámetros geomorfológicos fueron calculados a partir del punto de interés que se especifica a continuación teniendo como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 1: Curva hipsométrica de la sub cuenca Cabanillas**

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS	UNID	CUENCA CABANILLAS
	Área total de la Cuenca	km <sup>2</sup>	1846,5
	Perímetro de la cuenca	km	228,6
<b>FORMA DE LA CUENCA</b>	Orden 1	km	479,4
	Orden 2	km	151,0
	Orden 3	km	111,0
	Longitud total de los ríos de diferentes grados	km	75,1
	Orden 4	km	25,2
	Orden 5	km	-
	Orden 6	km	-
	Longitud total	km	841,6
	Ancho promedio de la cuenca	km	29,54
	Coficiente de compacidad (Índice de Gravelius)	-	1,50
Fator de forma de Horton	-	0,47	
Rectángulo equivalente	Lado mayor	km	94,83
	Lado menor	km	19,47
Radio de Circularidad		km	0,44
Altitud media de la cuenca		msnm	4643,6
Altitud mas frecuente de la cuenca		msnm	4350,5
Altitud de frecuencia 1/2		msnm	4573,5
<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>	Altitud máxima	msnm	5394
	Pendiente media de la cuenca	msnm	4020
	Altitud mínima	msnm	4020
	Pendiente media	m/m	0,092
	Coficiente de masividad	-	0,0012
	Coficiente orográfico	-	0,0026
	Coficiente de torrencialidad	-	0,11
	Longitud del río principal	km	62,5
	Tipo de corriente	-	Perenne
	<b>RED HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA</b>	Orden 1	-
Orden 2		-	45
Orden 3		-	11
Orden 4		-	3
Número de orden de los ríos		-	1
Orden 5		-	-
Orden 6		-	-
Nº total de ríos		-	269
Grado de ramificación		-	5
Frecuencia de densidad de los ríos		ríos/km <sup>2</sup>	0,15
Densidad de drenaje	km/km <sup>2</sup>	0,46	
Extensión media del escurrimiento superficial	km <sup>2</sup> /km	2,19	
Cotas del río principal	Altitud máxima	msnm	4784
	Altitud mínima	msnm	4020
Pendiente media del río principal	m/m	0,0122	
Altura media del río principal	msnm	4402	
Tiempo de concentración según Kirpich	horas	8,7	

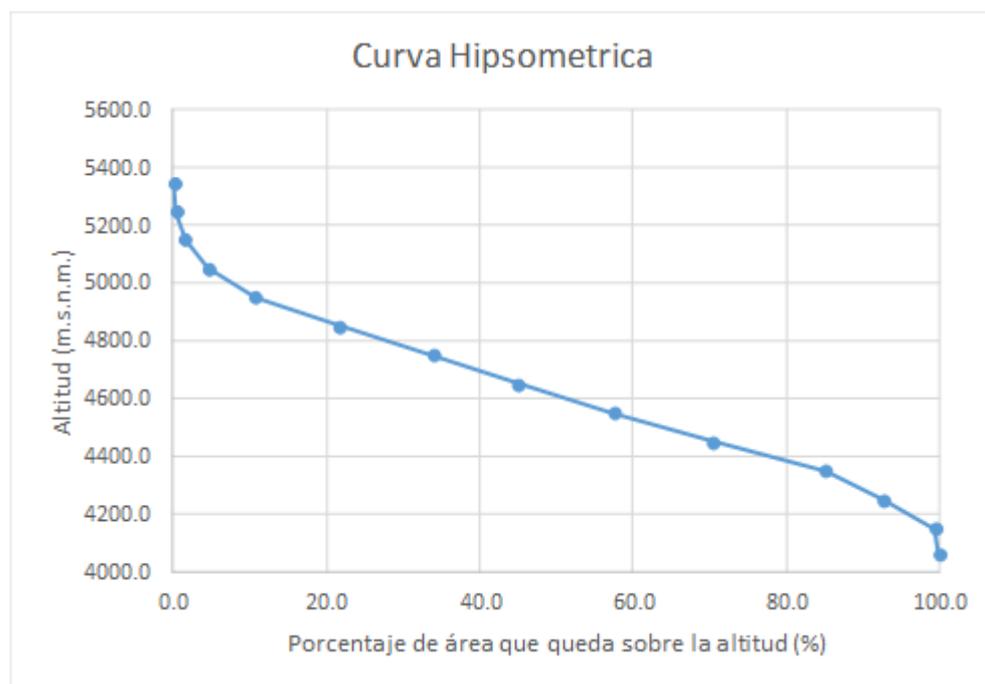
Fuente: PRORRIDRE, 2013

“Se define como curva hipsométrica a la representación gráfica del relieve medio de la cuenca, construida llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en km<sup>2</sup> o en porcentaje, comprendidas entre curvas

de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas” (Mesa et.al., 2019).

Las curvas hipsométricas también son asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas.

La curva hipsométrica para la sub cuenca Cabanillas, se muestra en la siguiente figura:



*Figura 1. Curva hipsométrica de la sub cuenca Cabanillas.*

Fuente: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2018

Según la curva hipsométrica obtenida se puede concluir que la sub cuenca del río Cabanillas, es una cuenca en equilibrio y que se encuentra en fase de madures, y de ahí se obtiene la altitud media de la cuenca con un valor de 4643,60 msnm.

“El polígono de frecuencias es un gráfico de barras de las áreas parciales (%) con respecto al intervalo de altitudes (msnm) que las encierran. Representa la variación de las áreas parciales comprendidas entre determinadas curvas de nivel consecutivas” (Aveiga et al., 2020).

“Del polígono de frecuencias se puede obtener valores representativos como: la altitud más frecuente, que es el polígono de mayor porcentaje o frecuencia de áreas parciales”.

La distribución gráfica del porcentaje de áreas parciales ocupadas por diferentes rangos de altitud para la sub cuenca Cabanillas, se muestra en la Figura siguiente.

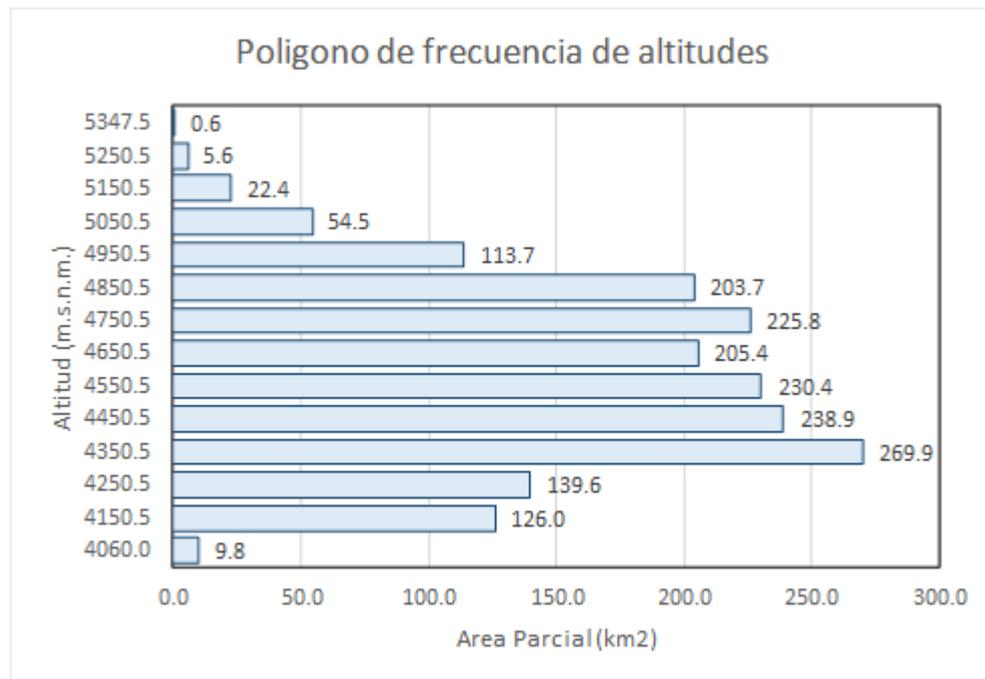


Figura 2. Polígono de frecuencias de áreas parciales sub cuenca Cabanillas.

Fuente: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, 2018

Del polígono de frecuencias podemos obtener la altitud más frecuente que se encuentra a una altitud de 4350,5 msnm, con un área parcial de 269,9 km<sup>2</sup>, además se obtiene también la altitud de frecuencia media con 4573,5 msnm.

### 2.2.5. Características de la sub cuenca colectora Ichocollo

La sub cuenca del río Ichocollo, “tiene una extensión de aproximadamente 650,18 km<sup>2</sup>, 151,05 km de perímetro, y altitudes máxima y mínima de 5 050 y 4 195 msnm, respectivamente. El río Cerrillo es el efluente del embalse Lagunillas y el río Ichocollo el principal afluente, inicialmente este río toma los nombres de Orduña y Borracho”. Las

principales características geomorfológicas de la zona en estudio a nivel de subcuencas se presentan en cuadro siguiente:

**Tabla 2: Características geomorfológicas de la sub cuenca Ichocolo.**

DESCRIPCION	Variable	Unidad	Subcuenca Ichocollo (Lagunillas)
<b>AREA</b>	A	Km <sup>2</sup>	650,18
<b>PERIMETRO</b>	Pe	Km	151,05
<b>CAUCE PRINCIPAL</b>			
Longitud	L	m	53 162,09
Longitud	L	Km	53,16
Pendiente	S	%	1,6083
<b>FACTORES DE FORMA</b>			
Coficiente de Compacidad o índice de Gravelius	Cc		1,67
Factor de Forma de Horton	Ff		0,23
<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>			
Clasificación ordinal del Río Principal	n		4
Longitud total de los Ríos	Lt	Km Ríos	377,55
Numero de Ríos	Ntr	Ríos	71
Numero de Ríos de Primer Orden	Nr1		57
Frecuencia de Densidad de Ríos			0,109
Extensión Media de Escurrimiento	E	Km	1,722
Coficiente de Torrencialidad	Ct	Km/ríos <sup>2</sup>	0,088
Coficiente de Masividad	Cm	m/Km <sup>2</sup>	7,11
Coficiente Orográfico	Co	m <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	32 864,03
Densidad de Drenaje	Dd		0,581
<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>			
Rectángulo Equivalente (Largo)	Le	Km	65,62
Rectángulo Equivalente (Ancho)	Ie	Km	9,91
Pendiente de la Cuenca	Sc	msnm	0,0863
Altura Máxima	Hmax	msnm	5 050,00
Altura Media	Hmed	msnm	4 622,50
Altura Mínima	Hmin		4 195,00

Fuente: PRORRIDRE, 2013.

### Relieve

El relieve de la cuenca se puede describir hidrológicamente mediante sus parámetros geomorfológicos de relieve, que describen su forma, pendiente, altitud. Estos parámetros se describen a continuación.

**Tabla 3: Parámetros geomorfológicos de Relieve.**

<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>	<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Rectángulo (Largo)	Le	Km	65,62
Rectángulo (Ancho)	Ie	Km	9,91
Pendiente de la Cuenca	Sc		0,0863
Altura Máxima	Hmax	msnm	5 050,00
Altura Media	Hmed	msnm	4 622,50
Altura Mínima	Hmin	msnm	4 195,00

Fuente: PRORRIDRE, 2013.

### **Forma**

La forma de la cuenca se puede describir hidrológicamente mediante sus parámetros y/o factores de Forma. Estos parámetros se describen a continuación

**Tabla 4: Parámetros geomorfológicos de Forma.**

<b>FACTORES DE FORMA</b>	<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Coeficiente de Compacidad o índice de Gravelius	Cc	S/U	1,67
Factor de Forma de Horton	Ff	S/U	0,23

Fuente: PRORRIDRE, 2013.

### **Densidad de ríos**

La Densidad de ríos, nos da a conocer la potencialidad de drenaje de la cuenca, así también los parámetros geomorfológicos de Sistema de drenaje, nos ayudan a describir dicha propiedad. Los cuales describimos a continuación.

**Tabla 5: Parámetros geomorfológicos de Sistema de drenaje.**

<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>	<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Clasificación ordinal del Río Principal	n Lt		4
Longitud total de los Ríos	Ntr	Km	377,55
Numero de Ríos	Nr1	Ríos	71
Numero de Ríos de Primer Orden		Ríos	57
Frecuencia de Densidad de Ríos	E Ct		0,109
Extensión Media de Esguerrimiento	Cm	Km	1,722
Coefficiente de Torrencialidad	Co	Km/ríos <sup>2</sup>	0,088
Coefficiente de Masividad	Dd	m/Km <sup>2</sup>	7,11
Coefficiente Orográfico		m <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	32 864,03
Densidad de Drenaje			0,581

Fuente: PRORRIDRE, 2013.

### 2.2.6 Ubicación:

#### Geográfica

Geográficamente la cuenca Lagunillas está comprendida entre las siguientes coordenadas geográficas; Latitud Sur: 15°20'00" a 15°47'42" y Longitud Oeste: 70°38'8.16" a 71°01'30", se encuentra localizada en la parte noroccidental de la región Puno, en el extremo sureste del Perú, con una variación altitudinal de 4195 a 5050m.s.n.m.

#### Hidrográfica

El área de estudio hidrográficamente se ubica en la cuenca del río Coata, vertiente del Titicaca y perteneciente al Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopo y Salar de Coipasa (Sistema Hídrico TDPS). Ver Figuras II-5 y II-6.



### **Política**

Políticamente la cuenca del río Cabanillas se ubica en: Figura II-7.

Región : Puno

Provincia : San Román, Lampa.

Distritos : Paratía, Santa Lucia

### **Administrativa**

La administración hídrica de Cuenca Lagunillas, está a cargo de La Autoridad Local del Agua Juliaca, así también bajo la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del agua Titicaca.

### UBICACIÓN HIDROGRÁFICA CUENCA ICHOCOLLO

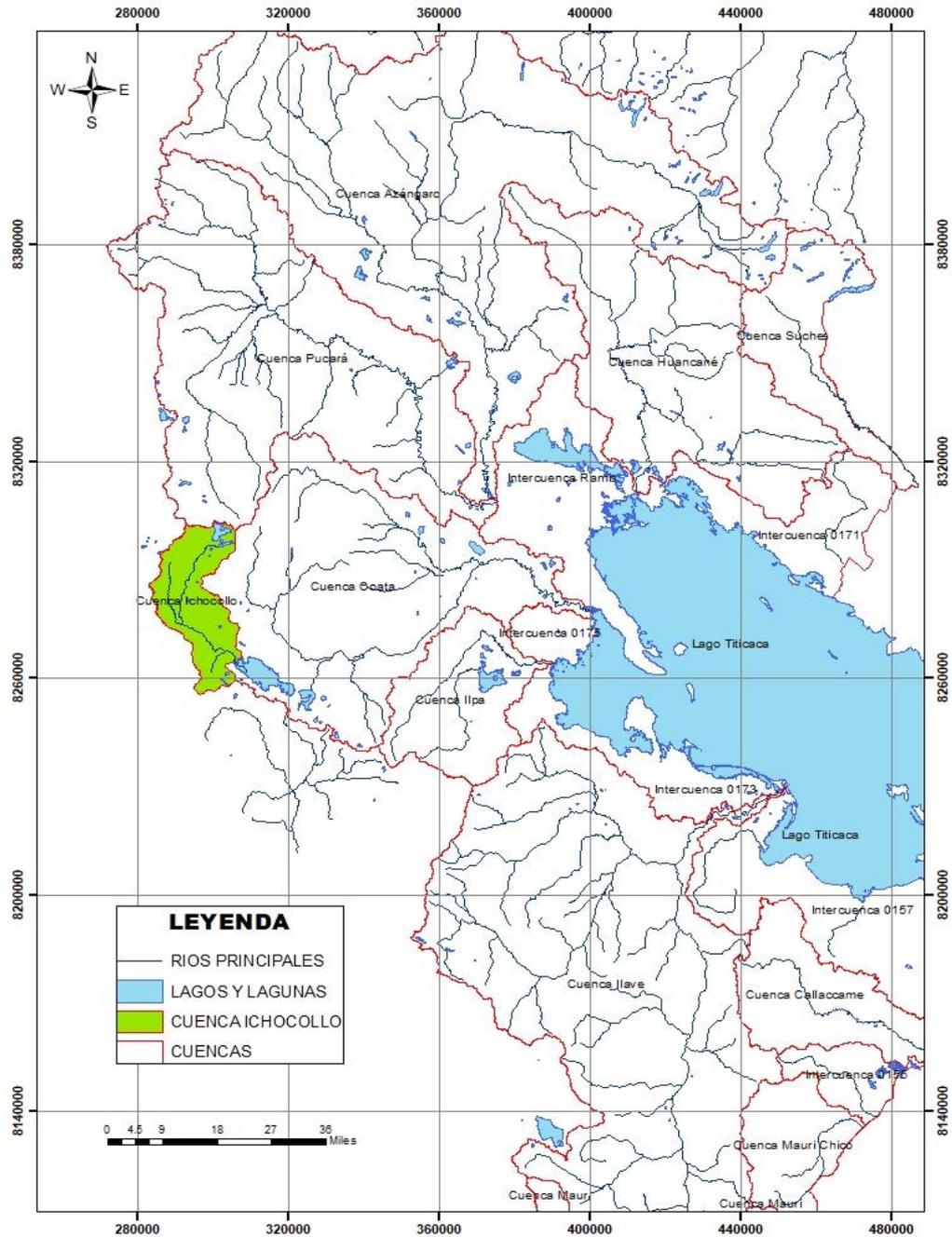


Figura 3. Ubicación hidrográfica de la sub cuenca Ichocollo en el Sistema TDPS.

Fuente: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - 2018

## UBICACIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA ICHOCOLLO

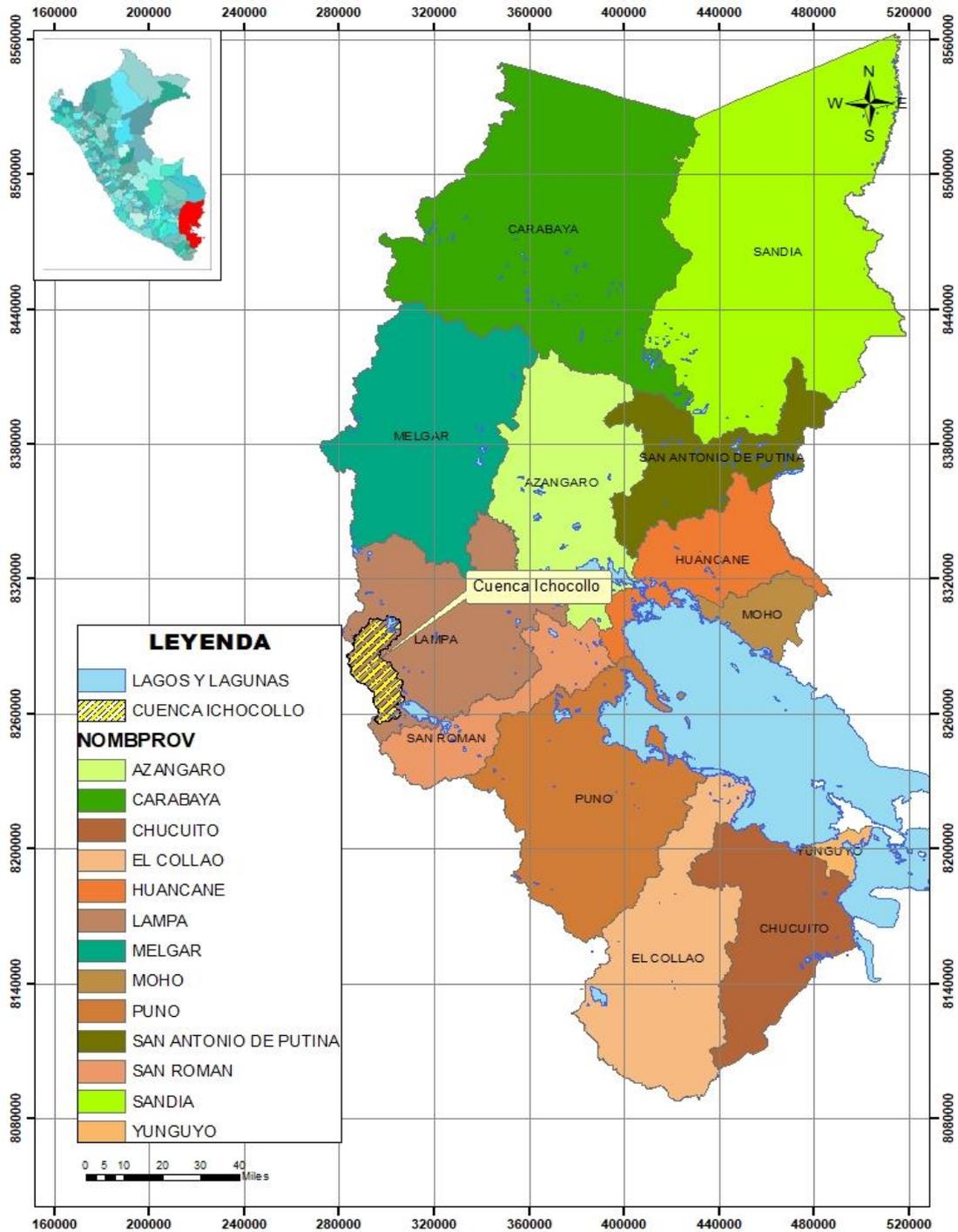


Figura 4. Ubicación política de la sub cuenca Ichucollo.

Fuente: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - 2018

### 2.2.7 Accesibilidad:

El ámbito del Proyecto, se comunica principalmente con las ciudades de Puno-Juliaca-Santa Lucia-Carretera Antigua a Arequipa en dirección a la presa Lagunillas. En el siguiente cuadro podemos detallar la distancia y puntos que se tienen que pasar para acceder a la zona del Proyecto. Además, existen diferentes trochas carrozables que unen a diferentes comunidades que también son usados para llegar a diferentes puntos del Proyecto.

