



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



TESIS

**PARASITOSIS DE *Orestias* DEL LAGO TITICACA DE MAYOR
IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA EN CORRELACIÓN CON LOS
FACTORES FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS**

PRESENTADA POR:

GERMAN MAMANI UTURUNCO

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAGISTER SCIENTIAE EN ACUICULTURA**

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres:

NICOLÁS y REMIGIA (†), que desde la eternidad guían mis pasos.

A mi pareja CLOTILDE BEHTZABÉ por su inmensa gratitud, comprensión y por su inquebrantable apoyo. Mi hija KEIKO JHINZÚ quien se convirtió en fuente de energía para realizar el presente trabajo y cristalizar una de mis metas más preciadas.

A mis hermanos:

JUVENAL y DAVID por su apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTOS

- A la Escuela de Posgrado, Maestría en Ecología de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi alma mater de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) para el desarrollo.
- A los docentes de Maestría en Ecología mención en Acuicultura, por sus valiosas enseñanzas; que durante mi formación de Magister Scientiae, fomentaron principios de investigación, éticos y morales.
- A Laboratorio de Zoología aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA Puno, quien en forma desinteresada apoyaron con la disposición de materiales necesarios para ejecución del proyecto de tesis.
- De forma muy especial al D.Sc. Juan José Pauro Roque, por su asesoramiento, orientación y direccionamiento en la presente tesis de investigación.
- A mis jurados, Ph.D. Sabino Atencio Limachi, D.Sc. Belisario Mantilla Mendoza y M.Sc. Edwin F. Orna Rivas, por las observaciones y sugerencias a la presente tesis de investigación.
- Gracias a mis compañer@s de la Maestría en Ecología por sus motivaciones y el apoyo moral, que fue posible alcanzar los objetivos planeados durante la investigación y mi formación de Magister Scientiae en Acuicultura.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	4
1.1.1. Parámetros fisicoquímicos del agua	4
1.1.2. Potencial de hidrogeniones (pH)	5
1.1.3. Temperatura	5
1.1.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	6
1.1.5. Fósforo total	6
1.1.6. Oxígeno disuelto	7
1.1.7. Nitratos	8
1.1.8. Parámetros bacteriológicos del agua	8
1.1.9. Coliformes termotolerantes	9
1.1.10. Calidad del agua	9
	iii



1.1.11. Calidad de aguas superficiales	10
1.1.12. Contaminación del agua	10
1.1.13. Normativa y estándares de la calidad de agua	11
1.1.14. Distribución geográfica del género <i>Orestias</i>	13
1.1.15. Características de pesquería y bioecología del género <i>Orestias</i>	14
1.1.16. El género <i>Orestias</i> Valenciennes 1839	18
1.1.17. Parásitos de peces nativos del lago Titicaca	24
1.1.18. Aspectos de importancia socioeconómica de las <i>Orestias</i>	28
1.1.19. Características de las zonas de estudio	30
1.2. Antecedentes	33

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	42
2.2. Enunciados del problema	43
2.2.1. Problema general	43
2.2.2. Problemas específicos	43
2.3. Justificación	44
2.4. Objetivos	45
2.4.1. Objetivo general	45
2.4.2. Objetivos específicos	45
2.5. Hipótesis	45
2.5.1. Hipótesis General	45
2.5.2. Hipótesis Específicas	45



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Lugar de estudio	47
3.2.	Población	48
3.3.	Muestra	48
3.4.	Métodos de investigación	49
3.5.	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	49

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica)	56
4.1.1.	Temperatura	56
4.1.2.	Oxígeno Disuelto	58
4.1.3.	Potencial de Hidrógeno	59
4.1.4.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	61
4.1.5.	Fósforo total	62
4.1.6.	Nitratos	63
4.1.7.	Coliformes Termotolerantes	65
4.2.	Determinación de las especies parasitarias en <i>Orestias luteus</i> , <i>Orestias agassii</i> y <i>Orestias ispi</i>	66
4.3.	Evaluación de la correlación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua con la infestación parasitaria en <i>Orestias luteus</i> , <i>Orestias agassii</i> y <i>Orestias ispi</i>	71
4.3.1.	Carachi amarillo	71
4.3.2.	Carachi gris	72



4.3.3. Ispi	73
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	95

Puno, 01 de abril del 2022.