**Tabla 6: Rutas de acceso a la presa Lagunillas.**

<b>Ruta</b>	<b>Distancia</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Carretera</b>
Vía Puno – Arequipa, pasando la ciudad Santa	110 km	1,3 Horas	Asfaltado
Desvío hacia embalse Lagunillas	6 km	20 min	Trocha -
<b>Total</b>	<b>116 km</b>	<b>1h 50 min</b>	

Fuente: MINAGRI, 2018.

### 2.2.8 Batimetría de la laguna:

“Se aplicó el método de interpolación de los puntos de profundidad y se elaboró el mapa batimétrico. Para obtener el área y el perímetro de la laguna se utilizó una imagen satelital de Landsat-5”. A continuación, se muestran las características e índices morfométricos estimados de acuerdo con (Hutchinson, 1957), (Hakanson, 1981) y (Wetzel et al., 2010).

“La morfometría de la Laguna Lagunillas está relacionada principalmente con su origen, historia y con las características geológicas de su cubeta. Estos condicionantes influyen a su vez en el comportamiento térmico, régimen hidrológico y dinámica de la misma. Presenta las mayores profundidades en la parte Sur-este que oscilan entre 20 y 53,4 m, mientras que al Nor-oeste se caracteriza por una pendiente que suave (< 10 m) que se extiende hasta el cauce del río Cerrillos” (Salas et al., 2020).



“En el mapa batimétrico detallado de la laguna, longitudinalmente se observa que está formada por dos cubetas, siendo la primera una cubeta grande, ancha y de pendiente con una profundidad máxima de 15 m y la segunda una cubeta angosta y profunda llegando hasta una profundidad máxima de 53,4 m. La profundidad relativa (Zr) se determinó en 1,7% valor que estaría influenciando relativamente sobre la estabilidad de la columna de agua debida por factores externos (sedimento de río Cerrillos, erosión de suelos)” (Mora et al., 2004).

“El perfil longitudinal de la laguna mostró pendientes muy suaves en la costa Nor-Oeste y pendiente muy fuerte en el sector Sur-este. Mientras que en el perfil transversal (medio) del fondo se observa una pendiente muy suave casi simétrica a lo largo de los 5,55 km, con la mayor profundidad en la parte media. La cubeta presenta una dirección de Nor-oeste a Sur-este” (Mora et al., 2004).

“Se estimó un área de 65,71 km<sup>2</sup> y un perímetro de 75,24 km, se considera un cuerpo de agua grande con una longitud máxima de 17,5 km, ancho medio y máximo entre 4,44 km y 5,55 km, respectivamente. A través de área de laguna y la profundidad promedio se determinó un volumen de 0,99 km<sup>3</sup> y/o 990 MMC. Estos parámetros pueden variar en función de las precipitaciones y la vaporación, debido a que las aguas de lagunillas son derivados para riego para las zonas bajas de los distritos de Cabana, Cabanilla y Mañazo” (Fernández et al., 2021).

**Tabla 7: Parámetros morfológicos de la Laguna Lagunillas (Mayo, 2014)**

Parámetros morfométricos	Unidad	Valores
Área de superficie (A)	km <sup>2</sup>	65,71
Perímetro (P)	km	75,24
Profundidad máxima (Z)	m	53,40
Profundidad media (z)	m	15,10
Coficiente entre profundidad media y máxima (z/Z)		0,28
Índice de la profundidad relativa Z	%	1,7
Volumen de la laguna (V=A*Z)	km <sup>3</sup>	0,99
Longitud máxima (L)	km	17,50
Ancho media (W)	km	4,44
Ancho máximo (Wmáx)	km	5,55
Relación entre longitud máxima y ancho medio (L/W)		3,94
Índice de desarrollo de costa DI		2,62

Fuente: MINAGRI, 2014

El valor de desarrollo de la costa se calculó en 2,62 lo que muestra cierta irregularidad de la línea de costa lo que refleja la forma elongada e irregular que presenta este cuerpo de agua. La zona Nor-oeste es más amplia con respecto a la zona Sur-este que es angosta, y que estaría reflejando el potencial para el desarrollo de comunidades litorales es decir con alta producción biológica (Wetzel et al., 2010). El aporte de agua a la laguna es procedente de las lluvias (precipitación) y de aguas del río Cerillos que desembocan en la época de lluvia (enero-abril) en la zona de Pucacanchu.

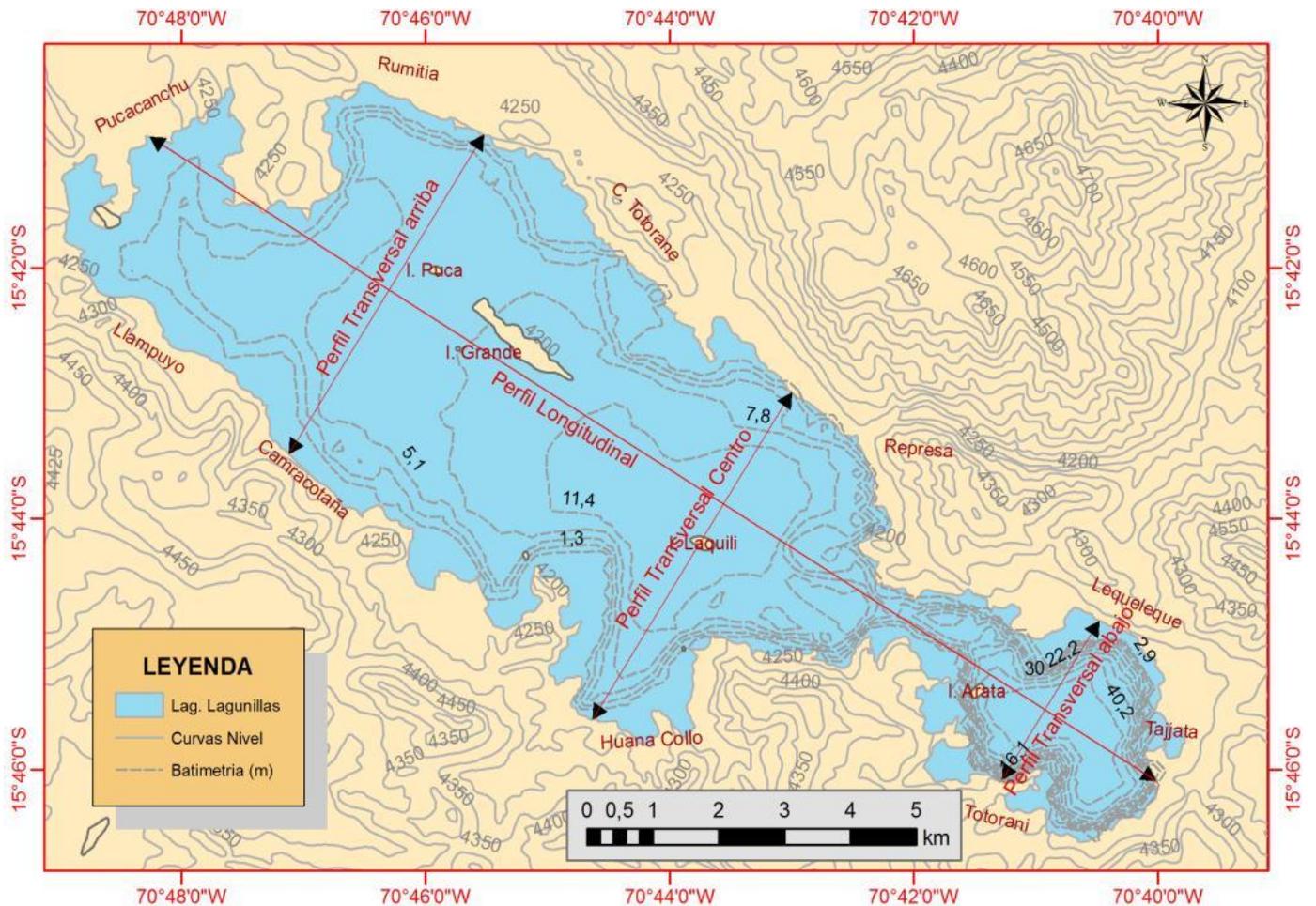


Figura 5. Batimetría de la Laguna Lagunillas, Mayo 2014

Fuente: Proyecto especial Binacional Lago Titicaca, 2010.

### 2.2.9. Caracterización del área de estudio:

“La Laguna Lagunillas se encuentra ubicada en el distrito de Santa Lucia, provincia de Lampa y Región Puno, a una altitud a los 4 174 m.s.n.m. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 15° 40' 26,4” y 15° 46' 33,6° latitud Sur y 70° 48' 57,6” y 70,39' 46,8” longitud oeste. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Juliaca – Arequipa y con desvío de enlace troncal poco accesible del distrito de Santa Lucia por la antigua carretera vial (trocha carrosable)”.

La Laguna Lagunillas se encuentra ubicada en el distrito de Santa Lucia, provincia de Lampa y Región Puno, a una altitud a los 4 174 m.s.n.m. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 15° 40' 26,4” y 15° 46' 33,6° latitud Sur y 70° 48' 57,6” y 70 39'

46,8" longitud oeste. El acceso es a través del sistema vial de la carretera asfaltada Juliaca – Arequipa y con desvío de enlace troncal poco accesible del distrito de Santa Lucía por la antigua carretera vial (trocha carrozable)



*Figura 6. Imagen satelital de la Laguna Lagunillas.*

Fuente Google Earth, 2018.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación fue de tipo observacional descriptivo de corte transversal.

#### 3.2. LUGAR DE INVESTIGACIÓN

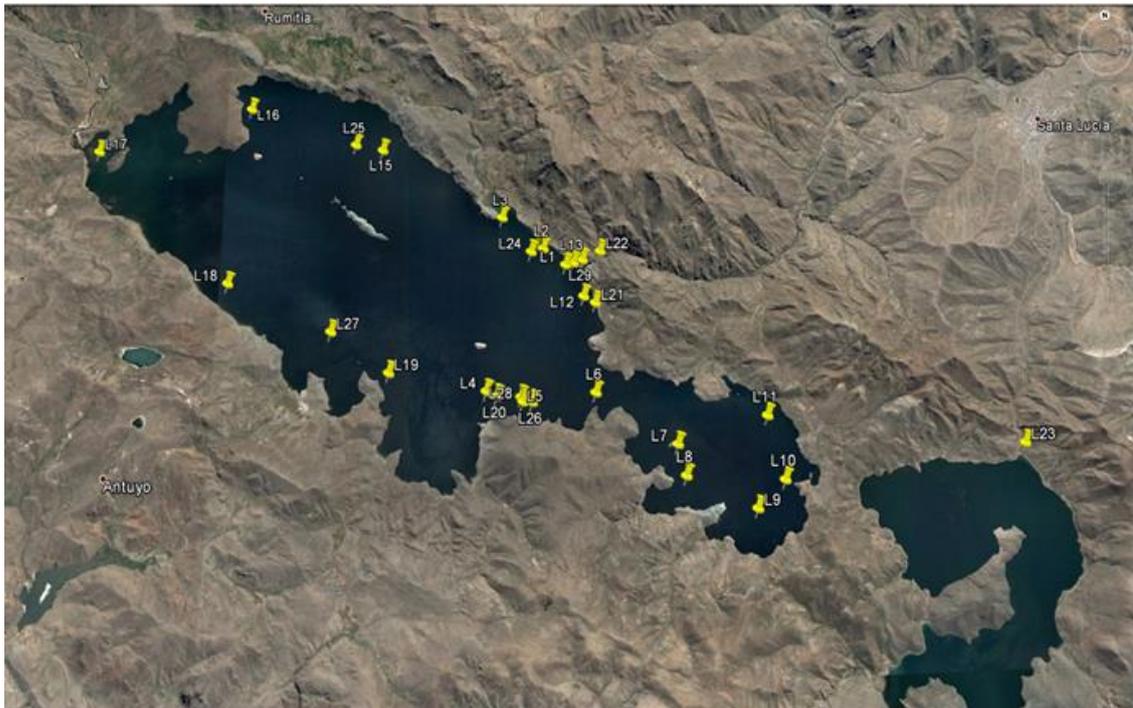
Se ejecutó en la Laguna Lagunillas, una laguna ubicada a 4174 m.s.n.m. Sus dimensiones son de 18,6 kilómetros de largo por 5,8 kilómetros de ancho y una superficie de 66 kilómetros cuadrados, con una profundidad de 47,6 metros. Está dentro de la jurisdicción del distrito de Santa Lucía, en la provincia puneña de Lampa; dicha laguna tenemos aproximadamente 500 millones de metros cúbicos de agua y constituye una de las mayores reservas hídricas del altiplano.



### 3.2.1 Estaciones de monitoreo de calidad del agua

**Tabla 8: Ubicación de punto de monitoreo de calidad del agua y toma de muestras**

CODIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156
L19	JAULAS	312765	8258805	4166
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145
L24	Casitas	315917	8261249	4164
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159
L27	Casitas	311497	8259725	4152
L28	Jaulas	315628	8258086	4157
L29	Presa	317048	8261015	4159



*Figura 7. Ubicación de puntos de monitoreo de calidad del agua*

Fuente: Google Earth, 2018.

### **3.3. METODOLOGIA PARA EVALUAR LA CANTIDAD DE NITRITOS, NITRATOS, SULFATOS, FOSFATOS Y NITRÓGENO AMONIAICAL DENTRO DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS**

#### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

La metodología utilizada para la recolección y análisis de muestras de calidad de aguas es la indicada por la Ley de Recursos Hídricos Ley 17752 y la Resolución Jefatural N°10-2016-ANA, esto plasmado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales:

#### **3.3.1. Caracterización y determinación de los parámetros físico químicos de la Laguna Lagunilla**

La metodología utilizada para la identificación de los parámetros fisicoquímicos como son la Temperatura, pH, Conductividad, Salinidad, Turbidez, Solidos Totales



Disueltos, así como el Oxígeno Disuelto es la de análisis en campo o análisis in situ, que fueron tomados en campo con los equipos multiparamétricos, en este caso el Multiparámetro Horiba Serie U-50 y en laboratorio se utilizó un Turbidímetro MERCK TurbiQuant 2000IR, ambos debidamente calibrados.

### **3.3.1.1 Parámetros a evaluar**

“Los parámetros a evaluar en cada uno de los puntos son: Físicos medidos en campo como temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales disueltos y salinidad, los cuales fueron analizados con los equipos móviles del Laboratorio de Control de Calidad del Agua (LCCA) del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. Para las mediciones de los parámetros físicos en campo se utilizó un multiparámetro marca HORIBA Serie U-50, el mismo que cuenta con un certificado de calibración” (Fraile et al., 2005).

### **3.3.2 Cantidad de nutrientes y nitrógeno amoniacal aportados por los contaminantes al cuerpo de agua**

La metodología utilizada para el recojo de las muestras del cuerpo de agua fue la plasmada en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y analizadas mediante el Método HACH de análisis espectrofotométrico, en este caso analizado en un Espectrofotómetro HACH Serie 4000 UV/VIS debidamente calibrado, y es mediante la dilución por 30 segundos de 5mg de polvo estándar reactivo en 50ml de muestra líquida en las celdas de cuarzo calibradas a analizar para ser leída en el mencionado Espectrofotómetro Serie 4000-UV/VIS.

Estos análisis fueron realizados una vez transportada la muestra a los laboratorios de control de calidad de aguas (LCCA) del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, sito en la zona del Barco en Chucuito.



### **3.3.2.1 Parámetros a evaluar**

Los parámetros a evaluar fueron:

- Nitratos disueltos utilizando el sachet de polvo reactivo NITRAVER 5mg
- Nitritos disueltos utilizando el sachet de polvo reactivo NITRIVER 5mg
- Fosfatos disueltos utilizando el sachet de polvo reactivo FOSVER 5mg
- Sulfatos disueltos utilizando el sachet de polvo reactivo SULFAVER 10mg.
- Nitrógeno Amoniacal utilizando kit de solución estándar.

Estos parámetros fueron analizados el mismo día de tomada la muestra en los laboratorios de control de calidad de aguas del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, con utilización del espectrofotómetro HACH serie 4000-UV/VIS.

### **3.3.3 Caracterización de parámetros microbiológicos y determinación de la concentración del Selenio y Cadmio en las aguas de la Laguna Lagunilla**

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se seguirán las recomendaciones establecidos en

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales: Ley 17752 y la Resolución Jefatural N°10-2016-ANA.

Para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>) fue mediante el método estándar de incubación y electrometría. SM5210B.

En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO) se utilizó el método estándar de la micro DQO, mediante el uso de solución digestora, ácido sulfúrico, micro pipetas, termo reactor y lecturado en las celdas de cuarzo de un espectrofotómetro a 700nm; con el dato de la absorbancia y la curva de calibración estándar se obtiene el resultado de la concentración.



En el caso de los coliformes totales y los coliformes fecales o termo tolerantes, en ambos caso se determinó por el ensayo o técnica del número más probable (NMP), también realizados en los laboratorios de calidad de aguas del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.

Las muestras tomadas se analizaron mediante el Método HACH de análisis espectrofotométrico tanto para Cadmio y Selenio, en este caso analizado en un Espectrofotómetro HACH Serie 4000 UV/VIS debidamente calibrado, y es mediante la dilución por 5 minutos o hasta que reaccione cambiando el color de las soluciones estándar reactivas en 50ml de muestra líquida en las celdas de cuarzo calibradas a analizar para ser lecturada en el mencionado Espectrofotómetro Serie 4000-UV/VIS. Estos análisis fueron realizados una vez transportada la muestra a los laboratorios de control de calidad de aguas (LCCA) del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, sito en la zona del Barco en Chucuito.

### **3.3.3.1 Parámetros a evaluar**

Los parámetros microbiológicos a evaluar son:

- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- Cantidad de coliformes totales.
- Cantidad de coliformes termotolerantes o fecales.
- Cantidad de Selenio disuelto.
- Cantidad de Cadmio disuelto.

### **3.3.4. Recolección y análisis de muestras de agua:**

La toma de muestras de agua se efectuó teniendo en consideración el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, indicada en la Resolución Jefatural N°10-2016-ANA, también amparada por la Ley de Recursos



Hídricos Ley 17752 y los Estándares de Calidad Ambiental establecidos mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN, correspondiente a la Categoría 4: “Conservación del Ambiente Acuático, esto debido a la clasificación de cuerpo de agua superficial y marino – costero, que tiene el lago Titicaca según Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, así como el Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM en lo referente a los Límites Máximos Permisibles”, como herramienta de apoyo, la toma de muestras se efectuó teniendo en consideración los siguientes aspectos (Rudolph et al., 2007)

- “Se tomaron dos muestras simples por cada punto de monitoreo”.
- “El volumen de agua colectado por cada muestra fue de 500 ml, esto concordante con los requerimientos de volumen de agua necesarios para cada uno métodos de ensayo efectuados”.
- “Las muestras fueron colectadas en envases de polietileno y vidrio color caramelo, debidamente etiquetadas y rotuladas según punto de monitoreo”.
- “Las muestras fueron transportadas hasta el LCCA del PELT en una caja térmica (cooler) antes de las 24 horas y posteriormente fueron refrigeradas a 4°C”.

### **3.3.5. Laboratorio de análisis de agua:**

Los ensayos de las muestras fueron efectuados en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua (LCCA) del PELT, localizado en la Carretera Panamericana Sur N° 1090, Barco – Chucuito – Puno.

### **3.3.6. Criterios de evaluación**

Para la evaluación de la calidad del agua de las muestras colectadas en el punto de monitoreo, se tomó en cuenta los valores de los Estándares de Calidad Ambiental establecidos mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN, correspondiente a la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, esto debido a la clasificación de cuerpo de agua superficial y marino – costero que tiene el lago Titicaca según Resolución



Jefatural N° 202-2010-ANA, así como el Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM en lo referente a Límites Máximos Permisibles (Mora et al., 2002).

### **3.4 METODOLOGIA PARA ELABORAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y SOBRETUDO, LA PRESENCIA DE CADMIO Y SELENIO EN EL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS**

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se seguirán las recomendaciones establecidos en

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales: Ley 17752 y la Resolución Jefatural N°10-2016-ANA.

Para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>) fue mediante el método estándar de incubación y electrometría. SM5210B.

En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO) se utilizó el método estándar de la micro DQO, mediante el uso de solución digestora, ácido sulfúrico, micropipetas, termo reactor y lecturado en las celdas de cuarzo de un espectrofotómetro a 700nm; con el dato de la absorbancia y la curva de calibración estándar se obtiene el resultado de la concentración.

En el caso de los coliformes totales y los coliformes fecales o termotolerantes, en ambos casos se determinó por el ensayo o técnica del número más probable (NMP), también realizados en los laboratorios de calidad de aguas del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.

Las muestras tomadas se analizaron mediante el Método HACH de análisis espectrofotométrico tanto para Cadmio y Selenio, en este caso analizado en un Espectrofotómetro HACH Serie 4000 UV/VIS debidamente calibrado, y es mediante la



dilución por 5 minutos o hasta que reaccione cambiando el color de las soluciones estándar reactivas en 50ml de muestra líquida en las celdas de cuarzo calibradas a analizar para ser leída en el mencionado Espectrofotómetro Serie 4000-UV/VIS. Estos análisis fueron realizados una vez transportada la muestra a los laboratorios de control de calidad de aguas (LCCA) del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, sito en la zona del Barco en Chucuito.