ÁREA: Ecología – Acuicultura

TEMA: Parasitosis de *Orestias* del Lago Titicaca de Mayor Importancia Socioeconómica en Correlación con los Factores Fisicoquímicos y Bacteriológicos

LÍNEA: Gestión y Responsabilidad Social – Gestión Ambiental

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Valores ECAs para aguas de la Categoría 2 destinadas a extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	12
2. Descripción de las características bioecológicas de las especies ícticas de importancia socioeconómica en el lago Titicaca	15
3. Hábitat y gremios tróficos de las especies de <i>Orestias</i>	17
4. Captura de <i>Orestias</i> según lago y especies (toneladas)	30
5. Distribución de muestras de agua a evaluar en la investigación	48
6. Distribución de muestras de peces por zonas y meses de muestreo	49
7. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson	55
8. Valores de concentración de los niveles de temperatura (°C) a nivel superficial de columna de agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	57
9. Valores de concentración de los niveles de oxígeno disuelto (mg/L) a nivel superficial de columna de agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	58
10. Valores de concentración de los niveles de potencial de hidrógeno (Unidades de pH) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	60
11. Valores de concentración de los niveles de demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	61
12. Valores de concentración de los niveles de fósforo total (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	63
13. Valores de concentración de los niveles de nitratos (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	64
14. Valores de concentración de los niveles de coliformes totales (NMP/100 mL) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca	66
15. Número de parásitos registrados en las localidades de muestreo del lago Titicaca.	67
16. Parasitismo de <i>Orestias</i> por localidad y ubicación en el organismo	69



17. Tabla cruzada de <i>Orestias</i> – Parásitos	70
18. Chi-cuadrado de Pearson de <i>Orestias</i> – Parásitos	70
19. Análisis de Shapiro Wilks	71
20. Correlación de Pearson de <i>O. luteus</i> con las variables fisicoquímicas y microbiológicas	72
21. Correlación de Spearman de <i>O. luteus</i> con la DBO ₅	72
22. Correlación de Pearson de <i>O. agassii</i> y las variables fisicoquímicas y microbiológicas	73
23. Correlación de Spearman de <i>O. agassii</i> con la DBO ₅	73
24. Correlación de Pearson de <i>O. ispi</i> con las variables fisicoquímicas y microbiológicas	74
25. Correlación de Spearman de <i>O. ispi</i> con la DBO ₅	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de distribución del género <i>Orestias</i> en los Andes centrales de Sud América. Extraído de Parenti (1984)	14
2. Esquema básico de las zonas de pesca en el lago Titicaca	15
3. <i>Orestias luteus</i> (Valenciennes, 1839)	19
4. <i>Orestias agassii</i> (Valenciennes, 1846)	20
5. <i>Orestias ispi</i> (Lauzanne, 1981)	20
6. Características biométricas de los <i>Orestias</i>	24
7. <i>Diplostomum mordax</i> (Mueller, 1972)	25
8. <i>Hedruris orestiae</i> (Moniez, 1889)	26
9. <i>Ligula intestinalis</i> (Linnaeus, 1758)	27
10. Localidades de estudio ubicado en la zona de Olla (Juli), Chimu (Puno), Llachón (Capachica)	47
11. Resultados de los valores de la temperatura (°C) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	57
12. Valores de concentración de oxígeno disuelto (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	59
13. Valores de concentración del potencial de hidrógeno (Unidades de pH) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón - 2019	60
14. Valores de concentración de BDO ₅ (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	62
15. Valores de concentración de fósforo total (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	63
16. Valores de concentración de nitratos (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	65



17. Valores de coliformes totales (NMP/100 mL) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019	66
18. Número de ejemplares con parasitismo (+) y sin parasitismo (-) de las localidades de Olla, Chimu, Llachón del lago Titicaca - 2019	67
19. Parásitos en <i>O. luteus</i> por zona	68
20. Parásitos en <i>O. agassii</i> por zona	68



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Acopio de los ejemplares de peces en la localidad de Chimu	95
2. Muestreo de aguas superficiales	95
3. Análisis en laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas- UNA Puno	96
4. Muestras y Necropsia de <i>Orestias ispi</i>	97
5. Muestras y Necropsia de <i>O. luteus</i> y <i>O. agassii</i>	98
6. Análisis y observación estereomicroscópico de ecto y endoparásitos en <i>O. ispi</i> , <i>O.</i> <i>luteus</i> y <i>O. agassii</i>	99
7. Parasitos del genero <i>Orestias Ligula intestinalis</i> , <i>Hedruris</i> sp. y <i>Diplostomum</i> sp.	100
8. Constancias de análisis de aguas mes de enero 2019	101
9. Constancias de análisis de aguas mes de febrero 2019	103
10. Constancias de análisis de aguas mes de marzo 2019	105
11. Constancias de ejecución de proyecto de tesis	107

RESUMEN

Se determinó parasitosis de *Orestias* del lago Titicaca de mayor importancia socioeconómica en correlación con los factores físicoquímicos y bacteriológicos, por sus prevalencias de ecto y endoparásitos que afectan su desarrollo. Los objetivos específicos fueron: Determinar los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Olla (distrito de Juli), Chimu (distrito de Puno) y Llachón (distrito Capachica). La metodología se desarrolló mediante el análisis y la descripción de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos; se muestreó 420 ejemplares de *Orestias* distribuidos en *Orestias luteus* 204, *Orestias agassii* 111 y *Orestias ispi* 105 peces para el análisis de parasitismo y correlación entre la evaluación de la calidad del agua y el nivel de parasitismo de los peces se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados de los parámetros físicoquímicos en las aguas de las localidades de Olla, Llachón y Chimu registraron valores promedios: temperatura de 15.89 °C, oxígeno disuelto de 6.38 mg/L, pH de 8.58, DBO₅ de 7.11 mg/L, fósforo total de 0.23 mg/L, nitratos de 0.038 mg/L y los coliformes termotolerantes en 49.89 NMP/100 mL. Con respecto al parasitismo se encontró que el 20.6% de *O. luteus* presentó parásitos, de similar modo el 28.8% de *O. agassii* y el 50.5% de *O. ispi*; sin embargo, no existió correlación significativa con la mayoría de las variables; siendo NO₃ la variable que más consistencia presentó en el análisis. Se concluye que el grado de parasitismo en el género *Orestias* no está determinado por la calidad de agua.

Palabras clave: ECAs, *Orestias*, parámetros físicoquímicos y bacteriológicos, parasitismo, Titicaca.



ABSTRACT

Parasitosis of *Orestias* of Lake Titicaca of major socioeconomic importance was determined in correlation with physicochemical and bacteriological factors, due to their prevalence of ecto- and endoparasites that affect their development. The specific objectives were: To determine the physicochemical and bacteriological parameters of the waters in the localities of Olla (Juli district), Chimu (Puno district) and Llachón (Capachica district). The methodology was developed through the analysis and description of physicochemical and bacteriological parameters; 420 specimens of *Orestias luteus* 204, *Orestias agassii* 111 and *Orestias ispi* 105 fish were sampled for the analysis of parasitism and correlation between the evaluation of water quality and the level of fish parasitism was determined by Pearson's correlation coefficient. The results of the physicochemical parameters in the waters of Olla, Llachón and Chimu registered average values: temperatura of 15.89 °C, dissolved oxygen of 6.38 mg/L, pH of 8.58, BOD₅ of 7.11 mg/L, total phosphorus of 0.23 mg/L, nitrates of 0.038 mg/L and thermotolerant coliforms of 49.89 NMP/100 mL. With respect to parasitism, it was found that 20.6% of *O. luteus* presented parasites, similarly 28.8% of *O. agassii* and 50.5% of *O. ispi*; however, there was no significant correlation with the majority of the variables; NO₃ was the most consistent variable in the analysis. It is concluded that the degree of parasitism in the genus *Orestias* is not determined by water quality.

Keywords: ECAs, *Orestias*, physicochemical and bacteriological parameters, parasitism, Titicaca.

INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca es el segundo lago más grande y navegable de Sudamérica ($15^{\circ}13' - 16^{\circ}36' S$, $68^{\circ}34' - 70^{\circ}02' W$) con una superficie de aproximadamente 8.400 km^2 y un volumen de 930 km^3 y localizado a una altitud de 3.810 msnm. Comprende tres áreas, una conocida como el Lago Mayor (6.500 km^2), donde se encuentra la máxima profundidad (284 m), la segunda, como el Lago Menor (1.400 km^2) que cubre 16% de la superficie total, con una profundidad media entre 20 y 30 m que está conectado al Lago Mayor a través del estrecho de Tiquina y una tercera representada por la Bahía de Puno, con 500 km^2 ubicada a $15^{\circ}50'34'' \text{ LS } 69^{\circ}59'43'' \text{ LO}$, tiene una extensión de 16.1 km^2 , una profundidad media de 2.7 m (Paredes & Gonfiantini, 1999; Wirrmann, 1991; Chura-Cruz *et al.*, 2013).

El ecosistema del lago Titicaca está representado principalmente por zonas limnéticas y litorales con presencia de totorales importantes. Además, el ecosistema sufre importantes perturbaciones debidas a diversos tipos de contaminación y presiones de distintas actividades. En estas condiciones extremas, la supervivencia de las poblaciones de peces endémicas se hace difícil. Por ello, la ictiofauna endémica se limita a especies del género *Orestias* y *Trichomycterus*. Y dentro de este ecosistema las poblaciones de *Orestias ispi* son las más abundantes con relación al resto de la ictiofauna y representan un eslabón importante en la cadena alimenticia del lago y que esta especie es parte de la alimentación de *Oncorhynchus mykiss* y *Odontesthes bonariensis*. (Bocángel & Larrea, 1999; Dejoux & Iltis 1991). Además, se tiene a las especies endémicas con importancia en la pesca artesanal, al carachi amarillo (*Orestias luteus*) que vive en la zona bentónica en asociación con carachi gris (*Orestias agassii*) y otras especies litorales, donde se alimenta principalmente de moluscos (Lauzanne, 1991; Villwock, 1994).

Estas especies están propensos a un gran número de organismos parásitos entre protozoos y metazoos, que disminuyen su crecimiento adecuado, reproducción, población entre otros factores biológicos, ya que entre las causas de infestación por parásitos en peces se constituyen los cambios de factores bióticos o abióticos en el ambiente, que es el resultado de la contaminación antrópica (Sánchez, 2014). Las enfermedades parasitarias en los peces, son una limitante en su desarrollo las mismas que pueden darse en ciertas épocas del año, muchas veces en forma asintomática y sin ocasionar signos visibles, como también desarrollar manifestaciones clínicas específicas de la enfermedad (Aguilera & Noriega, 1985).