### **3.4.1 Parámetros a evaluar**

Los parámetros microbiológicos a evaluar son:

- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- Cantidad de coliformes totales.
- Cantidad de coliformes termotolerantes o fecales.
- Cantidad de Selenio disuelto.
- Cantidad de Cadmio disuelto.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **RESULTADOS EVALUAR LA CANTIDAD DE NITRITOS, NITRATOS, SULFATOS, FOSFATOS Y NITRÓGENO AMONIACAL DENTRO DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS**

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las mediciones en campo y ensayos de laboratorio efectuados a la muestra colectada en el monitoreo de la calidad del agua llevado a cabo en fecha indicada.

Sobre la base de los datos analíticos generados por el LCCA del PELT como resultado del monitoreo de la calidad del agua llevada a cabo en fecha indicada, se producen las observaciones y conclusiones que se exponen a continuación en relación con diversos parámetros prioritarios de calidad. Tales comentarios describen primeramente su ocurrencia y luego consideran la significación de esta última mediante su contraste con criterios referenciales de calidad de agua.

Considerando como criterio de evaluación los ECA, puede decirse que los valores de los siguientes parámetros: Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos, DBO y DQO superan el límite establecido en los Estándares de Calidad Ambiental según la Categoría 4, por lo que, su uso no es recomendable para estos fines.

**Tabla 9: Resultados de mediciones en campo y ensayos de laboratorio**

Parámetros	Unidad de medida	E2: Ríos	E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Estuarios
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Cianuro Libre	mg·L <sup>-1</sup>	0,0052	0,001	0,001
Conductividad	(μS/cm)	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno				
(DBO )	mg·L <sup>-1</sup>	10	15	10
Fenoles	mg·L <sup>-1</sup>	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg·L <sup>-1</sup>	0,05	0,124	0,062
Nitratos	mg·L <sup>-1</sup>	13	200	200
Amoniac Total	mg·L <sup>-1</sup>	-1	-2	-2
Nitrógeno Total	mg·L <sup>-1</sup>	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg·L <sup>-1</sup>	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg·L <sup>-1</sup>	≤ 100	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg·L <sup>-1</sup>	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>				
Cadmio Disuelto	mg·L <sup>-1</sup>	0,00025	0,0088	0,0088

Fuente: DS 004-2017 MINAGRI (ECAS Agua)

Considerando como criterio de evaluación los estándares de calidad ambiental, puede decirse que los valores de los siguientes parámetros: Temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Termotolerantes no superan el límite establecido en los estándares de calidad ambiental.



#### 4.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS A

##### ANALIZAR:

**Tabla 10: Indicadores de calidad de aguas que serán considerados en el estudio.**

PARÁMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA
<b>FISICOQUÍMICO</b>	
Temperatura	Termómetro
pH	Electroquímica
Conductividad eléctrica	Electroquímica
Sólidos totales disueltos	Electroquímica
Salinidad	Electroquímica
Oxígeno disuelto	Electroquímica
Turbidez	Electroquímica
<b>NUTRIENTES</b>	
Nitratos	Espectrofotometría UV-Visible
Nitritos	Espectrofotometría UV-Visible
Fosfatos	Espectrofotometría UV-Visible
Sulfatos	Espectrofotometría UV-Visible
DBO5	Método Whinkler

Como lo mencionamos en la tabla anterior, los parámetros fisicoquímicos como son la Temperatura, pH, Conductividad, Salinidad, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos, así como el Oxígeno Disuelto serán tomados en campo con los equipos multiparamétricos, en este caso el Multiparámetro Horiba. Por otro lado los nutrientes serán tomados por la técnica instrumental de lectura en el Espectrofotómetro DV-4000



UV, estos con el uso de los sachets de la marca HACH para muestras de 25ml (Acosta, 2002).

Los coliformes totales y Termotolerantes se analizaron mediante la técnica de cultivo en tubos con caldo lactosado. En el caso del DBO5 lo hallamos siguiendo la dilución del método de Whinkler, estándar. Todos los análisis de los parámetros los seguimos mediante el Estándar de Métodos como indica la norma (Rehbein, 2011).

## 4.2 RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS PRESENTES EN LA LAGUNA LAGUNILLAS:

Los parámetros físico químicos presentes en la toma de muestras in situ en la laguna Lagunillas es la siguiente:

**Tabla 11: Parámetros físico químicos tomados in situ en la Laguna y represa Lagunillas.**

CUENCA	ESTACIÓN	CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS		ALTITUD	T	pH	pH mV	TDS g·L <sup>-1</sup>	ORP mV	mS·cm <sup>-1</sup>	OD mg·L <sup>-1</sup>	OD% % SAL	
				ESTE	NORTE										
L1	L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	7,5	6,44	32	0,714	132	1,12	1,12	8,26	70,6	0,05
L2	L2	Interior de la Laguna	316190	8261303	4217	7,3	7,45	-20	0,717	142	1,12	1,12	8,16	69,7	0,05
L3	L3	Interior de la Laguna	315295	8262040	4133	7,06	7,89	-44	0,718	141	1,12	1,12	7,33	62,6	0,05
L4	L4	Interior de la Laguna	314852	8258335	4134	7,5	8,14	-56	0,716	140	1,12	1,12	8,57	74	0,05
L5	L5	Interior de la Laguna	315590	8258180	4132	7,55	8,29	-64	0,718	138	1,12	1,12	7,15	61,8	0,05
L6	L6	Interior de la Laguna	317191	8258203	4131	7,81	8,36	-68	0,72	141	1,13	1,13	6,17	53,7	0,05
L7	L7	Interior de la Laguna	318857	8257095	4129	8,19	8,41	-71	0,719	142	1,12	1,12	7,51	66	0,05
L8	L8	Interior de la Laguna	318986	8256475	4126	8,16	8,46	-74	0,723	133	1,13	1,13	6,14	53,9	0,05
L9	L9	Interior de la Laguna	320406	8255784	4124	8,15	8,49	-75	0,714	131	1,12	1,12	5,93	52,4	0,05
L10	L10	Interior de la Laguna	321036	8256305	4125	8,64	8,26	-63	0,719	126	1,12	1,12	6,01	53,4	0,05
L11	L11	Interior de la Laguna	320801	8257575	4128	8,39	8,36	-69	0,719	131	1,12	1,12	5,95	52,6	0,05
L12	L12	Interior de la Laguna	317036	8260225	4126	8,07	8,47	-74	0,72	142	1,13	1,13	7,23	63,4	0,05

LAGUNA LAGUNILLAS

**Tabla 12: Parámetros físico químicos tomados in situ en la Laguna y represa Lagunillas segunda salida.**

CUENCA	ESTACIÓN	CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS											
				ESTE	NORTE	ALTITUD	T	pH	pH mV	TDS g/	ORP mV	ORP mS·cm <sup>-1</sup>	OD mg·L <sup>-1</sup>	OD%	% SAL
L13	L13		COMPUERTA	316845	8260958	4162	14,74	7,82	-41	0,674	304	1,05	6,12	53,4	0,05
L14	L14		Interior de la Laguna	316038	8261385	4156	14,35	8,10	-56	0,713	211	1,11	6,05	77,8	0,05
L15	L15		Interior de la Laguna	312586	8263727	4151	14,55	8,94	-101	0,727	125	1,14	5,93	60,7	0,06
L16	L16		Interior de la Laguna	309519	8264854	4156	13,13	8,93	-100	0,756	115	1,17	6,26	61,7	0,06
L17	L17		Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	13,41	9,04	-105	1,010	121	1,58	6,34	59,7	0,08
L18	L18		Interior de la Laguna	309192	8260867	4156	13,49	8,98	-103	0,730	127	1,14	6,49	64,7	0,06
L19	L19		JAUHAS	312765	8258805	4166	11,94	8,97	-102	0,730	127	1,14	6,01	58,1	0,06
L20	L20		Interior de la Laguna	315072	8258223	4161	11,69	8,95	-101	0,733	126	1,14	6,01	58,1	0,06
L21	L21		Interior de la Laguna	317285	8260070	4160	11,91	8,93	-100	0,735	123	1,15	6,05	58,1	0,06
L22	L22		SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	9,64	8,95	-100	0,738	101	1,15	7,23	65,9	0,06
L23	L23		LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	17,35	8,82	-96	0,983	315	1,54	7,69	83,0	0,80

LAGUNA LAGUNILLAS

**Tabla 13: Parámetros físico químicos tomados in situ en la Laguna y represa Lagunillas segunda salida.**

CUENCA	ESTACIÓN	CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS				T	pH	pH mV	TDS g/	ORP mV	OD mg·L <sup>-1</sup>	OD%	% SAL
				ESTE	NORTE	ALTITUD	T								
L24	L24		Casitas	315917	8261249	4164	13,90	9,29	-120	0,720	97	1,12	6,52	65,4	0,06
L25	L25		Interior de la Laguna	311966	8263883	4158	13,38	9,46	-129	0,737	111	1,15	6,02	59,7	0,06
L26	L26		Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	13,73	9,25	-117	1,050	120	1,65	6,06	60,7	0,08
L27	L27		Casitas	311497	8259725	4152	12,92	9,57	-134	0,740	124	1,16	6,40	62,9	0,06
L28	L28		Jaulas	315628	8258086	4157	13,60	9,58	-135	0,737	124	1,15	6,23	62,1	0,06
L29	L29		Presa	317048	8261015	4159	12,65	9,58	-135	0,740	123	1,16	6,48	62,5	0,06

LAGUNA LAGUNILLAS

### 4.3 RESULTADOS DE ELABORAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO, PRESENCIA DE NUTRIENTES Y SOBRETUDO, LA PRESENCIA DE CADMIO Y SELENIO EN EL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA LAGUNA LAGUNILLAS

Utilizando el método de espectrofotometría para la determinación de nutrientes, Se, Cd, DBO<sub>5</sub> y DQO, así como el ensayo del número más probable en el caso de los parámetros microbiológicos de identificación de coliformes totales y fecales, realizados en los laboratorios de calidad de aguas del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca; plasmamos los resultados en la siguiente tabla.

**Tabla 14: Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT**

CUENCA	CÓDIGO PUNTOS DE REFERENCIA	NITRITOS	NITRATOS	SULFATOS	FOSFATOS	NITRÓGENO AMONIAICAL	CADMIO	SELENIO	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES TERMO-TOLERANTES	DBO5	DQO	TURBIDEZ
LAGUNA LAGUNILLAS	L1	4	2,3	69,2	7,5	0,02	0,33	0,315	300	200	1,75	245	3,45
	L2	2	2	67,5	12,9	0,003	0,33	0,314	300	200	1,78	264	3,67
	L3	1	2,2	72,9	11,1	0	0,33	0,313	300	200	1,73	283	3,7
	L4	1	2,7	71,6	11,9	0,007	0,33	0,314	300	200	1,69	295	3,68
	L5	3	2,7	72,4	12,2	0,02	0,33	0,315	300	200	1,71	265	3,69
	L6	2	1,4	71,8	12,5	0,02	0,33	0,316	300	200	1,58	270	3,58
	L7	1	1,8	70,5	15,3	0,048	0,33	0,315	300	200	1,68	281	3,65
	L8	3	1,4	71,9	14,6	0,02	0,33	0,548	400	300	1,74	280	3,84
	L9	1	1,4	70,3	13,3	0,02	0,33	0,542	400	300	1,72	278	3,86
	L10	4	2,4	69,9	12,8	0,058	0,33	0,569	400	300	1,82	312	3,82
	L11	1	2,2	59,9	13,7	0,02	0,33	0,57	300	300	1,85	308	3,84
	L12	1	1,8	72,4	10,7	0,02	0,33	0,571	300	300	1,79	311	3,63

**Tabla 15: Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT, de la segunda salida.**

CUENCA	CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	NITRITOS	NITRATOS	SULFATOS	FOSFATOS	NITRÓGENO AMONIACAL	CADMIO	SELENIO	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES TERMO-TOLERANTES	DBO5	DQO	TURBIDEZ
	L13	10	1,9	66,6	11,3	0,407	0,34	0,320	300	200	1,76	251	3,52	
	L14	1	2,4	80,0	11,1	0,386			300	200	1,78	255	3,7	
	L15	8	1,4	76,6	13,1	0,289	0,33	0,316	300	200	1,73	245	3,51	
	L16	1	2,8	72,2	11,1	0,286			400	200	1,65	244	3,68	
	L17	2	1,0	80,0	11,6	0,357	0,33	0,551	400	200	1,68	250	5,21	
	L18	3	5,2	69,3	12,3	0,340			400	300	1,71	256	3,32	
	L19	3	1,5	72,4	11,8	0,327	0,33	0,561	400	300	1,75	262	3,72	
	L20	7	2,0	69,9	12,7	0,377			300	200	1,79	264	3,73	
	L21	0	1,7	71,2	12,7	0,273			300	200	1,76	261	3,78	
	L22	0	1,0	70,7	12,5	0,274			400	200	1,74	260	3,84	
	L23	2	1,9	80,0	2,0	0,805	0,32	1,135	400	200	1,78	275	3,93	

LAGUNA LAGUNILLAS

**Tabla 16: Parámetros microbiológicos y químicos tomados en los Laboratorios de Chucuito de PEBLT, de la segunda salida.**

CUENCA	CÓDIGO	NITRITOS	NITRATOS	SULFATOS	FOSFATOS	NITRÓGENO AMONIAICAL	CADMIO	SELENIO	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES TERMO-TOLERANTES	DBO5	DQO	TURBIDEZ
LAGUNA LAGUNILLAS	L24	3		48,8	13,8	0,383		0,325	350	300	1,77	26	3,55
	L25	1	2,8	54,5	12,8	0,365	0,34	0,323	350	300	1,81	26	3,63
	L26	2	2,1	59,7	11,0	0,530		0,314	300	200	1,67	25	3,7
	L27	3	1,8	51,6	11,7	0,433		0,316	300	200	1,65	24	3,68
	L28	5	1,5	47,3	12,0	0,383	0,33	0,540	300	200	1,61	27	3,74
	L29	2	3,2	48,9		0,408		0,569	350	300	1,81	27	3,75



## **4.4 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA**

### **4.4.1 Preparación de equipos:**

Para los análisis se realizará la preparación de los equipos usados en campo, como los electrodos de pH que serán calibrados con soluciones buffer de 4,7 y 10. Los sensores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad se llevarán a un valor de 1000  $\mu\text{s/cm}$  utilizando cloruro de potasio (0.01M), La calibración del sensor de oxígeno disuelto se realizara al aire libre y a la temperatura ambiental. El espectrofotómetro UV-VIS se calibrará de acuerdo a las indicaciones del manual del equipo HACH DR – 4000 (Vásquez et. al., 2016b).

### **4.4.2 Toma de muestras de aguas superficiales – corriente**

Como lo mencionamos anteriormente, la metodología utilizada para la recolección y análisis de muestras de calidad de aguas es la indicada por la Ley de Recursos Hídricos Ley 17752 y la Resolución Jefatural N°10-2016-ANA, esto plasmado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales:

- “El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestra”.
- “Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea”.
- “El volumen de agua colectado por cada muestra fue de 500 ml, esto concordante con los requerimientos de volumen de agua necesarios para cada uno métodos de ensayo efectuados”.
- “Las muestras fueron colectadas en envases de polietileno, debidamente etiquetadas y rotuladas según punto de monitoreo”.



- “Las muestras fueron transportadas hasta el LCCA del PELT en una caja térmica (cooler) antes de las 24 horas y posteriormente fueron refrigeradas a  $-4^{\circ}\text{C}$ ” (National Research Council, 2005).

#### **4.4.3 Análisis de muestra de aguas superficiales**

Son aquellas que “se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares” (Guevara et.al. , 2006).

#### **4.4.4 Parámetros fisicoquímicos**

La calidad de aguas está determinada por las propiedades físicas, químicas, como temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbiedad, salinidad, sólidos totales disueltos; que serán analizados in situ por métodos electroquímicos utilizando los equipos multiparámetros HORIBA, y el Turbidímetro HANNA.

#### **4.4.5 La determinación de aniones**

Nitrato, nitrito, fosfato y sulfato se realizará por espectrofotometría, mediante los métodos de reacción colorimétrica UV-Visible, las muestras serán analizadas con el equipo de HACH DR – 4000.

Demanda Bioquímica de Oxígeno 5.- La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), se media por el método Winkler o una modificación del mismo, durante el periodo de incubación de 5 días, produce una medida de la  $\text{DBO}_5$ .

#### **4.4.6 Criterios de evaluación:**

Para la evaluación de la calidad del agua superficiales de Puno, se tomó en cuenta los valores de los “Estándares de Calidad Ambiental establecidos mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN, correspondiente a la Categoría 4: Conservación del



Ambiente Acuático, esto debido a la clasificación de cuerpo de agua superficial y marino – costero que tiene el lago Titicaca según Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, así como el Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM en lo referente a los Límites Máximos Permisibles” (Chán et al., 2015).

#### **4.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE MANERA INDEPENDIENTE:**

A continuación, se presentan los resultados de los análisis obtenidos en los laboratorios del PEBLT sitios en la zona Barco de Chucuito.

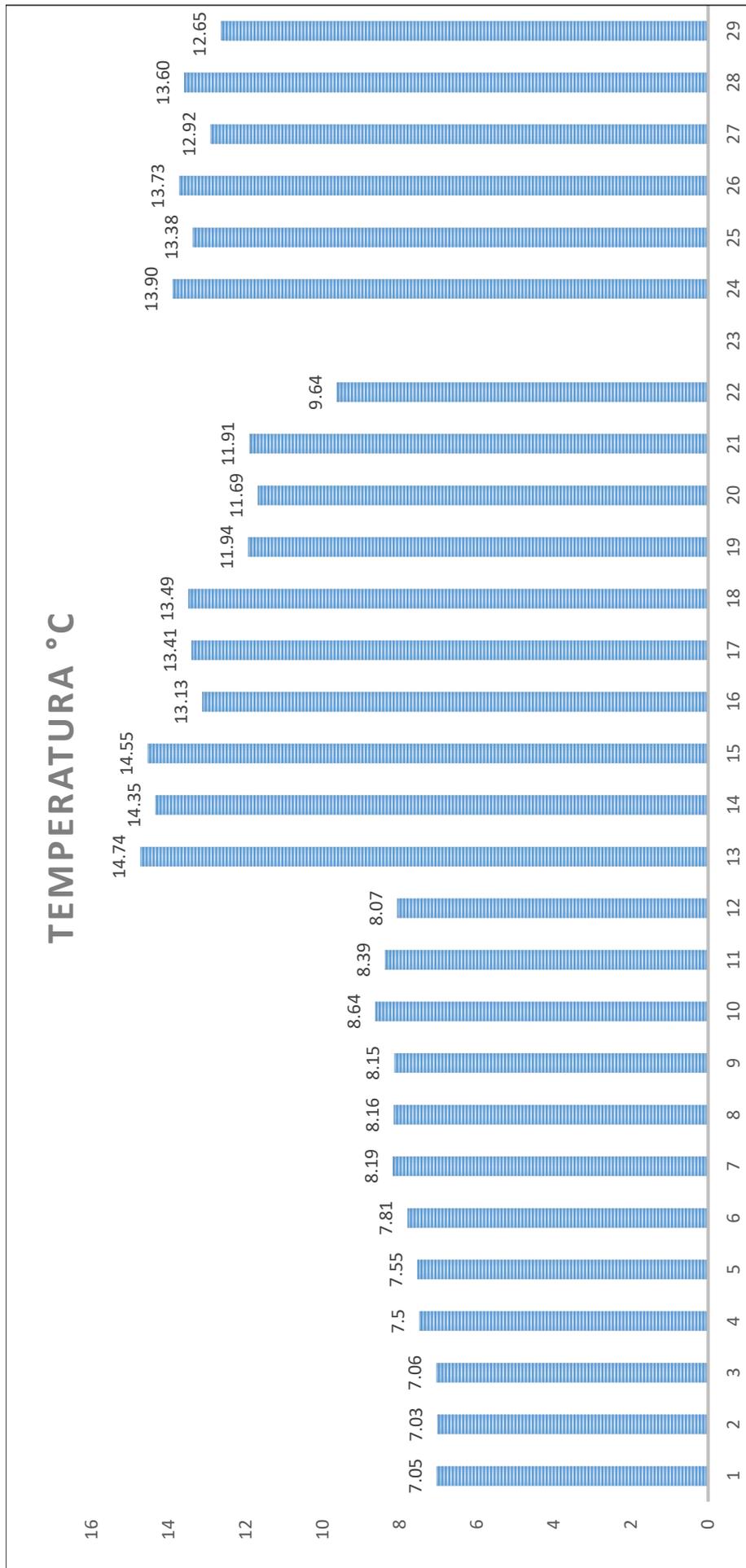
##### **4.5.1 Temperatura:**

Los valores de temperatura medidos los días de monitoreo están en el rango de 7,03 °C a 14,74 °C, estos valores van de acuerdo al horario de monitoreo, siendo el periodo de muestreo desde las 08h00 hasta las 13h30, esto considerando entre el 08 de agosto al 18 de octubre del 2018, cabe destacar que en la zona se han registrado picos de -6°C hasta los 17°C en ciertas épocas del año.



**Tabla 17: Tabla de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas, entre el 08 de agosto del 2018 al 18 de octubre del 2018**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			
		ESTE	NORTE	ALTITUD	T
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	7,05
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	7,03
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	7,06
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	7,5
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	7,55
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	7,81
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	8,19
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	8,16
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	8,15
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	8,64
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	8,39
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	8,07
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	14,74
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	14,35
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	14,55
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	13,13
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	13,41
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	13,49
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	11,94
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	11,69
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	11,91
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	9,64
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	17,35
L24	Casitas	315917	8261249	4164	13,90
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	13,38
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	13,73
L27	Casitas	311497	8259725	4152	12,92
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	13,60
L29	Presa	317048	8261015	4159	12,65



*Figura 8. Cinética de la Temperatura en el de agua de la Laguna Lagunillas.*



#### 4.4.2. Potencial de hidrogeniones (pH):

Los valores de pH registrados in situ se registran valores que varían de 6,44 y 9,58 de pH en el cuerpo de agua en algunos puntos se debe considerar esta alcalinidad posiblemente se deba a los carbonatos presentes en la geomorfología del área, así como los meses de muestreo, puesto que los valores más bajos son del mes de agosto del 2018 mientras que los más altos corresponden a fines del mes de octubre del 2018. Al compararlos con los ECA'S categoría 4 Conservación del medio ambiente acuático para lagos y laguna E1 que consideran un pH de (6,5 – 9), y en su categoría 2 para extracción y cultivo de especies hidrobiológica en lagos o lagunas en su punto C4 indican que el pH debe oscilar entre (6 - 9), según nuestros análisis el pH supera con cierta alcalinidad este parámetro.