Ante lo mencionado, la parasitología de las especies ícticas nativas presentes en el lago Titicaca, es un tema con escasas investigaciones dentro de los Tremátodos, Céstodos y los Nematelminthos que constituyen el principal grupo de parásitos en peces en el medio natural, teniendo como ejemplos a *Diplostomum mordax*, *Hedruris orestiae*, *Ligula simplisima*, *Ichthyophthirius multifiliis*, entre otros parásitos, los cuales han sido reportados en peces de los géneros *Orestias*, *Trichomycterus*, *Odontesthes* y *Oncorhynchus*, que ocasionan movimientos letárgicos y pérdida del apetito, pérdida del equilibrio, nado en espiral o vertical, la respiración agitada, la producción excesiva de “mucus” lo que da al pez una apariencia opaca, su coloración anormal, la erosión en la piel o en las aletas, las branquias inflamadas, erosionadas o pálidas, el abdomen inflamado, algunas veces lleno de fluido, o sangre, ano hinchado y enrojecido como síntomas de su presencia en el individuo de peces.

Es así que las aguas del lago Titicaca están dotadas de una fauna piscícola que ha generado, sobre todo en los últimos años, numerosos estudios relacionados con su biología, reproducción y crecimiento. Sin embargo, en el caso de *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*, casi no se han realizado estudios sobre su parasitología. Esto implica situar al parásito en un contexto ecológico que se enfoque desde la influencia por parte de lo biótico y abiótico.

Ante ello la presente investigación, no solo trata de analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, sino también brinda un recojo de información nacional e internacional a partir de bibliografía actualizada y artículos científicos de revistas indizadas, para proponer alternativas de solución ante la problemática de la contaminación del agua.

En ese sentido el objetivo de la investigación fue determinar la parasitosis de *Orestias* del lago Titicaca de mayor importancia socioeconómica en relación con los factores físicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Llachón (distrito de Capachica), Chimu (distrito de Puno), Olla (distrito de Juli) con la finalidad de conocer el grado de parasitismo en peces del género *Orestias* en relación a la calidad de agua según ECAs lo que conllevaría a la ejecución de programas y proyectos de inversión pública, planes y manejo de saneamiento ambiental, mejoras socioeconómicas en el ámbito de las zonas de estudio del lago Titicaca.

El trabajo de investigación se encuentra dividido en los siguientes capítulos: Capítulo I. Fundamentos teóricos de la investigación, se expone los conceptos referenciales de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, norma peruana de calidad de agua, especies del



género *Orestias* y parásitos de los peces nativos en el lago Titicaca, a ello se acompaña los objetivos de la investigación y las hipótesis, capítulo II. El problema refiere al impacto del parasitismo presente en las especies nativas de importancia económica y la influencia de la calidad del agua presente en el lago Titicaca que gracias a distintas fuentes de contaminación este ecosistema disminuye los estándares de calidad de agua en la categoría 2: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas, seguida de la justificación, el capítulo III. Describe la metodología de la investigación, el método, diseño tipo y nivel de investigación que le dan orientación al estudio al igual que la cobertura del estudio de la muestra, las técnicas e instrumentos que han posibilitado para el recojo de la información y finalmente el capítulo IV. Resultados y discusión; dedicado a los resultados de la investigación con aplicación de instrumentos en los diferentes cuadros estadísticos, contrastación de hipótesis, correlación de Pearson y culmina con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y los anexos referidos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

El agua pertenece a los recursos más relevantes, y tiene una trascendencia especial para la vida de los microorganismos, fuera de la célula los nutrientes permanecen disueltos en el agua (Tortora *et al.*, 2007). En la célula, el agua es el medio en que se generan casi cada una de las características químicas, también, el agua es el elemento más abundante de cada una de las células vivas y que constituye el 95% de cada célula con un promedio de 65 – 75% (Gualdrón, 2018; Tortora *et al.*, 2007).

El agua se mueve a través de las rocas y el suelo como parte de su ciclo hidrológico y debido a su alta concentración de solventes, combina materiales orgánicos e inorgánicos en su recorrido, en ocasiones estos elementos pueden resultar peligrosos para la salud o viceversa, son compuestos básicos para los organismos (Na, Ca, Cl, P, S, Mg, K, Fe, entre otros) (Neira, 2006).

Ciertos productos químicos en determinadas concentraciones en el agua potable pueden ser peligrosos para la salud. Se han establecido límites temporales para determinadas sustancias peligrosas. Entre los parámetros químicos se toman en cuenta pH, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros y sulfatos (Acosta, 2008).

La calidad de diferentes tipos de agua es evaluada a partir de variables físicas, químicas y biológicas individualmente o en grupos, que brindan información detallada sobre sus características y que no brindan información sobre sus efectos en la vida acuática; los métodos biológicos proporcionan esta información, pero no dicen mucho sobre los

contaminantes responsables, la ventaja de estos métodos es que sus análisis tienden a ser más rápidos y pueden ser monitoreados con más frecuencia que los métodos biológicos, que se basan en la observación y medición de ciertas comunidades de organismos que viven en el agua (Samboni *et al.*, 2007).

1.1.2. Potencial de hidrogeniones (pH)

Se define como el logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, la escala de pH varía de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino), siendo 7 el neutro correcto a 25 °C. el pH afecta la presencia de aromatizantes en el agua, la actividad corrosiva y el apelmazamiento del agua y la eficacia de cloración, pH relativo al CaCO_3 ; Existe una tendencia a suministrar agua con un pH entre 6.5 y 8.5 para reducir los efectos corrosivos y promover la formación de una película protectora de CaCO_3 en el sistema de distribución (Acosta, 2008). También es un indicador de cuán ácida, básica y alcalina es el agua. Además, este parámetro provoca un cambio en la composición de la flora y fauna de los cuerpos de agua y afecta los niveles tóxicos de algunos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, sulfuro de hidrógeno, en varios otros tipos (Gualdrón, 2018).

El valor del pH no afecta directamente al consumidor, es uno de los parámetros que indican la calidad del agua. Para que la cloración sea eficaz, lo mejor es tener un pH por debajo de 8, a valores más altos de pH 11, provoca irritación ocular y agrava los trastornos de la piel (Acosta, 2008).

1.1.3. Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro bastante fundamental dada su predominación, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como las características químicas y velocidades de desarrollo, así como la capacidad del agua para ciertos usos útiles. La temperatura óptima de un agua potable está entre 4.0 y 15.0 °C, el agua gélida es desagradable y hasta peligrosa pues puede irritar la mucosa del hígado, nótese que los valores no permanecen normalizados por criterios de salud pública, ya que poseen efectos insignificativos en la salud (Spellman, 2004). De importancia en la indicación de la estabilidad ecológica del sistema, además las variaciones de este parámetro provocan un cambio en el ambiente de crecimiento de la flora y fauna presente en los cuerpos de agua; aumentar la toxicidad de algunas sustancias solubles en agua (Gualdrón, 2018).

Las temperaturas elevadas del agua son indicadores de la actividad biológica, físicas y químicas en el agua, las medidas de tratamiento y suministro de agua anteriores que inciden en una evaluación detallada de un plan hídrico, por lo que es necesario medir la temperatura como indicador de la presencia de compuestos y contaminantes en agua (Norma Mexicana AA-007-SFCI, 2013).

1.1.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una prueba que se utiliza para determinar la demanda de oxígeno para la descomposición bioquímica de materia orgánica en aguas residuales municipales, industriales y generales; (Raffo & Ruiz, 2014). Es una indicación de la carga contaminante que pueden generar los desechos orgánicos domésticos e industriales cuando se descargan en cursos de agua aeróbicos, generalmente, se determinan dentro de los cinco días (Guadrón, 2018; Raffo & Ruiz, 2014). Los datos de la prueba DBO₅ se utilizan en ingeniería para diseñar plantas de tratamiento de aguas residuales. En las aguas residuales domésticas, el valor promedio de DBO₅ representa de 65 a 70 % de materia orgánica oxidable total (Raffo & Ruiz, 2014).

La prueba consiste en medir la cantidad de oxígeno que requieren los organismos en su metabolismo cuando consumen materia orgánica presente en aguas residuales o agua natural, por lo que se debe asegurar que, durante todo el período de prueba, haya suficiente oxígeno disuelto. Además, deben proporcionarse las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento y la actividad microbiana, deben proporcionarse los nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano, tales como N y P, eliminar cualquier sustancia peligrosa de la muestra. También se requiere una población adecuada de organismos en términos de número y diversidad de especies, comúnmente conocidas como “semillas”, cuando se realizan las pruebas (Raffo & Ruiz, 2014).

1.1.5. Fósforo total

Como el nitrógeno, es un elemento esencial para los organismos vivos, que se encuentra en los cuerpos de agua en forma orgánica y en el estado oxidado de ortofosfato. Se reciben grandes cantidades de fosfato en los cuerpos de agua de los desagües de las lavanderías, el estiércol humano y animal, la escorrentía de fertilizantes agrícolas y la filtración de sedimentos naturales. La determinación de las concentraciones de compuestos de

nitrógeno y fósforo es importante para comprender la productividad biológica de los cuerpos de agua (Romero, 2004).