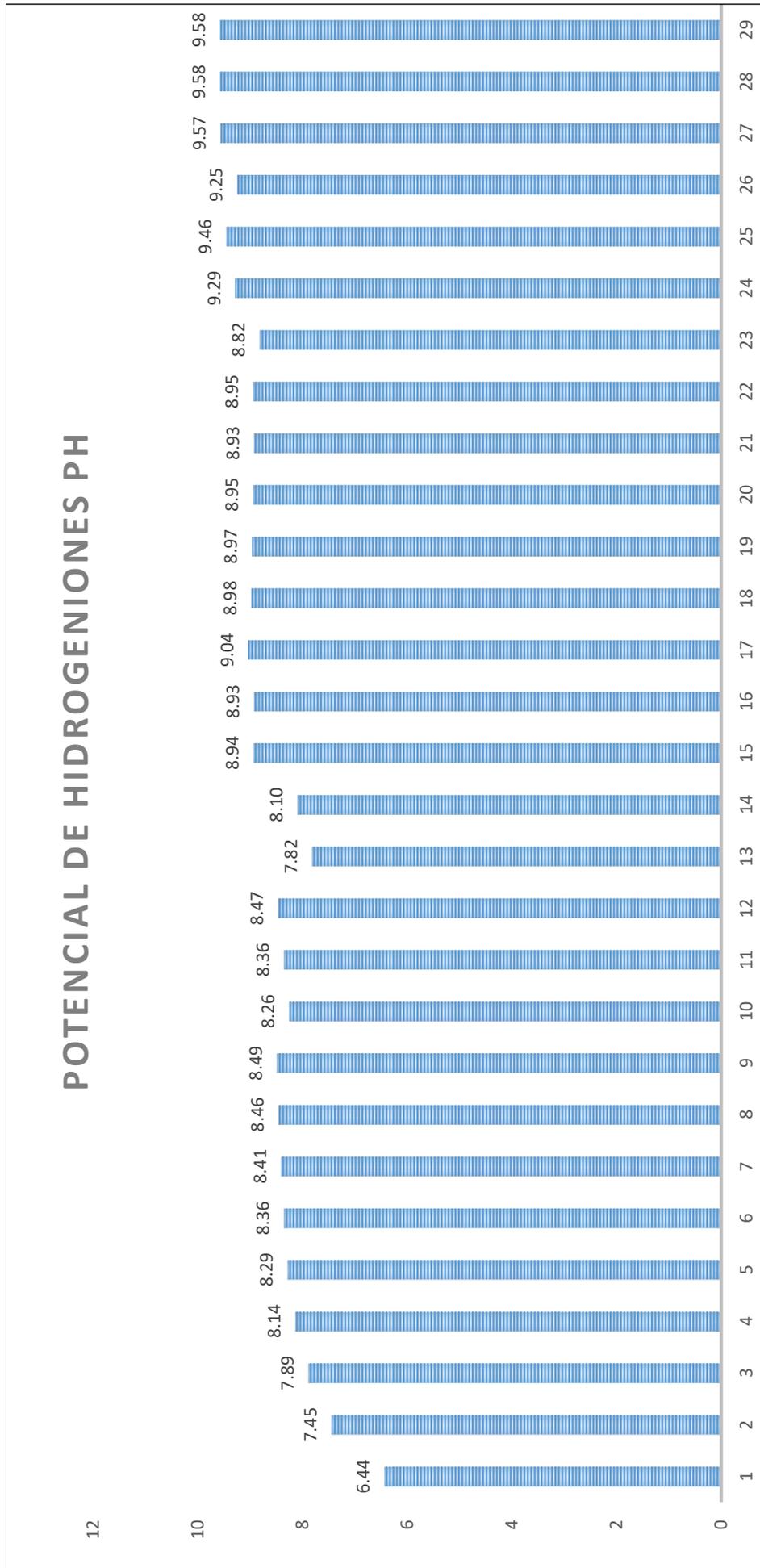
En el caso del pH el cuerpo de agua se encuentra casi dentro de los límites impuestos por los Estándares de Calidad Ambiental, pero están fuera de los rangos en determinados puntos, asumimos que podrían ser por ciertas condiciones momentáneas, pero aun así debemos estar alertas en el control de este parámetro (Belizario et al., 2019).

Según estudios realizados en la Universidad Católica de Chile, se considera que las aguas naturales con mejores características para la vida y su sostén, están entre los rangos de pH de 7,5 a 8, pero un exceso de 9 es también considerado a causa de contaminantes orgánicos los cuales tienen que sugerir ponernos alertas.



**Tabla 18: Tabla de potencial de hidrogeniones tomados en la Laguna**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			pH
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	6,44
L2	Interior de la Laguna	316190	8261303	4217	7,45
L3	Interior de la Laguna	315295	8262040	4133	7,89
L4	Interior de la Laguna	314852	8258335	4134	8,14
L5	Interior de la Laguna	315590	8258180	4132	8,29
L6	Interior de la Laguna	317191	8258203	4131	8,36
L7	Interior de la Laguna	318857	8257095	4129	8,41
L8	Interior de la Laguna	318986	8256475	4126	8,46
L9	Interior de la Laguna	320406	8255784	4124	8,49
L10	Interior de la Laguna	321036	8256305	4125	8,26
L11	Interior de la Laguna	320801	8257575	4128	8,36
L12	Interior de la Laguna	317036	8260225	4126	8,47
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	7,82
L14	Interior de la Laguna	316038	8261385	4156	8,10
L15	Interior de la Laguna	312586	8263727	4151	8,94
L16	Interior de la Laguna	309519	8264854	4156	8,93
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	9,04
L18	Interior de la Laguna	309192	8260867	4156	8,98
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	8,97
L20	Interior de la Laguna	315072	8258223	4161	8,95
L21	Interior de la Laguna	317285	8260070	4160	8,93
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	8,95
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	8,82
L24	Casitas	315917	8261249	4164	9,29
L25	Interior de la Laguna	311966	8263883	4158	9,46
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	9,25
L27	Casitas	311497	8259725	4152	9,57
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	9,58
L29	Presa	317048	8261015	4159	9,58



*Figura 9. Cinética del potencial de hidrogeniones en el de agua.*



#### 4.4.3 Oxígeno disuelto:

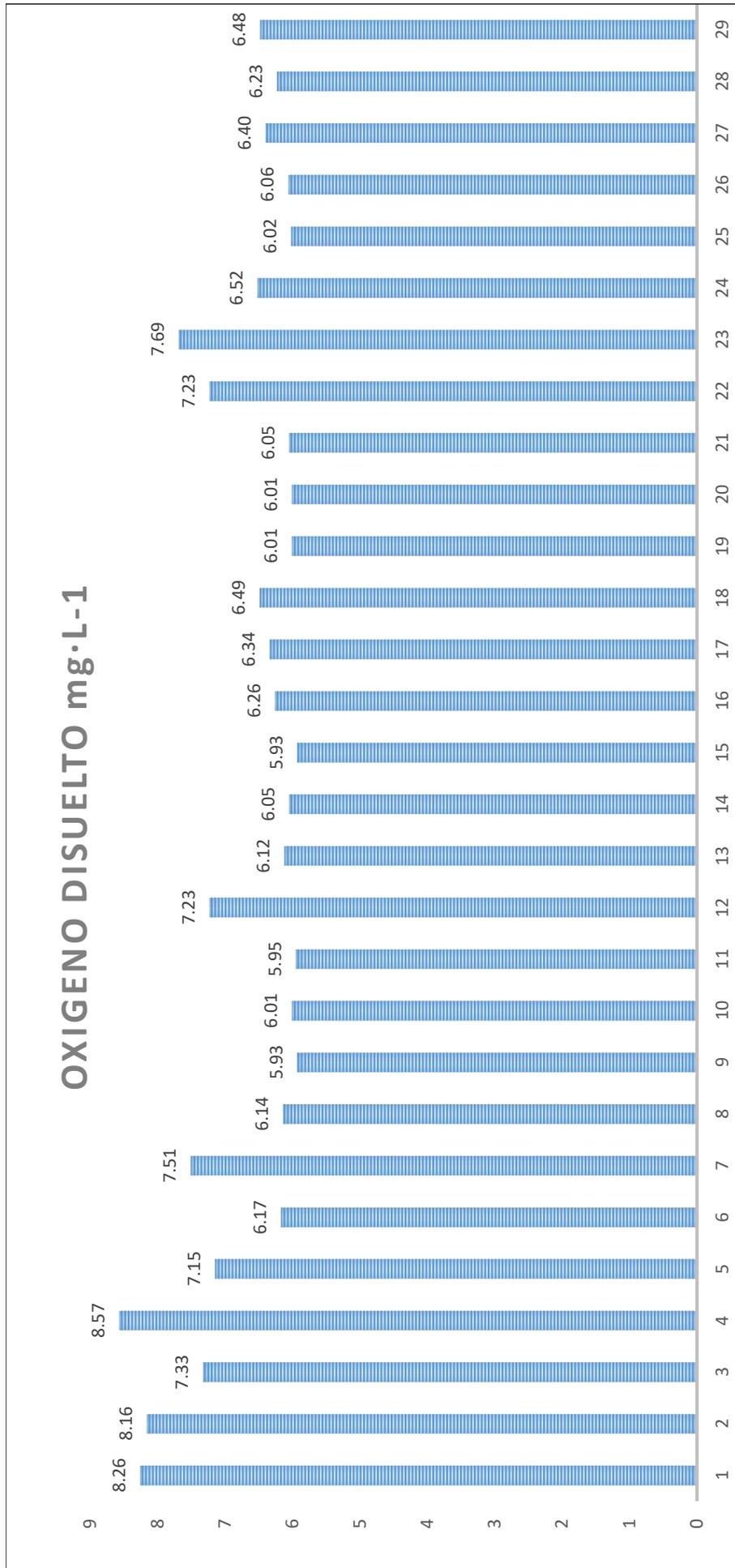
Los valores de oxígeno disuelto (OD) varían en los diferentes puntos de monitoreo estando en un rango de 5,93– 8,57; los parámetros registrados todos son mayores a los valores establecidos por ECAS categoría 4 conservación del medio acuático ( $\geq 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

En casi toda la cuenca alto andina, los valores de OD son de 8,5 hasta 11,5 normalmente, pero en Lagunillas encontramos valores que casi están al límite de 5; según tenemos conocimiento en el mes de mayo se presentó en varias zonas de la actividad acuícola mortandad de los salmónidos, lo cual creemos que es a causa de la falta de oxígeno uno por la cantidad de peces que concentran en sus jaulas que al ser parte de un medio o área limitada y con un nivel de oxígeno disuelto relativamente bajo, genera hipoxia y esta causa la mortandad en los salmónidos, según sabemos hay más de 252 concesiones acuícolas en la zona y cada uno maneja un promedio de 6 jaulas como mínimo y cada una contiene aproximadamente media toneladas de truchas lo que permite una cosecha semanal de 300 kg a más, estas cifras nos brindó personal de PRODUCE, lo cual ratifica nuestra teoría de niveles bajos de oxígeno que causan la mortandad en los peces.



**Tabla 19: Tabla de Oxígeno Disuelto tomado in situ en la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			OD mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	8,26
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	8,16
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	7,33
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	8,57
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	7,15
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	6,17
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	7,51
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	6,14
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	5,93
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	6,01
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	5,95
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	7,23
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	6,12
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	6,05
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	5,93
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	6,26
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	6,34
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	6,49
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	6,01
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	6,01
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	6,05
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	7,23
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	7,69
L24	Casitas	315917	8261249	4164	6,52
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	6,02
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	6,06
L27	Casitas	311497	8259725	4152	6,40
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	6,23
L29	Presa	317048	8261015	4159	6,48



*Figura 10. Cinética del Oxígeno Disuelto en el de agua.*



#### 4.4.4 Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica está relacionada con TDS. Las sales en el agua se disuelven en iones con carga positiva e iones con carga negativa, que conducen electricidad.

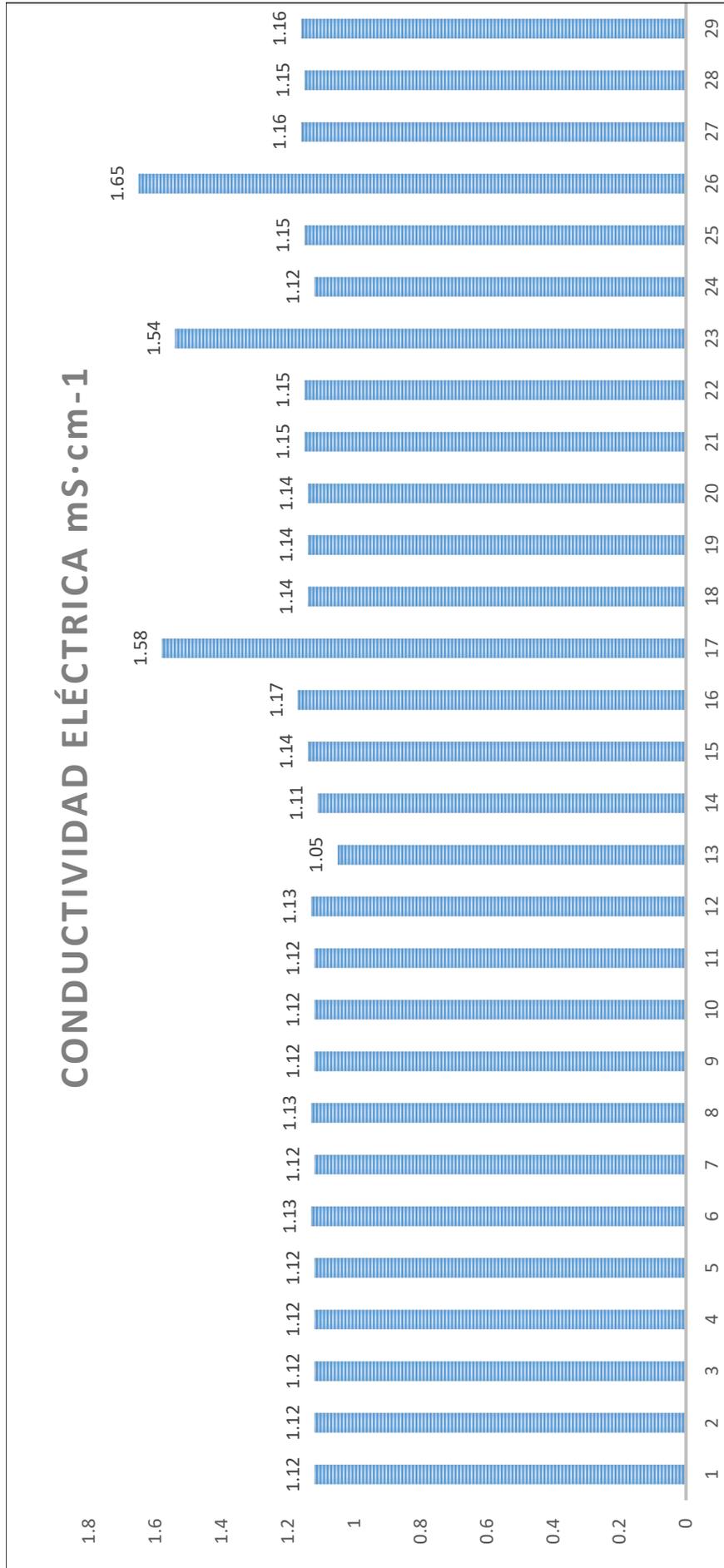
El agua destilada no contiene sales disueltas y, por lo tanto, no conduce la electricidad y tiene una conductividad eléctrica de cero.

En los Puntos L6, L8 y L12 hay un ligero incremento del nivel de conductividad  $1,13 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , pero en casi todo el cuerpo de agua se mantiene esta constante en  $1,12 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , lo cual es una muestra de que el cuerpo de agua contiene casi los mismos parámetros fisicoquímicos, los cuales solamente son alterados debido a la actividad acuícola, sobre todo en las zonas de elevada concentración de jaulas las cuales alteran los parámetros en sus zonas de actividad. Pero analizando en función de los ECA's de categoría 4 apreciamos un incremento esto comparando con datos de las cuencas aledañas del sistema TDPS, Los ECA's sugieren un límite de  $1000 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$  y nosotros superamos con un carácter constante los  $1,2 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; esto es debido a la alta actividad de óxido reducción, causada por los iones de Sulfatos, Nitritos, Nitratos y la ligera Salinidad de las aguas, esto a causa del alimento de trucha rico en sales, proteínas, grasas y selenio.



**Tabla 20: Tabla de conductividad tomada en la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			
		ESTE	NORTE	ALTITUD	mS·cm <sup>-1</sup>
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	1,12
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	1,12
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	1,12
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	1,12
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	1,12
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	1,13
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	1,12
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	1,13
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	1,12
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	1,12
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	1,12
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	1,13
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	1,05
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	1,11
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	1,14
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	1,17
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	1,58
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	1,14
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	1,14
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	1,14
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	1,15
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	1,15
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	1,54
L24	Casitas	315917	8261249	4164	1,12
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	1,15
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	1,65
L27	Casitas	311497	8259725	4152	1,16
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	1,15
L29	Presa	317048	8261015	4159	1,16



*Figura 11. Conductividad eléctrica en las aguas de la Laguna Lagunillas.*



#### 4.4.5 Sólidos totales disueltos:

Los valores registrados in situ de la concentración de sólidos totales disueltos son heterogéneos en cada punto de muestreo que varían de un rango de 0,714 – 1,05. Estos valores están relacionados con la conductividad registrada, lo que indica que las aguas están fuertemente mineralizadas con concentraciones significativas de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^{-}$  y  $SO_4^{2-}$ .

Los valores de sólidos totales disueltos (STD) en los puntos de monitoreo superan el rango establecido en los Estándares de Calidad Ambiental según la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, presentado valores superiores a  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Vásquez, et al., 2016a).

Esta alza en los valores que casi promedian los  $0,725 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , puede deberse a varios factores, como anteriormente lo mencionamos, podría ser uno la alta mineralización de la zona aledaña que contiene a la Laguna Lagunillas, como también por la precipitación y sedimentación del alimento de salmónidos que utilizan los criadores de truchas tanto formales como informales en la zona.



**Tabla 21: Tabla de Sólidos Totales en Disueltos tomadas en la Laguna**

**Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			TDS g·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	0,714
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	0,717
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	0,718
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	0,716
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	0,718
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	0,72
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	0,719
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	0,723
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	0,714
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	0,719
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	0,719
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	0,72
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	0,674
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	0,713
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	0,727
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	0,756
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	1,010
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	0,730
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	0,730
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	0,733
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	0,735
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	0,738
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	0,983
L24	Casitas	315917	8261249	4164	0,720
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	0,737
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	1,050
L27	Casitas	311497	8259725	4152	0,740
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	0,737
L29	Presa	317048	8261015	4159	0,740

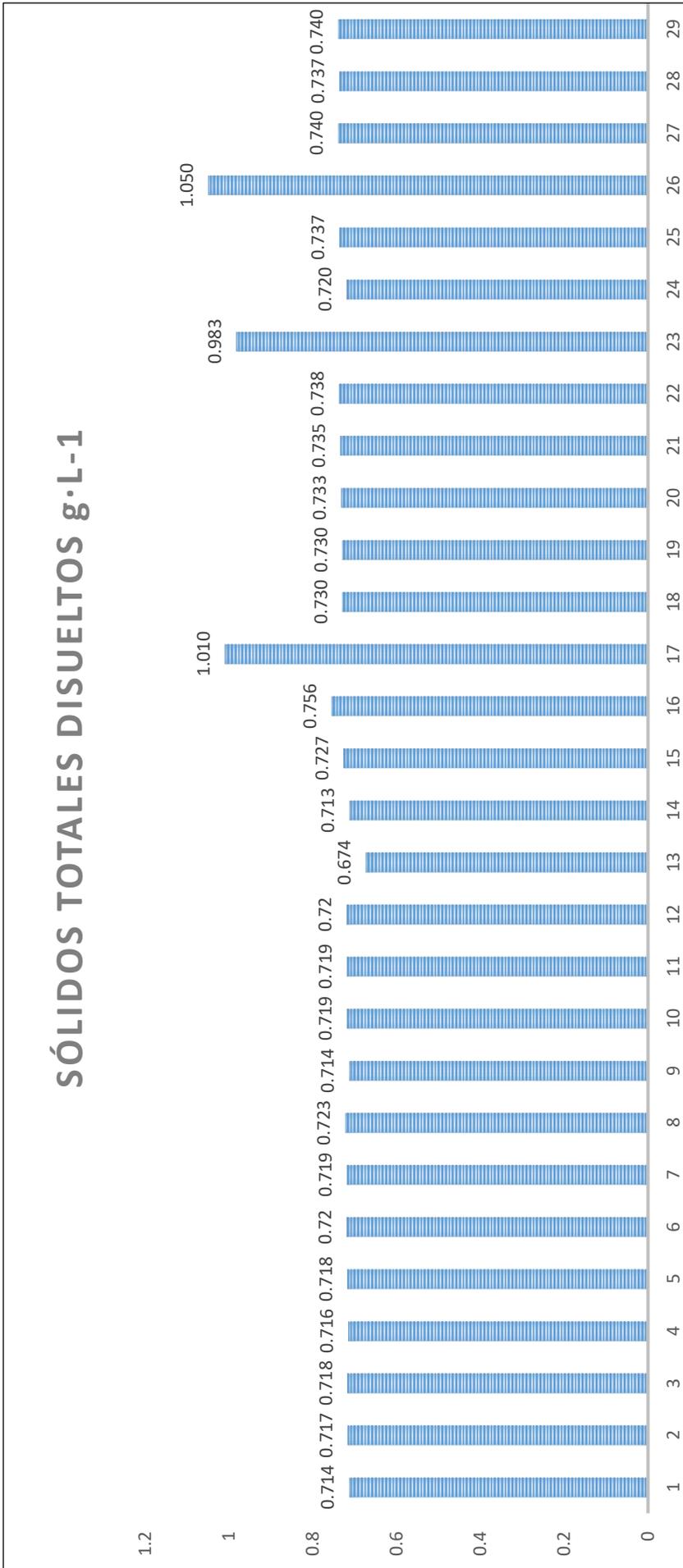


Figura 12. Solidos totales disueltos en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.6 Factor REDOX o factor oxido reducción:

El factor de óxido reducción en el ambiente está regido por la ecuación de Nerst, en la cual de dos compuestos uno actúa como oxidante y el otro se reduce:

$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{Oxidante}}{a_{Reductor}}$$

$E^0$  = Potencial Redox normal característico para sistema O/R. Se mide utilizando la reacción de reducción del H<sub>2</sub> como referencia) y están tabulados siempre en sentido de la reacción de reducción O/R, y donde:

R=constante 8,31 V·c/kmol

T= Temperatura absoluta (K)

F= Constante de Faraday = 96500 c/Eq

n= n° de electrones transferidos (Eq/mol)

A partir de esta ecuación es que se halla este parámetro fisicoquímico que es el factor REDOX, el cual nos indica una actividad fisicoquímica en el ambiente acuático, en este caso la actividad registrada es relativamente alta puesto que en caso de ojos de agua casi exentos de contaminación o actividad oxido reductora normalmente este parámetro es entre 50 a 75, en el caso de la Laguna Lagunillas casi se duplica esta actividad, pese a no ser aguas tan saladas.