Los ríos, lagos o embalses se vuelven eutróficos cuando su agua se enriquece con nutrientes, siendo los fosfatos y nitratos los que tienen mayor influencia en este proceso. En algunos ecosistemas, el factor limitante es el fosfato, como en la mayoría de los lagos de agua dulce. El límite de fósforo total de agua no contaminada es 0,005 mg/L (Wetzel, 1981). El concepto de limitación de nutrientes se basa en el crecimiento de plantas acuáticas y la relación molar N / P. El valor de esta relación está determinado por el nutriente limitante en el cuerpo de agua. Por tanto, el nutriente que controla la biomasa máxima es el nutriente que se consume antes o alcanza el mínimo antes que los demás nutrientes en la medición analítica de la reacción. Como regla general, se considera que cuando la relación molar $N / P > 16$, se puede considerar a P como factor limitante. Cuando $N / P = 16$ no se restringen los nutrientes; es decir, los dos elementos forman la relación atómica en el fitoplancton, y cuando N / P (Rivas, *et al.*, 2009).

1.1.6. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua es muy importante para la supervivencia de la mayoría de los organismos acuáticos. El oxígeno es un componente clave de la respiración celular para la vida acuática y terrestre. La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el medio acuático es un indicador importante para evaluar la calidad del agua circundante. Algunos organismos, como el salmón, los insectos acuáticos y la trucha, requieren altas concentraciones de oxígeno disuelto. Otros organismos, como el bagre y la carpa, tienen la posibilidad de sobrevivir en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno disuelto. (Romero, 2004). El oxígeno gaseoso se disuelve en el agua por medio de diversos procesos como la difusión entre la atmósfera y el agua, la oxidación por el flujo del agua por medio de piedras y otros desperdicios, la agitación del agua por las olas y los vientos y la fotosíntesis en las plantas acuáticas. Estos factores incluyen: temperatura, corriente, presión atmosférica, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana (Gualdrón, 2018; Romero, 2004).

Debido a la actividad de las plantas, los niveles de OD pueden fluctuar durante el día, aumentando por la mañana y alcanzando su punto máximo por la tarde. La fotosíntesis cesa por la noche, pero las plantas y los animales continúan respirando, lo que hace que bajen los niveles de OD. A medida que las poblaciones de algas aumentan rápidamente,

aumentan las concentraciones de oxígeno disuelto. Poco después, las algas comienzan a morir y son descompuestas por bacterias aeróbicas, que utilizan oxígeno. A medida que mueren las algas, aumenta la demanda de oxígeno de la descomposición aeróbica, lo que hace que la cantidad de oxígeno disminuya drásticamente. Debido a la proliferación de algas, los niveles de oxígeno pueden ser tan bajos que los peces y otras formas de vida acuática se asfixian y mueren. (Romero, 2004). Este parámetro indica la cantidad de oxígeno disuelto disponible en los cuerpos de agua, un indicador de la contaminación del agua y el apoyo que puede proporcionar para el crecimiento y la reproducción de los organismos (Gualdrón, 2018).

1.1.7. Nitratos

El nivel de nitrato y nitrito en el agua natural es un indicador importante de la calidad del agua. Ambos están involucrados en el ciclo del nitrógeno del suelo y las plantas superiores, aunque los fertilizantes añaden nitratos, lo que puede hacer que sus niveles aumenten. El nitrito también se forma durante la biodegradación de nitrato, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal del agua natural. El nitrato en sí no se considera tóxico, pero si se consume en grandes cantidades produce un efecto diurético. Por otro lado, los nitritos pueden producir el compuesto cancerígeno, las nitrosaminas, por su reacción con aminos secundarias o terciarias, además de interactuar con los glóbulos rojos produciendo metahemoglobinemia impidiendo su transporte de oxígeno al organismo (Cabrera *et al.*, 2003).

1.1.8. Parámetros bacteriológicos del agua

Los coliformes son una familia de bacterias que corresponden a las eubacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluidos los humanos. La presencia de bacterias coliformes indica que el agua está contaminada; Se encuentran principalmente en aguas superficiales o en sedimentos del fondo (Sharpley *et al.*, 2003). El grupo de coliformes integra no solo los microorganismos intestinales de los animales de sangre caliente, sino también los organismos del suelo y la vegetación. Este grupo incluye bacterias aerobias gramnegativas tanto formadoras de esporas como no formadoras de esporas que fermentan la lactosa productora de gas a 35 °C durante 48 horas. En este grupo se distinguen bacterias anaeróbicas y aeróbicas; aunque el mayor representante es la bacteria *Escherichia coli*, que se distingue por su facilidad de

crecimiento a altas temperaturas y su capacidad para producir la enzima glucuronidasa (Gualdrón, 2018). Asimismo, cuando las bacterias se multiplican en materia orgánica, pueden consumir mucho oxígeno en el agua y dañar la vida de los peces (Hahn-von *et al.*, 2009).

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2006), la presencia de bacterias coliformes es un indicador de contaminación en agua y alimentos, e indica la presencia de otros microorganismos como *Salmonella* sp, *Vibrio* sp; Pero las pruebas de confirmación son necesarias para identificar las bacterias específicas presentes y cuantificar el alcance de la contaminación.

1.1.9. Coliformes termotolerantes

Consiste en bacterias Gram-negativas capaces de fermentar lactosa gaseosa después de 48 horas de incubación a 44.5 ± 0.1 °C. Este grupo no incluye una especie específica, sin embargo, la especie más importante es *Escherichia coli* (Camacho *et al.*, 2009). *E. coli* es un excelente indicador, debido a su frecuente presencia en la flora intestinal de humanos y animales de sangre caliente; es un bacilo gramnegativo, anaeróbico, de 0.5 a 5 μm de tamaño. La mayoría de los miembros de la especie son carnívoros inofensivos, pero algunas cepas pueden causar enfermedades. *E. coli* causa diarrea, especialmente en niños y viajeros. Hay seis grupos de *E. coli* enteropatógena, pero los cuatro más importantes relacionados con la contaminación del agua son la *E. coli* entérica, la *E. coli* invasora intestinal, la *E. coli* enterotoxina y bacterias *E. coli* enterohemorrágicas. Por lo tanto, la presencia de coliformes en las aguas superficiales indica contaminación por desechos humanos o animales o erosión por suelo, ya sea por separado o por una combinación de las 3 fuentes (Romero, 2009).

1.1.10. Calidad del agua

La Organización Mundial de la Salud [OMS] (2006) define la calidad del agua como “un conjunto de características fisicoquímicas y microbiológicas alteradas, junto con sus valores de aceptación o rechazo”. Se denomina al conjunto de características de un recurso hídrico en su estado natural o después de haber sido alterado por su uso, también se refiere a una condición o estado de una sustancia, muchas veces descrito por indicadores o número (Saravia, 2007).

1.1.11. Calidad de aguas superficiales

El agua es considerada como uno de los recursos naturales básicos más excelentes y los cambios en el sabor, color y olor de las aguas superficiales se deben a cambios ambientales causados por el desgaste y cambios en las propiedades del agua, como altas concentraciones de ciertos parámetros, eutrofización de embalses o cambio de aguas subterráneas (Pérez, 2017). Y estas causas de estos impactos están relacionadas con las actividades humanas, principalmente de la minería, la industria, la ganadería y la población (drenaje).

1.1.12. Contaminación del agua

La contaminación consiste en una modificación, generalmente, provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Carta del Agua, Consejo de Europa 1968 citado por Pineda *et al.*, 2019).

Este es un cambio indeseable en las propiedades físicas, químicas y biológicas del aire, el agua y el suelo, que puede afectar negativamente a los seres humanos, animales, plantas y la vida acuática (Flores, 2016). Distribuir productos químicos o mezclas de sustancias en lugares donde puedan causar daños al medio ambiente o a la salud (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016). Este es un cambio en la calidad del agua, muchas veces causado por actividades humanas, que la vuelve inadecuada o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y otras actividades recreativas, así como para la ganadería y la vida natural (Ramírez, 2014).

Las fuentes de contaminación a las aguas residuales contaminantes que contienen elementos y sustancias con propiedades físicas, químicas y bacteriológicas que modifican las características de los organismos, de los órganos receptores: descarga de agua descarga a un lago, laguna o río, vertido de residuos y basura a orillas de ríos, lagos, lagunas o ríos, actividades clandestinas e informales a orillas de lagos, lagunas o ríos, aguas residuales líquidas provenientes de diversas actividades de campos productivos (descarga de atrasos, presencia de hoteles y restaurantes, el uso de fertilizantes y plaguicidas (Ramírez, 2014).

Una fuente de contaminación del agua es una fuente directa o indirecta de contaminación sólida o líquida, directa o indirecta, a las aguas superficiales o subterráneas, que puede causar aspectos de calidad natural (físicoquímicos y biológicos); en la medida que representa algún peligro para la usabilidad y modificación de aspectos de los ecosistemas acuáticos a corto, mediano y largo plazo (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018).

1.1.13. Normativa y estándares de la calidad de agua

Mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente (MINAM) ha aprobado la Norma de Calidad Ambiental (ECA) para el agua y dicta disposiciones adicionales para determinar los niveles de concentración de estos elementos. Se dispone de elementos, materiales, parámetros físicos, químicos y biológicos como componente esencial de los ecosistemas acuáticos que no representen un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017), Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), 30 de marzo de 2009); Tenga en cuenta que ECA del agua debe instalarse para las clases especificadas de acuerdo con el uso previsto que se le dará al cuerpo de agua natural.

Para realizar una evaluación de la calidad del agua correspondiente, es fundamental monitorear sus características físicoquímicas y biológicas. El monitoreo nos lleva a tomar muestras de agua, gases, material particulado, suelo, remanentes, deforestación, plantas acuáticas, plancton y zooplancton, entre otros. Identificar el lugar o área de estudio con sus coordenadas y elevación (Salvá, 2007).

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Categoría 2: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas”

a) Subcategoría C1. Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2. Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) **Subcategoría C3.** Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) **Subcategoría C4.** Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

(D. S. N° 004-2017-MINAM, 2017)

Tabla 1

Valores ECAs para aguas de la Categoría 2 destinadas a extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C4
		Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Físicos - químicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1.0
Cianuro Wad	mg/L	0.0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	10
Fósforo Total	mg/L	0.025
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0-9.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	**
Sulfuros	mg/L	0.05
Temperatura	°C	Δ3
Microbiológico		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	200

Nota. Valores de C4: extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

Fuente: D. S. N° 004-2017-MINAM (2017).