**Tabla 22: Tabla de Factor REDOX tomado. en la Laguna Lagunillas**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			
		ESTE	NORTE	ALTITUD	ORP mV
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	132
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	142
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	141
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	140
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	138
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	141
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	142
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	133
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	131
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	126
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	131
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	142
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	304
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	211
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	125
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	115
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	121
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	127
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	127
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	126
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	123
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	101
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	315
L24	Casitas	315917	8261249	4164	97
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	111
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	120
L27	Casitas	311497	8259725	4152	124
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	124
L29	Presa	317048	8261015	4159	123

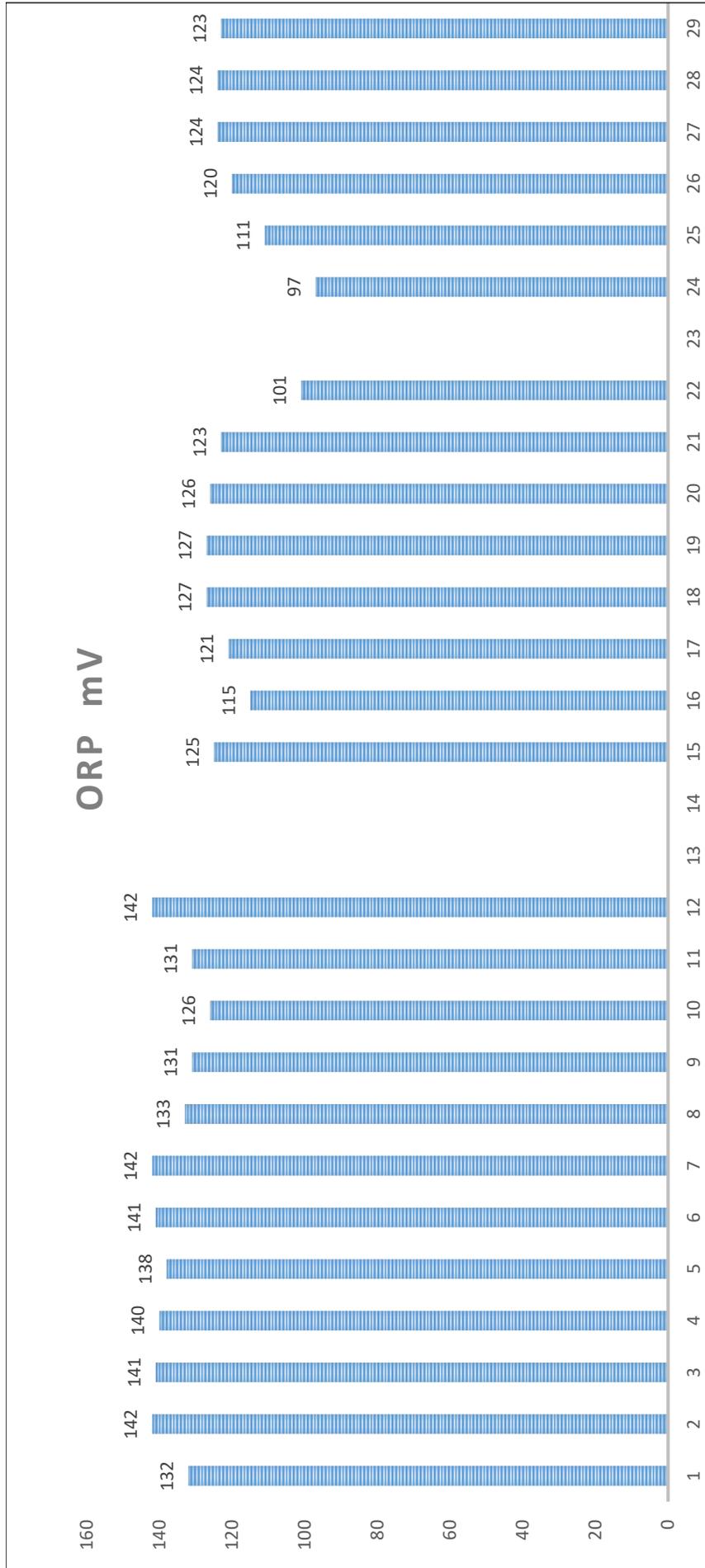


Figura 13. Factor REDOX en las aguas de la Laguna Lagumillas.

#### 4.4.7 Salinidad (%):

La salinidad es un factor que influye en la densidad del agua. “El agua de mar tiene de media un 35o/oo de salinidad, es decir 35 gramos por cada litro de agua. Una forma de comprobarlo por ti mismo, sería coger 1L de agua de mar y dejar que se evapore el agua y después pesar el sólido que se ha quedado. Aunque a priori es un experimento sencillo, habría que filtrar previamente la arena que pueda estar disuelta en el agua” (Vásquez et al., 2016b). Las sales más comunes disueltas en el agua de mar son: Cloruro de Sodio (sal común), los sulfatos y el bicarbonato de calcio (gracias al cual se regula la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera). No obstante, el agua de mar tiene hasta 2/3 de los elementos químicos naturales que existen, aunque la mayoría sólo como trazas. Seis componentes componen el 99% de los solutos del agua.

**Tabla 23: Composición de Sales disueltas en agua.**

Sal – Ion	Concentración o/oo (partes por mil) en agua de los valores medios	Proporción sobre la salinidad total (independientemente de la salinidad)
Cloruro	19,345	55,03
Sodio	10,752	30,59
Sulfato	2,701	7,68
Magnesio	1,295	3,68
Calcio	0,416	1,18
Potasio	0,39	1,11
Bicarbonato	0,145	0,41
Bromuro	0,066	0,19
Borato	0,027	0,08

Como venimos comentando, la densidad depende de la salinidad y de la temperatura, pero en valores medios de 25° y de 1atm (prácticamente en la superficie), la salinidad sería la que corresponde en esta tabla. A continuación, mostraremos una comparativa de las aguas saladas conocidas:

**Tabla 24: Comparativa de aguas saladas conocidas.**

<b>MAR</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>DENSIDAD 25° 1atm</b>
Agua destilada	0 g·L <sup>-1</sup>	998g/cm <sup>3</sup>
Agua de grifo	3 g·L <sup>-1</sup>	1000 g/cm <sup>3</sup>
Mar Báltico	6 – 18 g·L <sup>-1</sup>	1006 <sup>-1</sup> 008 g/cm <sup>3</sup>
Mar del Norte	32 g·L <sup>-1</sup>	1026 g/cm <sup>3</sup>
Océanos	33 – 37 g·L <sup>-1</sup>	1027 g/cm <sup>3</sup>
Mar Mediterráneo	38 g·L <sup>-1</sup>	1028 g/cm <sup>3</sup>
Mar Rojo / Golfo Pérsico	38 – 43 g·L <sup>-1</sup>	1033 g/cm <sup>3</sup>
Mar Muerto	230 g·L <sup>-1</sup>	230 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: (Reyes et al., 2015).

Como podemos apreciar la salinidad de la Laguna lagunillas no es tan elevada puesto que representaría unos 5g·L<sup>-1</sup> lo cual es algo más elevada que el agua potable, pero si comparamos con otras muestras del sistema TDPS podemos considerar algo elevado su nivel, dado que por lo general encontramos 0-2 g·L<sup>-1</sup> en otras muestras tomadas a lo largo del sistema. Pero comparando como otros lagos salados que llegan a tener concentraciones de hasta 15 g·L<sup>-1</sup> podemos considerar nuestra salinidad como baja.



**Tabla 25: Cuadro de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			
		ESTE	NORTE	ALTITUD	% SAL
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	0,05
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	0,05
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	0,05
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	0,05
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	0,05
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	0,05
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	0,05
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	0,05
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	0,05
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	0,05
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	0,05
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	0,05
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	0,05
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	0,05
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	0,06
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	0,06
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	0,08
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	0,06
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	0,06
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	0,06
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	0,06
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	0,06
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	0,80
L24	Casitas	315917	8261249	4164	0,06
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	0,06
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	0,08
L27	Casitas	311497	8259725	4152	0,06
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	0,06
L29	Presa	317048	8261015	4159	0,06

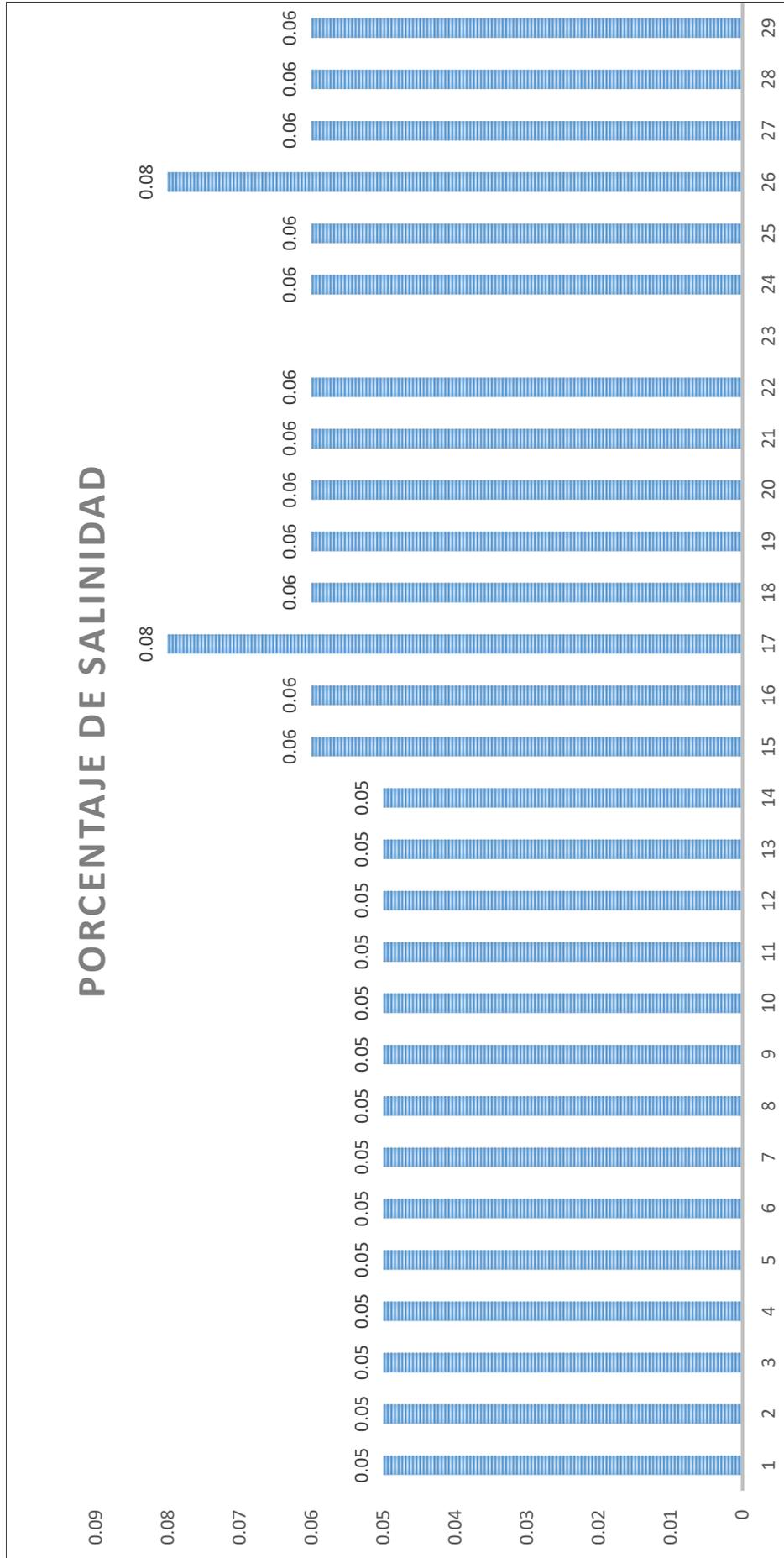


Figura 14. Salinidad en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.8. Nitritos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

“Los Nitritos y Nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del Nitrógeno. Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) son aniones que contienen nitrógeno (N) y oxígeno (O) y se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos, formando sales u otros compuestos. En la naturaleza los Nitratos se convierten en nitritos y al revés” (Guevara et al., 2006).

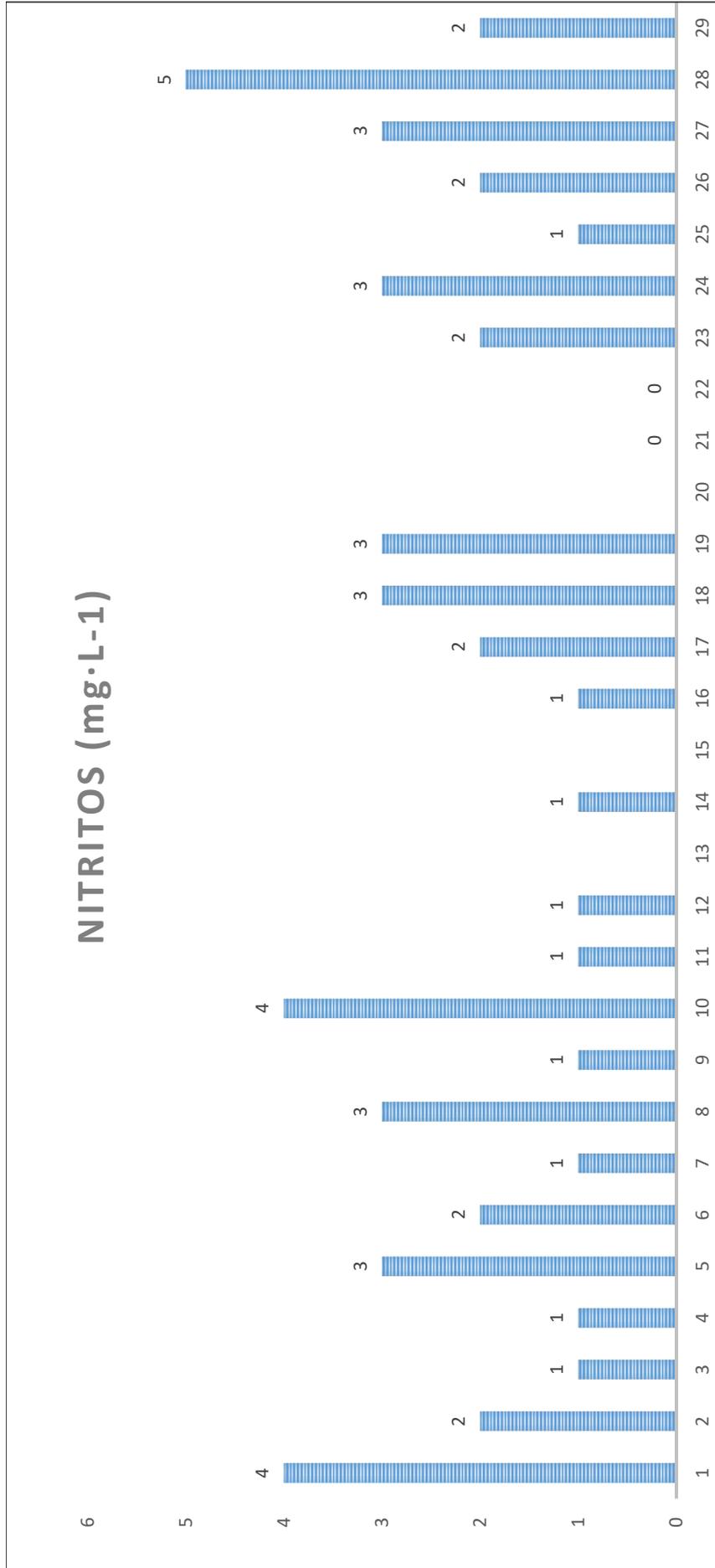
En las aguas de consumo la Organización Mundial de la Salud (OMS) señaló como valor máximo orientativo la cantidad de  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y el nivel aceptable de calidad es de  $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . La mayoría de nuestras aguas envasadas tienen menos de  $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y ninguna supera los  $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

En el caso de los Estándares de Calidad Ambiental no se consideran los nitritos por lo señalado en el primer párrafo de este tema, esto pues al medir los Nitratos prácticamente mediremos una concentración correlativa con los nitritos que en su cuantificación aproximada son el doble de los nitratos, pero en nuestro caso hicimos el presente análisis para descartar posibles contaminantes orgánicos que alterarían el orden de la biota subacuática de la zona, pero encontramos que están los nitritos en unos niveles medios en cuanto a contaminación se refiere.



**Tabla 26: Tablas de Nitritos tomadas de la Laguna Lagunillas.**

CODIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			NITRITOS mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	4
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	2
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	1
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	1
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	3
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	2
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	1
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	3
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	1
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	4
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	1
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	1
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	10
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	1
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	8
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	1
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	2
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	3
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	3
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	7
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	0
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	0
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	2
L24	Casitas	315917	8261249	4164	3
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	1
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	2
L27	Casitas	311497	8259725	4152	3
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	5
L29	Presa	317048	8261015	4159	2



*Figura 15. Nitritos en las aguas de la Laguna Lagumillas.*



#### 4.4.9. Nitratos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

El nitrato está presente en el agua de forma natural pudiéndose incrementar su concentración por actividades humanas. Estas fuentes de nitrógeno para el agua de consumo humano son:

- Fertilizantes inorgánicos y orgánicos.
- Purines (orina animal) y estiércol.
- Actividades industriales y urbanas (vertidos efluentes, aguas residuales, etc)
- Herbicidas y plaguicidas que contienen nitratos.

“Los nitratos se disuelven fácilmente en el agua y llegan así al suministro de agua de consumo humano y no confieren ningún sabor u olor a las aguas de bebida. La principal fuente de contaminación de los acuíferos lo constituye el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados y, en menor medida, el empleo de abonos orgánicos procedentes de la actividad ganadera. El exceso de nitratos, que no es utilizado por las plantas para la síntesis de proteínas vegetales, puede llegar a las aguas superficiales, o bien, infiltrarse a través del suelo y llegar a los acuíferos subterráneos” (Rudolph et al., 2007).

En la zona del Gran Buenos Aires es posible encontrar acuíferos donde la concentración de nitratos oscila entre los  $70 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y los  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , y a veces valores superiores. La alta densidad de población no conectada a sistemas cloacales, sumada a una también alta densidad industrial, explican estos valores.

En nuestro caso los Estándares de Calidad Ambiental, en su categoría 4, Conservación de ambiente acuático están en bajo los niveles de peligro ni de la Categoría 2 C4 en lo que es extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas, pues no superan los  $13 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  establecidos en la norma.



**Tabla 27: Cuadro de Nitratos tomadas de la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			NITRATOS mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	2,3
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	2
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	2,2
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	2,7
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	2,7
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	1,4
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	1,8
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	1,4
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	1,4
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	2,4
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	2,2
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	1,8
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	1,9
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	2,4
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	1,4
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	2,8
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	1,0
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	5,2
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	1,5
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	2,0
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	1,7
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	1,0
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	1,9
L24	Casitas	315917	8261249	4164	6,4
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	2,8
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	2,1
L27	Casitas	311497	8259725	4152	1,8
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	1,5
L29	Presa	317048	8261015	4159	3,2

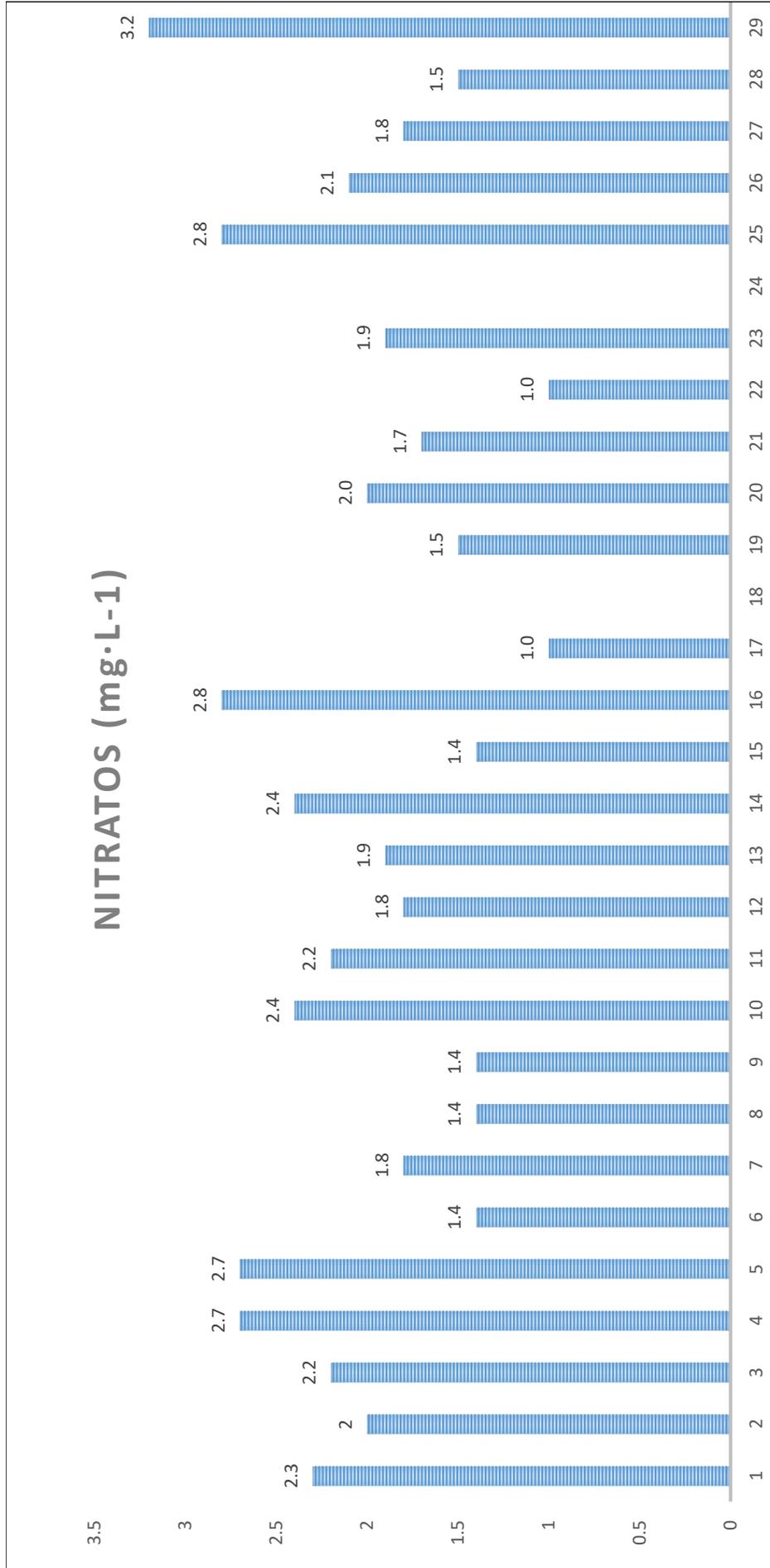


Figura 16. Nitratos en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.10. Sulfatos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

Los valores de sulfatos obtenidos están sobre los  $48,9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , los cuales en varios puntos superan los  $80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de concentración de sales de azufre en el cuerpo de agua, lo cual puede indicarnos un alto nivel de minerales en la zona aledaña, estos minerales pueden estar en el rango del cobre y oro, por ser los andes del Perú ricos en yacimientos minerales.

Los sulfatos se encuentran de manera natural en numerosos minerales (barita epsomita, tiza, etc.). Además, se utilizan en la industria química (fertilizantes, pesticidas, colorantes, jabón, papel, vidrio, fármacos, etc.); como agentes de sedimentación (sulfato de aluminio) o para controlar las algas (sulfato de cobre) en las redes de agua y, por último, como aditivos en los alimentos. La presencia de sulfatos en el agua puede causar un sabor perceptible. El umbral a partir del cual se percibe este sabor varía desde  $250 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  litro (sulfato sódico) y  $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  litro (sulfato cálcico).

Un nivel superior a los  $1200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  podría causar sensibilidad estomacal en los seres humanos, mientras que en el resto de animales a partir de los  $1500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , pero en el caso de la Laguna Lagunillas las muestras presentan niveles bajos y relativamente normales de las sales de azufre presentes en el cuerpo de agua.



**Tabla 28: Cuadro de Sulfatos tomadas de la Laguna Lagunillas**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			SULFATOS mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	69,2
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	67,5
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	72,9
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	71,6
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	72,4
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	71,8
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	70,5
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	71,9
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	70,3
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	69,9
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	59,9
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	72,4
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	66,6
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	80,0
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	76,6
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	72,2
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	80,0
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	69,3
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	72,4
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	69,9
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	71,2
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	70,7
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	80,0
L24	Casitas	315917	8261249	4164	48,8
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	54,5
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	59,7
L27	Casitas	311497	8259725	4152	51,6
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	47,3
L29	Presa	317048	8261015	4159	48,9

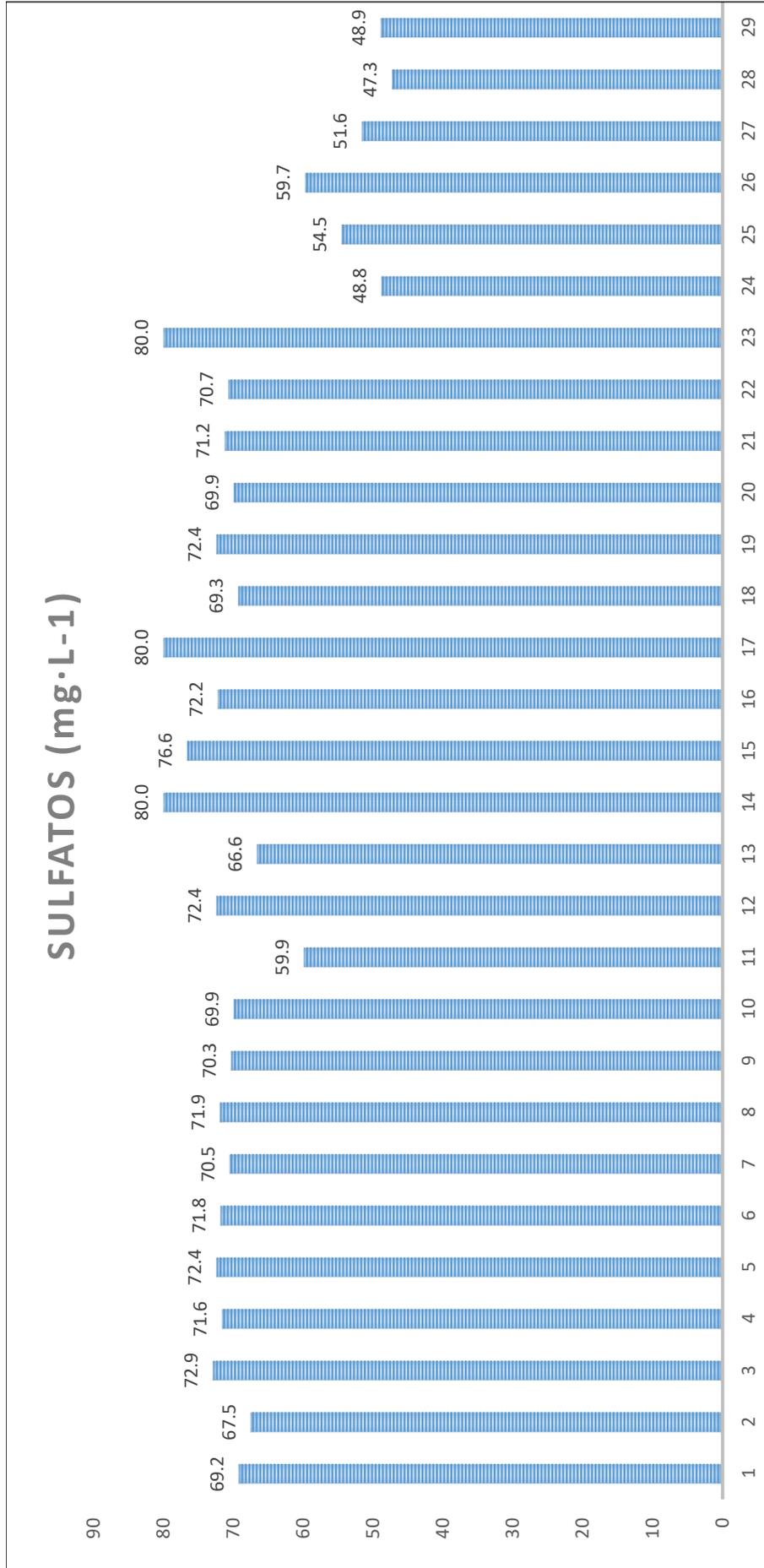


Figura 17. Sulfatos en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.11. Fosfatos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 gramos. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre  $0,1\text{-}0,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ PO}_4\text{-P}$  en el agua corriente y entre  $0,005\text{-}0,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ PO}_4\text{-P}$  en aguas tranquilas. En vista del peligro potencial para las aguas superficiales, la directiva EU 91/271/CEE especifica unos valores límite para el vertido de compuestos de fosfato a las aguas receptoras. En función del tamaño de la EDAR, estos valores son  $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ P total}$  (10.000 – 100.000 h-e) o  $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ P total}$  ( $> 100.000$  h-e).

Los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de:

- Fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento
- Excreciones humanas y animales
- Detergentes y productos de limpieza

“La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida. Antes de realizar un análisis, por tanto, es importante considerar qué tipo de fosfatos deberán determinarse. Si solamente se va a determinar ortofosfato (por ejemplo, para el control de la precipitación de fósforo), sólo hay que filtrar la muestra antes de analizarla. Sin embargo, si se va a determinar la



concentración de fósforo total (por ejemplo, para el control de los valores límite), primero hay que homogeneizar la muestra y después hidrolizarla (someterla a digestión)”.

En el caso de los ECA's consideran como línea de permisibilidad el límite de  $0,062 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de fósforo total para su categoría 2 en lo que es Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas; en el caso de nuestro análisis fue en función de los fosfatos presentes en el cuerpo de agua, lo que nos indica un valor relativamente normal debido a sus características ambientales y la presencia de un ecosistema sostenido.



**Tabla 29: Cuadro de Fosfatos tomadas de la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			FOSFATOS mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	7,5
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	12,9
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	11,1
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	11,9
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	12,2
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	12,5
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	15,3
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	14,6
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	13,3
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	12,8
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	13,7
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	10,7
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	11,3
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	11,1
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	13,1
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	11,1
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	11,6
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	12,3
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	11,8
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	12,7
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	12,7
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	12,5
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	2,0
L24	Casitas	315917	8261249	4164	13,8
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	12,8
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	11,0
L27	Casitas	311497	8259725	4152	11,7
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	12,0
L29	Presa	317048	8261015	4159	66,0

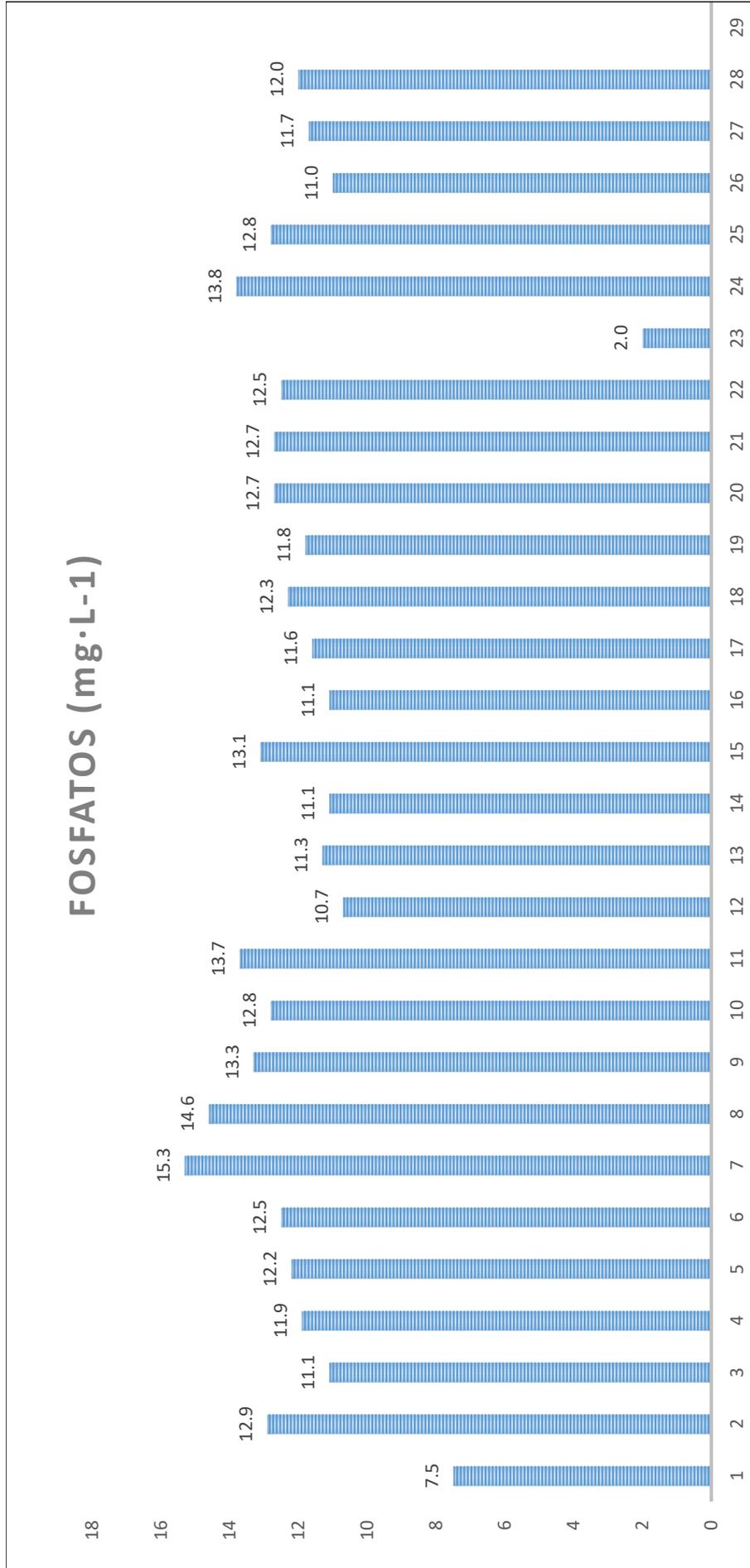


Figura 18. Fosfatos en las aguas de la Laguna Lagunillas.

#### 4.4.12. Nitrógeno amoniacal ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

“El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH” (Belizario et al., 2019).

“Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos”. Este tipo de nitrógeno tiene sus orígenes en:

- Aguas residuales industriales (fábricas de gas, hielo, etc.)
- Aguas de lluvia, tras un periodo de sequía, en zonas industriales.
- Aguas residuales agrícolas (excrementos de animales, basuras, fertilizantes).
- En ciertas aguas con hierro que pueden reducir los iones nitrato.
- Descomposición de productos nitrogenados orgánicos en el suelo.
- Putrefacción de plantas.

Sus efectos en el cuerpo del agua son los descritos a continuación:

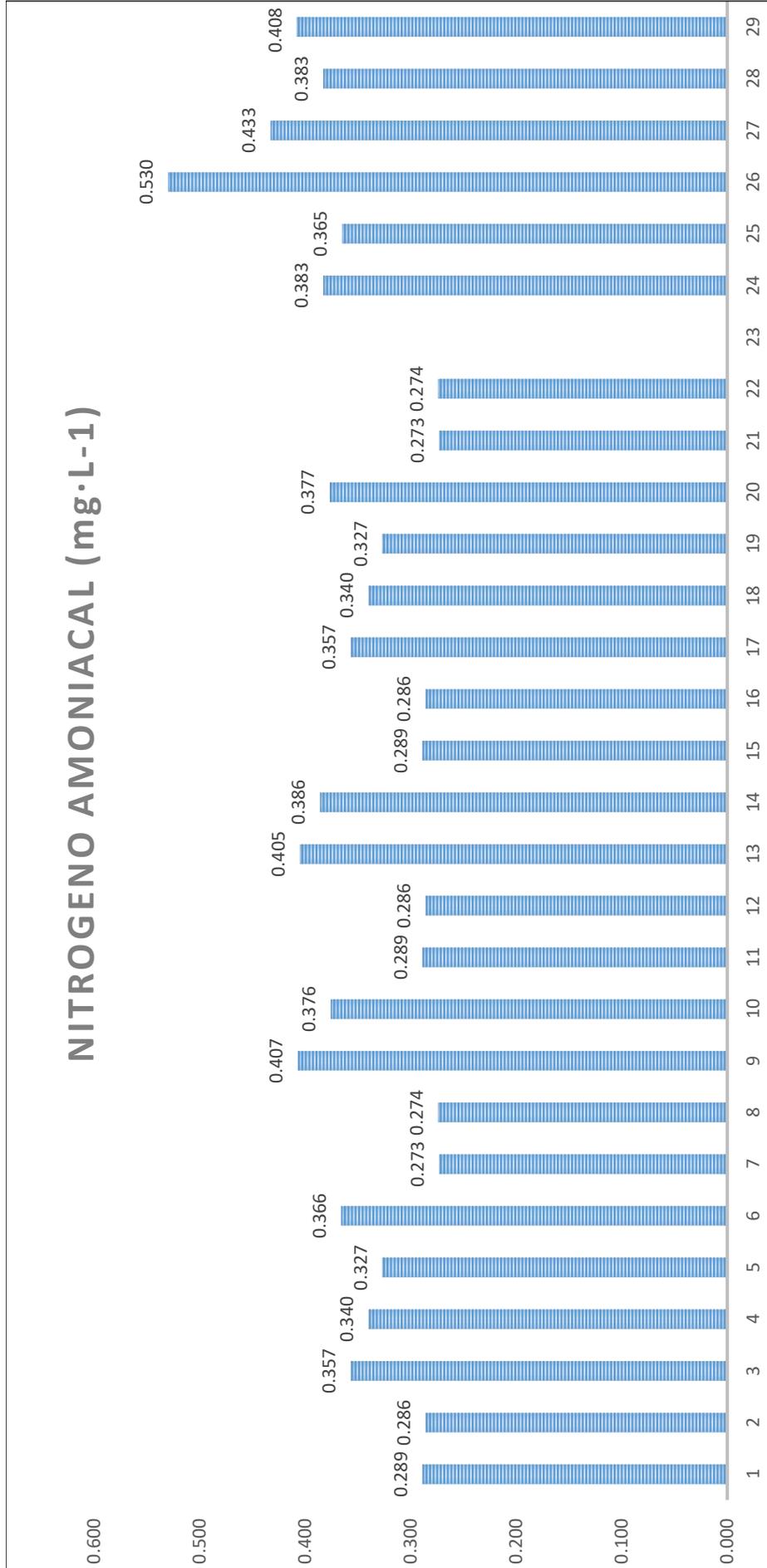
- Sabor desagradable.
- Dificulta la cloración.
- Altera el cobre de las conducciones por formación de complejos solubles.
- Da colores extraños al agua por formación de complejos.

En Función de los ECA´s para la Laguna Lagunillas que tiene un promedio de 8,5 de pH y una Temperatura promedio de  $10^{\circ}\text{C}$ , para la Categoría C4 Tendíamos un promedio como límite de  $0,343 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de nitrógeno Amoniacal, lo cual nos indica un

exceso en el límite promedio en ciertos puntos, lo cual nos alerta sobre el nivel de contaminación de la Laguna Lagunillas.

**Tabla 30: Tablas de Nitrógeno amoniacal medido en los laboratorios del PEBLT.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			NITRÓGENO AMONICAL mg·L <sup>-1</sup>
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	0,289
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	0,286
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	0,357
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	0,340
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	0,327
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	0,366
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	0,273
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	0,274
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	0,407
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	0,376
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	0,289
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	0,286
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	0,405
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	0,386
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	0,289
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	0,286
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	0,357
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	0,340
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	0,327
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	0,377
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	0,273
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	0,274
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	
L24	Casitas	315917	8261249	4164	0,383
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	0,365
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	0,530
L27	Casitas	311497	8259725	4152	0,433
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	0,383
L29	Presa	317048	8261015	4159	0,408



*Figura 19. Nitrógeno Amoniacal.*



#### 4.4.13. DBO<sub>5</sub> (mg·L<sup>-1</sup>):

Los valores registrados en laboratorio para el DBO<sub>5</sub> para la categoría 4, conservación de ambiente acuático en su acápite E1, referido a lagos y lagunas, el límite que pone para la DBO<sub>5</sub> es precisamente 5mg·L<sup>-1</sup>, mientras que para la Categoría 2 en su punto C4, extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas, su límite es de 10mg·L<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub>, en razón a estos puntos podemos apreciar que nuestro promedio analizado se encuentra muy por debajo de los límites impuestos por los Estándares de Calidad Ambiental.

Esta baja se entiende también dado que “la DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días), es un análisis en su mayoría para aguas de origen residual con alta carga bacteriana contaminante. La DBO<sub>5</sub> muestra la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y mide cuánto oxígeno se consume para su depuración. Cuanto mayor sea la DBO<sub>5</sub>, mayor es la cantidad de materia orgánica degradable. Este parámetro es utilizado como indicador de la carga orgánica vertida por efluentes de aguas residuales o efluentes industriales” (DINAMA, 2013). Para aguas superficiales, es un indicador asociado a procesos de respiración microbiana (EPA 2014). En ambientes naturales no impactados sus valores son relativamente bajos (< 3 mg O<sub>2</sub>/L).



**Tabla 31: Tabla de temperaturas tomadas en la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			DBO <sub>5</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	1,75
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	1,78
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	1,73
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	1,69
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	1,71
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	1,58
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	1,68
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	1,74
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	1,72
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	1,82
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	1,85
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	1,79
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	1,76
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	1,78
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	1,73
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	1,65
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	1,68
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	1,71
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	1,75
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	1,79
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	1,76
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	1,74
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	1,78
L24	Casitas	315917	8261249	4164	1,77
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	1,81
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	1,67
L27	Casitas	311497	8259725	4152	1,65
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	1,61
L29	Presa	317048	8261015	4159	1,81

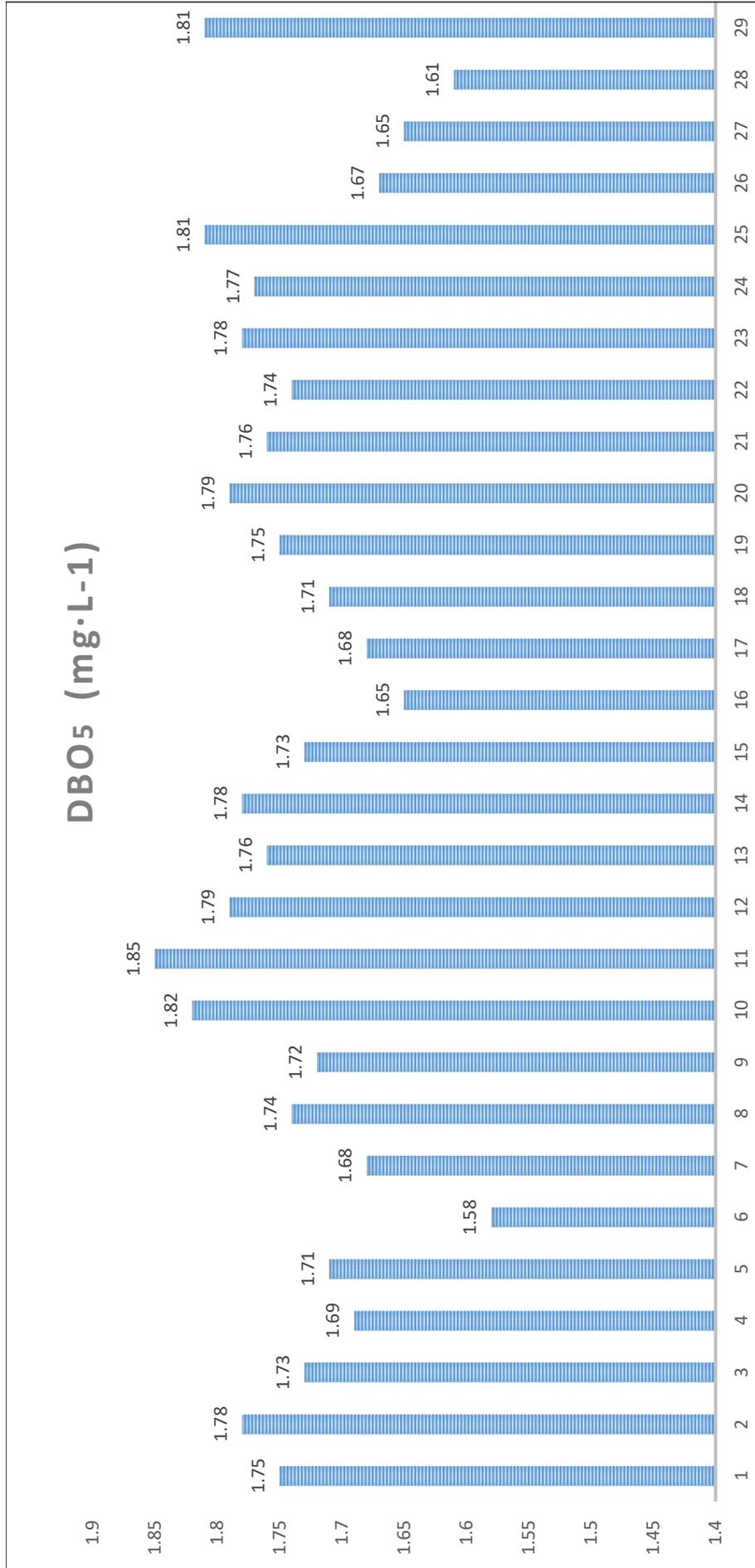


Figura 20. DBO<sub>5</sub> en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.14. DQO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):

La Demanda Química de Oxígeno es “el método tradicional que reemplaza a los microorganismos y su uso del oxígeno con el uso de un reactivo oxidante fuerte, el dicromato de potasio en ácido sulfúrico y a alta temperatura. Como la cantidad de dicromato que reacciona está relacionada a la cantidad de oxígeno necesario para consumir la materia orgánica, puede estimarse el oxígeno que se consumiría junto con la materia orgánica, y ello en un tiempo de 90 minutos a 3 horas en lugar de 5 días, por lo que es mucho más práctico para controlar un proceso de tratamiento de agua”.

La DQO o Demanda Química de Oxígeno es “la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido. Existen distintas formas de disminuir la DQO como los tratamientos físico-químicos, la electrocoagulación y el ozono”.

En el caso de los valores obtenidos en los laboratorios del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca sobre la DQO podemos afirmar que está en los valores promedio para un cuerpo de agua de su categoría, pese a que este parámetro no está contemplado en los ECA's, su estrecha correlación con el  $\text{DBO}_5$ , nos precisa un estado relativamente normal en lo que refiere a sus valores que rondan los  $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .



**Tabla 32: Tabla de DQO analizado de la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			DQO (mg·L <sup>-1</sup> )
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	24,5
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	26,4
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	28,3
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	29,5
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	26,5
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	27
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	28,1
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	28
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	27,8
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	31,2
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	30,8
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	31,1
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	25
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	26
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	25
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	24
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	25
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	26
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	26
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	26
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	26
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	26
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	28
L24	Casitas	315917	8261249	4164	26
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	26
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	25
L27	Casitas	311497	8259725	4152	24
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	27
L29	Presa	317048	8261015	4159	27

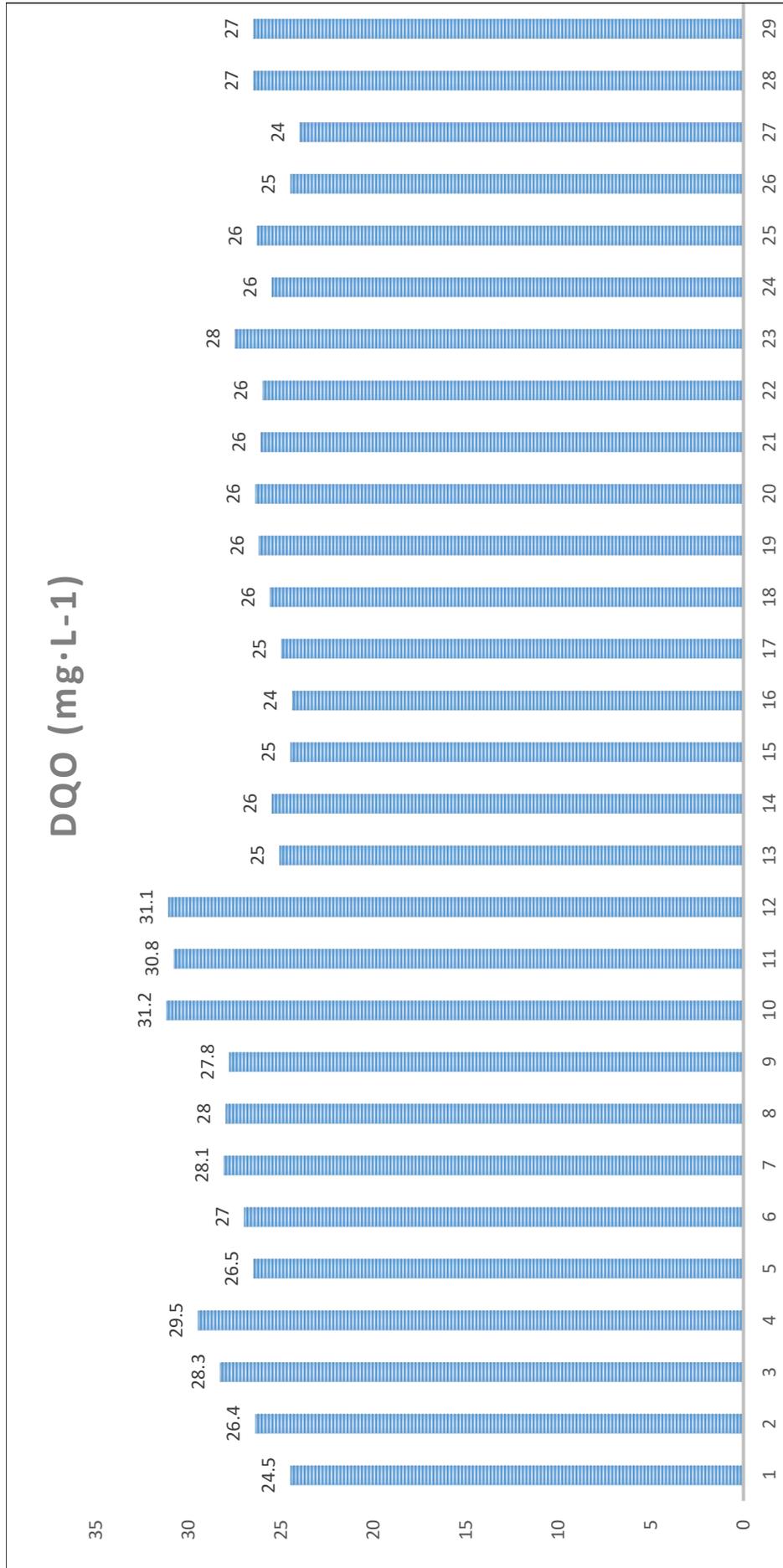


Figura 21. DQO en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### 4.4.15. Coliformes totales

Los coliformes totales son “las *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C”.

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo <<coliforme>> forman parte varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etc. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc.

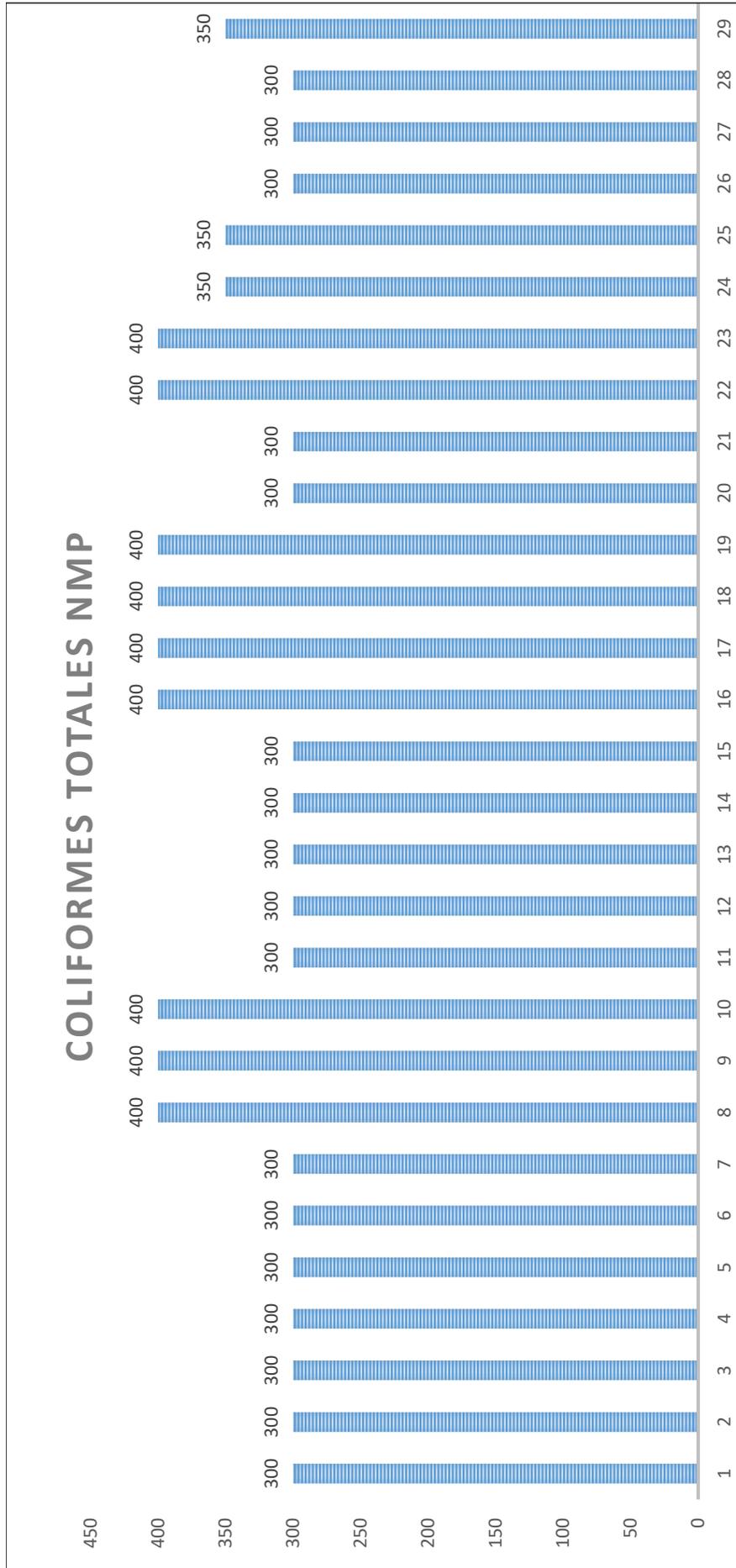
Una elevada proporción de “los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario”.

Este es otro parámetro que actúa en correlación con el conteo de Coliformes Termotolerantes considerado en los Estándares de Calidad Ambiental Peruanos, y que nos muestran que están en un nivel de contaminación medio a bajo, esto por la presencia de tales bacterias, pero pese a que no es de gran consideración aun este tipo de contaminante, es necesario prestarle atención y tomarle cuidado para evitar inconvenientes a futuro.



**Tabla 33: Cuadro de Coliformes Totales de la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			COLIFORMES TOTALES NMP
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	300
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	300
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	300
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	300
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	300
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	300
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	300
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	400
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	400
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	400
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	300
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	300
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	300
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	300
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	300
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	400
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	400
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	400
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	400
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	300
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	300
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	400
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	400
L24	Casitas	315917	8261249	4164	350
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	350
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	300
L27	Casitas	311497	8259725	4152	300
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	300
L29	Presa	317048	8261015	4159	350



*Figura 22. Coliformes Totales en las aguas de la Laguna Lagunillas.*



#### 4.4.16. Coliformes termotolerantes NMP/100ml:

Dentro del grupo de los coliformes totales existe un subgrupo que es el de los “Coliformes fecales. Los coliformes fecales son coliformes totales que además fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a temperaturas comprendidas entre 44 y 45°C en presencia de sales biliares. Los coliformes fecales comprenden principalmente *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*”.

“Su origen es principalmente fecal y por esos se consideran índices de contaminación fecal. Pero el verdadero índice de contaminación fecal es *Escherichia coli* tipo I ya que su origen fecal es seguro. Desde el punto de vista metodológico *Escherichia coli* es el Coliforme más es positivo a la prueba del Indol”.

Estos Coliformes llamados también termotolerantes son considerados en los Estándares de Calidad Ambiental para las categorías 2 para su subgrupo C4 y categoría 4 para su clasificación E1 en límites de 200NMP/100ml y 1000NMP/100ml mientras que en el laboratorio hallamos promedios de 200 a 300NMP/100ml, si bien no exceden considerablemente los límites para la categoría 2 para lo que es extracción y cultivo hidrobiológico en lago y lagunas, es necesario poner en alerta estos niveles que pueden ir acrecentándose con el tiempo, por ello sugerimos un constante monitoreo por parte de los agentes involucrados.



**Tabla 34: Tabla de Coliformes Termotolerantes de la laguna Lagunillas**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			COLIFORMES TERMOTOLERANTES
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	200
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	200
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	200
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	200
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	200
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	200
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	200
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	300
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	300
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	300
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	300
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	300
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	200
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	200
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	200
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	200
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	200
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	300
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	300
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	200
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	200
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	200
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	200
L24	Casitas	315917	8261249	4164	300
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	300
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	200
L27	Casitas	311497	8259725	4152	200
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	200
L29	Presa	317048	8261015	4159	300

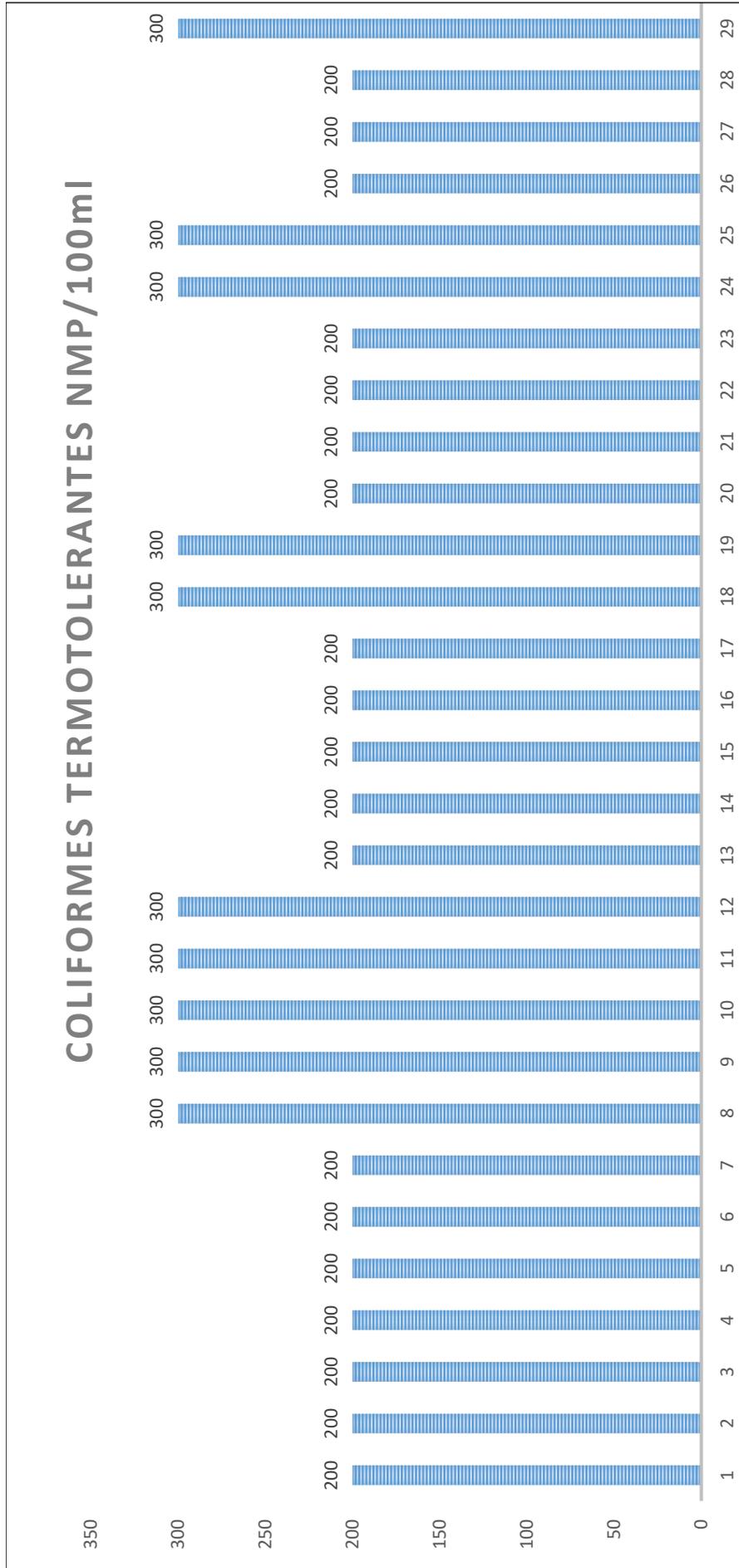


Figura 23. Coliformes Termotolerantes en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### **4.4.17 Cadmio total ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ):**

Los niveles de cadmio son constantes en todo el cuerpo de agua y son de  $0.33\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , los cuales para la categoría 4 en lo que es conservación del ambiente acuático en su punto E1 Lagos y Lagunas, ponen como límite  $0,25\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  los cuales excede para este nivel relativamente poco, mientras que para la categoría 2 en su acápite C4 extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas contempla  $0,1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  que son  $100\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . En este sentido la norma es más contemplativa en lo referente a este elemento, presente en el agua. Por esta razón podríamos considerar que las aguas de Lagunillas están por debajo de los niveles permitidos por el estado peruano.



**Tabla 35: Tabla de CADMIO presente en la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			CADMIO ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	0,33
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	0,33
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	0,33
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	0,33
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	0,33
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	0,33
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	0,33
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	0,33
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	0,33
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	0,33
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	0,33
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	0,33
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	0,34
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	0,33
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	0,33
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	0,33
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	0,32
L24	Casitas	315917	8261249	4164	
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	0,34
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	
L27	Casitas	311497	8259725	4152	
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	0,33
L29	Presa	317048	8261015	4159	

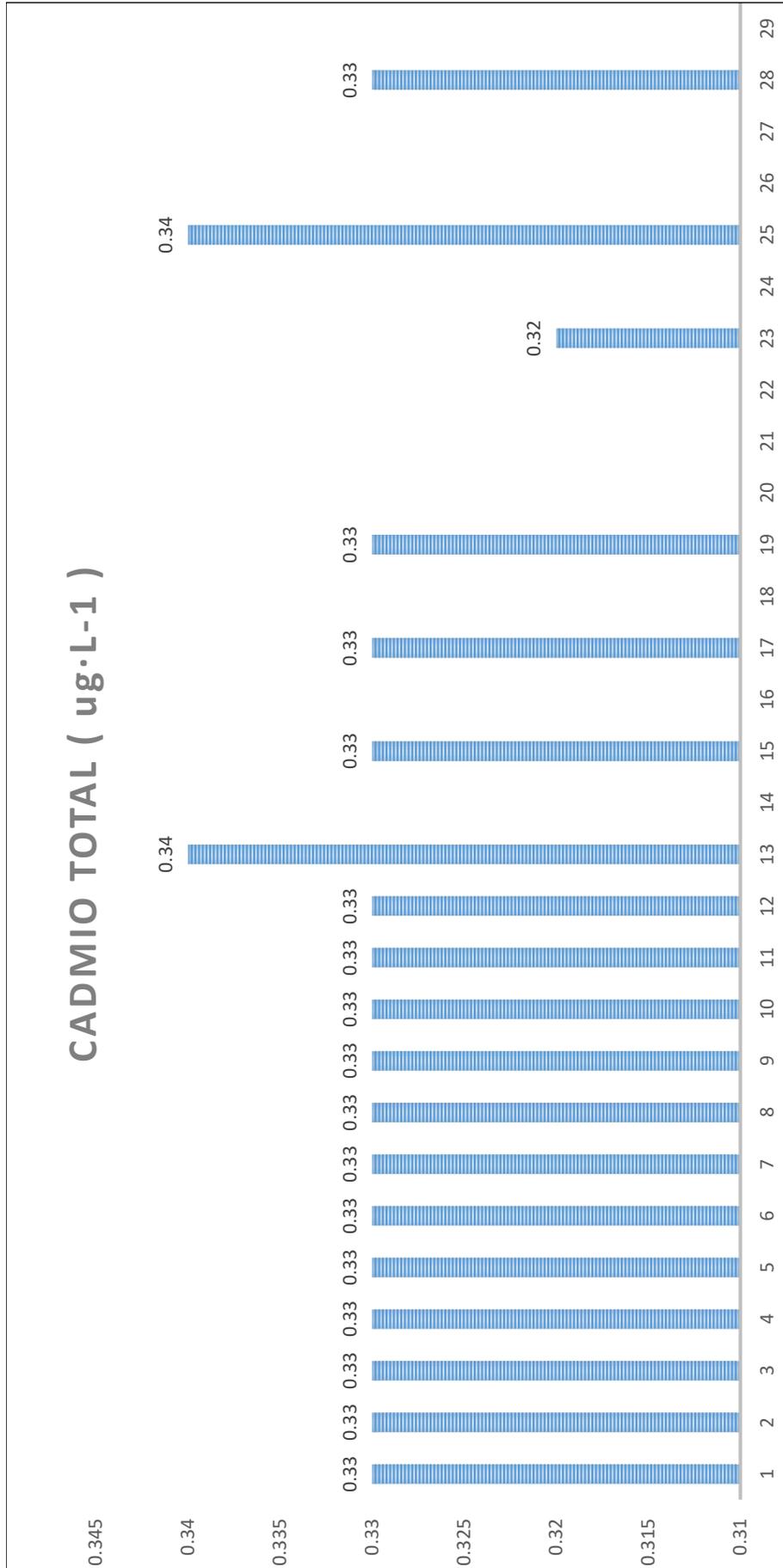


Figura 24. Cadmio en las aguas de la Laguna Lagunillas.



#### **4.4.18. Selenio total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ):**

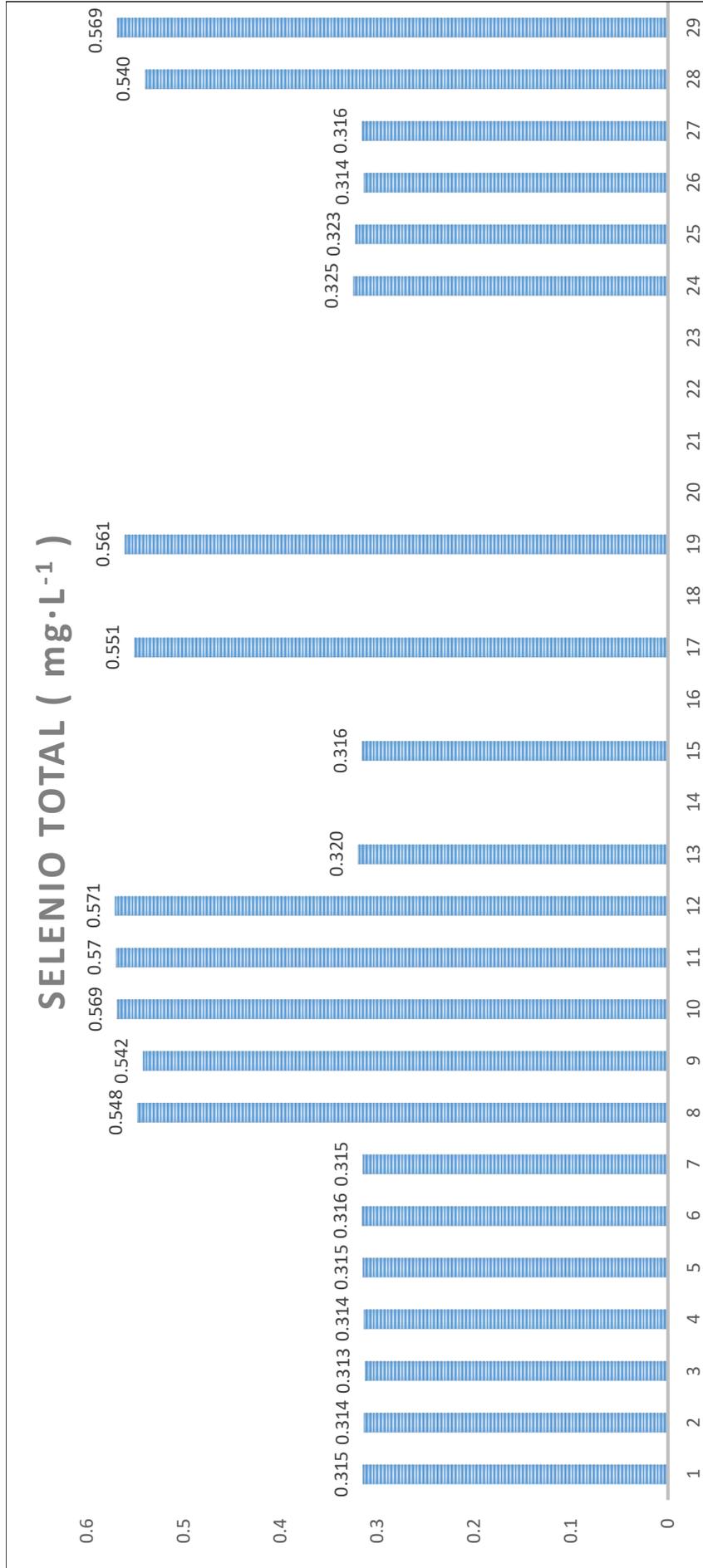
Los valores de Selenio obtenidos en los laboratorios exceden considerablemente los límites impuestos por los ECA's peruanos, que son para la categoría 2 en su apéndice C4 Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lago y lagunas donde consideran el límite de  $0,071 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de presencia de Selenio en el cuerpo de agua y para la categoría 4 en su apéndice E1 Conservación del medio ambiente acuático en lo referente a lagos y lagunas  $0,005\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Si bien tenemos en conocimiento que el alimento de los salmónidos y casi todo alimento de peces está compuesto de Selenio dado que como fungicida ayuda a prevenir ciertas enfermedades en los peces, así como la formación de hongos en su piel, este elemento es acumulativo en el organismo y así mismo un contaminante que en medidas altas como las presentes en la Laguna de Lagunillas podrían ser de importancia a futuro en los daños a la biota subacuática.



**Tabla 36: Tabla de SELENIO presente en la Laguna Lagunillas.**

CODIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			SELENIO
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	0,315
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	0,314
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	0,313
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	0,314
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	0,315
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	0,316
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	0,315
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	0,548
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	0,542
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	0,569
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	0,57
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	0,571
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	0,320
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	0,316
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	0,551
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	0,561
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	1,135
L24	Casitas	315917	8261249	4164	0,325
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	0,323
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	0,314
L27	Casitas	311497	8259725	4152	0,316
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	0,540
L29	Presa	317048	8261015	4159	0,569



*Figura 25. Selenio Total en las aguas de la Laguna Lagunillas.*



#### **4.4.19. Turbidez ( NTU ):**

La turbiedad está en un promedio de 3,5 NTU, lo que indica una considerable turbidez, que debe tenerse en consideración dado que esta impide en cierta forma el ingreso de los rayos solares al fondo acuático, afectando en cierta forma a la fotosíntesis de las algas presentes en la laguna Lagunillas, por esta razón puede ser afectado el fitoplancton y de esta forma también el zooplancton, que depende del primero como alimento.



**Tabla 37: Tabla de Turbiedad medida en la Laguna Lagunillas.**

CÓDIGO	PUNTOS DE REFERENCIA	COORDENADAS			TURBIDEZ (NTU)
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
L1	COMPUERTA	316671	8260925	4136	3,45
L2	Interior laguna	316190	8261303	4217	3,67
L3	Interior laguna	315295	8262040	4133	3,7
L4	Interior laguna	314852	8258335	4134	3,68
L5	Interior laguna	315590	8258180	4132	3,69
L6	Interior laguna	317191	8258203	4131	3,58
L7	Interior laguna	318857	8257095	4129	3,65
L8	Interior laguna	318986	8256475	4126	3,84
L9	Interior laguna	320406	8255784	4124	3,86
L10	Interior laguna	321036	8256305	4125	3,82
L11	Interior laguna	320801	8257575	4128	3,84
L12	Interior laguna	317036	8260225	4126	3,63
L13	COMPUERTA	316845	8260958	4162	3,52
L14	Interior laguna	316038	8261385	4156	3,7
L15	Interior laguna	312586	8263727	4151	3,51
L16	Interior laguna	309519	8264854	4156	3,68
L17	Pte. Caillumas	306057	8264003	4169	5,21
L18	Interior laguna	309192	8260867	4156	3,32
L19	JAULAS	312765	8258805	4166	3,72
L20	Interior laguna	315072	8258223	4161	3,73
L21	Interior laguna	317285	8260070	4160	3,78
L22	SALIDA COMPUERTA	317451	8261171	4152	3,84
L23	LAG SARACOCHA	326164	8256788	4145	3,93
L24	Casitas	315917	8261249	4164	3,55
L25	Interior laguna	311966	8263883	4158	3,63
L26	Pte. Caillumas	306092	9264042	4159	3,7
L27	Casitas	311497	8259725	4152	3,68
L28	Jaulas	315628	8258086	4157	3,74
L29	Presa	317048	8261015	4159	3,75

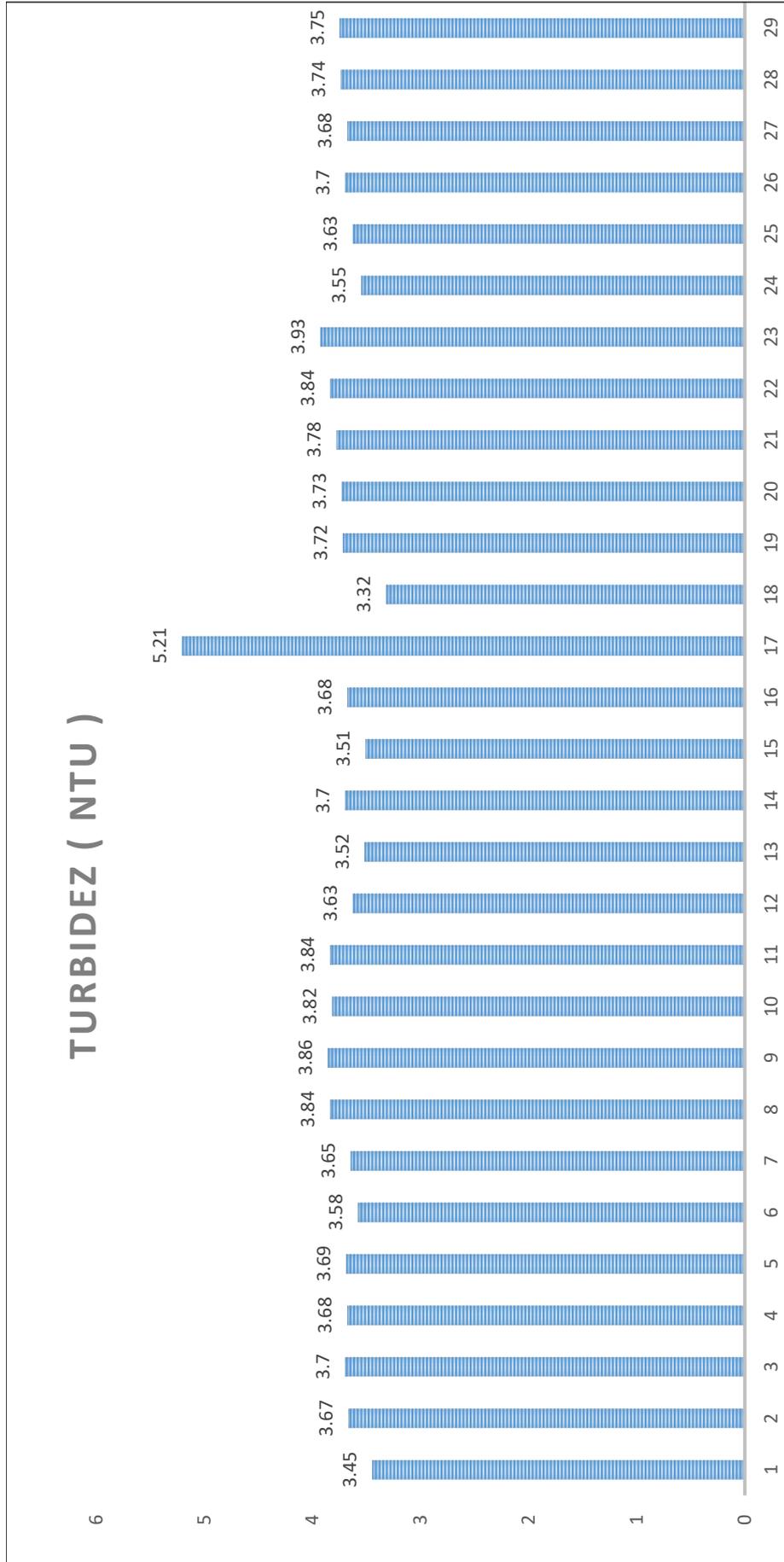


Tabla 1: Turbidez de las aguas de la Laguna Lagunillas.



## V. CONCLUSIONES

- Se Realizó el monitoreo de cálida de Aguas en 29 Puntos en la laguna lagunillas, los resultados obtenidos en lo que concierne a carga orgánica en lo que concierne a nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, sulfatos y fosfatos, están prácticamente dentro de los límites tolerables establecidos por los ECA's, pero consideramos necesario los contantes monitoreos para así evitar que se disparen estos valores con el correr del tiempo.
- Analizando los parámetros fisicoquímicos, encontramos que, en las zonas de mayor concentración de concesiones acuícolas, hay una baja en el nivel del Oxígeno Disuelto, lo cual nos hace pensar que se debe poner mayor control en este aspecto, y ya empezar a limitar el número de concesiones dado que prácticamente se cuadruplicó el nivel de concesiones y la producción de salmónidos desde los últimos 10 años hasta la actualidad.
- Los niveles de Selenio son demasiado altos y creemos que podría deberse al alimento de salmónido que se pierde de cierta forma al precipitar de las jaulas, puesto que sus niveles son altamente considerables y pueden afectar el fondo del lecho acuático y de esta forma a las especies que viven en las profundidades y son del carácter fitoplancton y zooplancton.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar continuidad a este tipo de investigaciones dado que, por el avance del tiempo y la saturación del cuerpo de agua con los referentes de contaminación indicados, esta puede llegar a un punto de dispararse en el tiempo.
- Así mismo las aguas de la laguna Lagunillas abastecen a gran parte de la población de la zona norte de la Región Puno, por ello es indispensable el control y cuidado sobre este cuerpo de agua sobre todo por entres como la Autoridad Administrativa del Agua Titicaca y el Autoridad Local del Agua Juliaca.
- Se recomienda mínimamente un periodo de análisis por cada estación del año.
- Al Ministerio de la Producción, mayor control sobre los procedimientos y protocolos en el proceso de la acuicultura y procesamiento de los mismos; eso dado que las actividades de producción nacional no son malas, si es que están llevadas bajo estrictos controles eco sostenibles siguiendo los protocolos establecidos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, V., Lodeiros, C., Senior, W., & Martínez, G. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, Vol. 27, pp. 686–690. scielon .
- Aveiga Ortiz, A. M., Noles Aguilar, P. J., Macías, F. P., & Herrera, E. M. (2020). Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río Carrizal, Manabí - Ecuador. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, Vol. 86, pp. 260–275. scielo .
- Barrantes, K., Chacón, L. M., Solano, M., & Achí, R. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, Vol. 33, pp. 40–45. scielon .
- Belizario Quispe, G., Capacoila Coila, J., Huaquisto Ramos, E., Cornejo Olarte, D. A., & Chui Betancur, H. N. (2019). Determinación del contenido de Fósforo y Arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del Río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. *Revista Boliviana de Química*, Vol. 36, pp. 223–228. scielobo
- Castro, L., Fossi, L., Guerrero, W., & Vera, L. (2013). Competencias gerenciales y gestión de los proyectos educativos. *Orbis Revista Científica Ciencias Humanas*, 9(25), 91–108.
- Chán Santisteban, M. L., & Peña, W. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Icán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*, Vol. 7, pp. 19–23. scielo .
- Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, Vol. 37, pp. 105–119. scielocu .
- Fraile, P., Pérez de Ciriza, J. A., Sáiz Martín, I., Izu, M., González Peñas, E., & Rodrigo



- Inchusta, J. L. (2005). Residuos de contaminantes orgánicos de diferentes orígenes en Navarra . *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra* , Vol. 28, pp. 247–256. scieloes .
- Guevara G, Samuel Oyarzun M, J. (2006). Geoquímica de las aguas del río Elqui y de sus tributarios en el periodo 1975-1995: factores naturales y efecto de las explotaciones mineras en sus contenidos de Fe, Cu y As (Ministerio de Agricultura). Retrieved from <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/29655?show=full>
- Mariano, M., Huaman, P., Mayta, E., Montoya, H., & Chanco, M. C. (2011). Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 137–140. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i1.63>
- Mesa M, L., Falcón, J., Ruiz, Y., Arias, R., & Pérez, J. (2019). Monitoreo de la contaminación de agua por hidrocarburos en el espejo de la bahía de Santiago de Cuba . *Revista Boliviana de Química* , Vol. 36, pp. 157–172. scielobo .
- Mora Alvarado, D. (2004). Calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica . *Revista Costarricense de Salud Pública* , Vol. 13, pp. 15–31. scielo .
- Mora Alvarado, D., Fonseca Calderón, O., & Portuguez, C. F. (2004). Calidad sanitaria de las aguas de la cuenca del Río Barranca - Período 2003 . *Revista Costarricense de Salud Pública* , Vol. 13, pp. 18–33. scielo .
- Mora, D., Portuguez, C. F., & Brenes, G. (2002). Evaluación de la contaminación fecal de la cuenca del río Tempisque 1997 - 2000 . *Revista Costarricense de Salud Pública* , Vol. 11, pp. 5–17. scielo .
- National Research Council. (2005). Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop. *The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/11241>



- Rehbein, N. (2011). *Propuesta de metodología para la estimación del impacto económico de la contaminación del fondo marino por la emisión de alimento y heces de la salmonicultura* (Universidad Austral de Chile). Retrieved from <https://chiloe.omeka.net/items/show/137>
- Rudolph, A., Aguirre, G., Moscoso, J., Silva, N., & Ahumada, R. (2007). Ecotoxicological quality in sediments of Reloncaví and Corcovado gulfs, Chile . *Investigaciones Marinas* , Vol. 35, pp. 53–61. scielocl .
- Sainz Ollero, H. (1987). El lago Titicaca. *Historia y Vida*, (232), 42–51.
- Salas-Mercado, D., Hermoza-Gutiérrez, M., & Salas-Ávila, D. (2020). Distribution of heavy metals and metaloids in surface waters and on sediments of the Crucero river, Peru . *Revista Boliviana de Química* , Vol. 37, pp. 185–193. scielobo .
- Schumann, M., & Brinker, A. (2020). Understanding and managing suspended solids in intensive salmonid aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2109–2139. <https://doi.org/10.1111/raq.12425>
- Vásquez Quispesivana, W., Talavera Núñez, M., & Inga Guevara, M. (2016a). EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEBIDO A LA PRODUCCIÓN SEMI INTENSIVA DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(1), 15–28. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i1.41>
- Vásquez Quispesivana, W., Talavera Núñez, M., & Inga Guevara, M. (2016b). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno . *Revista de La Sociedad Química Del Perú* , Vol. 82, pp. 15–28. scielo .

## ANEXOS

### PANEL FOTOGRAFICO:



**Foto 01:** Toma de muestras en la laguna Lagunillas, Supervisado por el Jefe de Meta 0015 Ing. Fran O. Lino Talavera.



**Foto 02:** Toma de Muestras y monitoreo Laguna Lagunillas.



**Foto 03:** Jaulas de los productores de truchas de la laguna Lagunillas.



**Foto 04:** Represa de la Laguna Lagunillas