1.1.14. Distribución geográfica del género *Orestias*

El mapa de distribución del género *Orestias* corresponde a Parenti (1984), que describe el área desde la provincia de Ancash en el norte de Perú hasta la provincia de Antofagasta en el norte de Chile (Figura 1). Tenga en cuenta que este mapa solo cubre parte de la cuenca del Altiplano en Bolivia, pero no otras áreas de las cuencas del Amazonas y La Plata, donde se ha registrado como género en las últimas décadas (De La Barra *et al.*, 2020).

La mayor densidad relativa de población; y dado la jerarquía, se encuentran en el lago Titicaca (Perú Bolivia), lago Junín (Perú) y lago Poopó (Bolivia), ríos y lagos circundantes. Aguas arriba de los ríos, su distribución longitudinal es hasta los 299 metros sobre el nivel del mar, puede vivir en arroyos y pozas de muy poca profundidad y con mínimo contenido de oxígeno. En 1979 se descubrió *Orestias* en tres (03) pequeños lagos al noreste de Lima, lo que mostró no solo la presencia de dos (02) especies, sino también; La posibilidad de que *Orestias* se pueda encontrar en muchos pequeños lagos típicos de la Cordillera de los Andes Parenti del sur de Ecuador (1984) es citada por Sarmiento *et al.* (1987) (Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico [TDPS], 2003).

La especie más ampliamente distribuida es *O. agassii*, presente en cinco de las seis subcuencas, y la única especie presente en los tres países donde se encuentra el género. La subcuenca con mayor riqueza de especies es el lago Titicaca (alrededor del 70%), y de estas, 21 especies son endémicas (65% de la subcuenca del Titicaca y 7% del total de especies). Las subcuencas de baja riqueza son el Pacífico Sur, Madera y Pilcomayo. De los países, la mayoría de las especies se han registrado en Perú (87%), donde 13 son endémicas. Por otro lado, aunque en Chile solo se han registrado siete especies, seis son endémicas (De La Barra *et al.*, 2020).

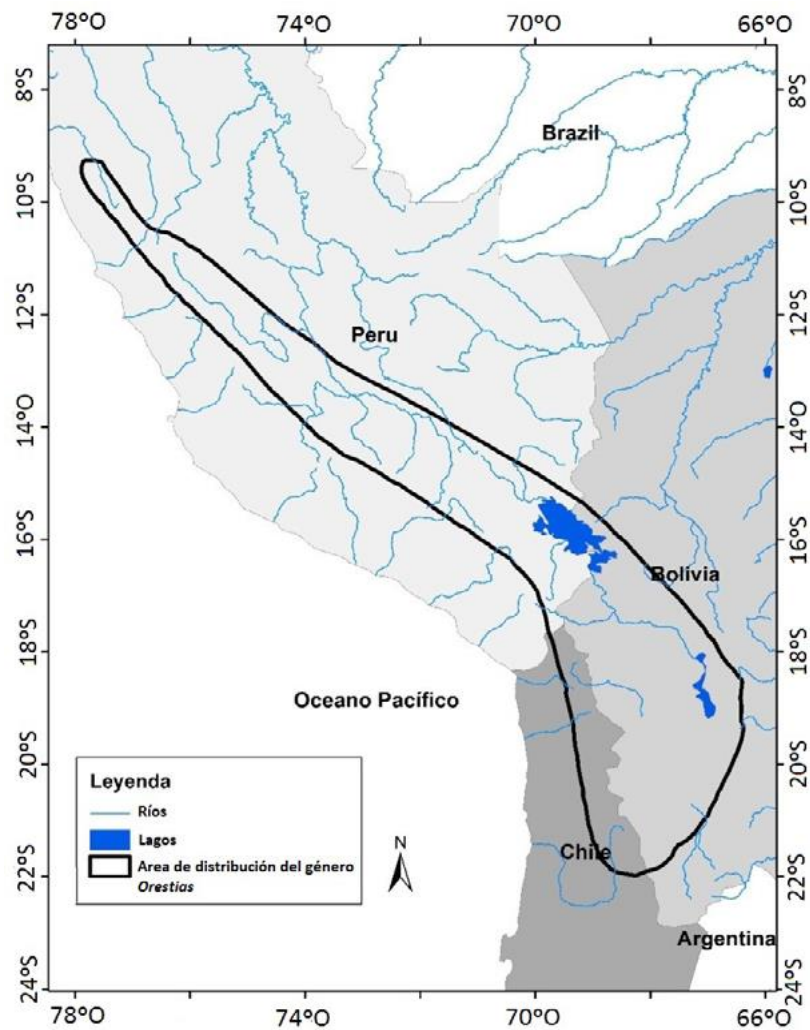
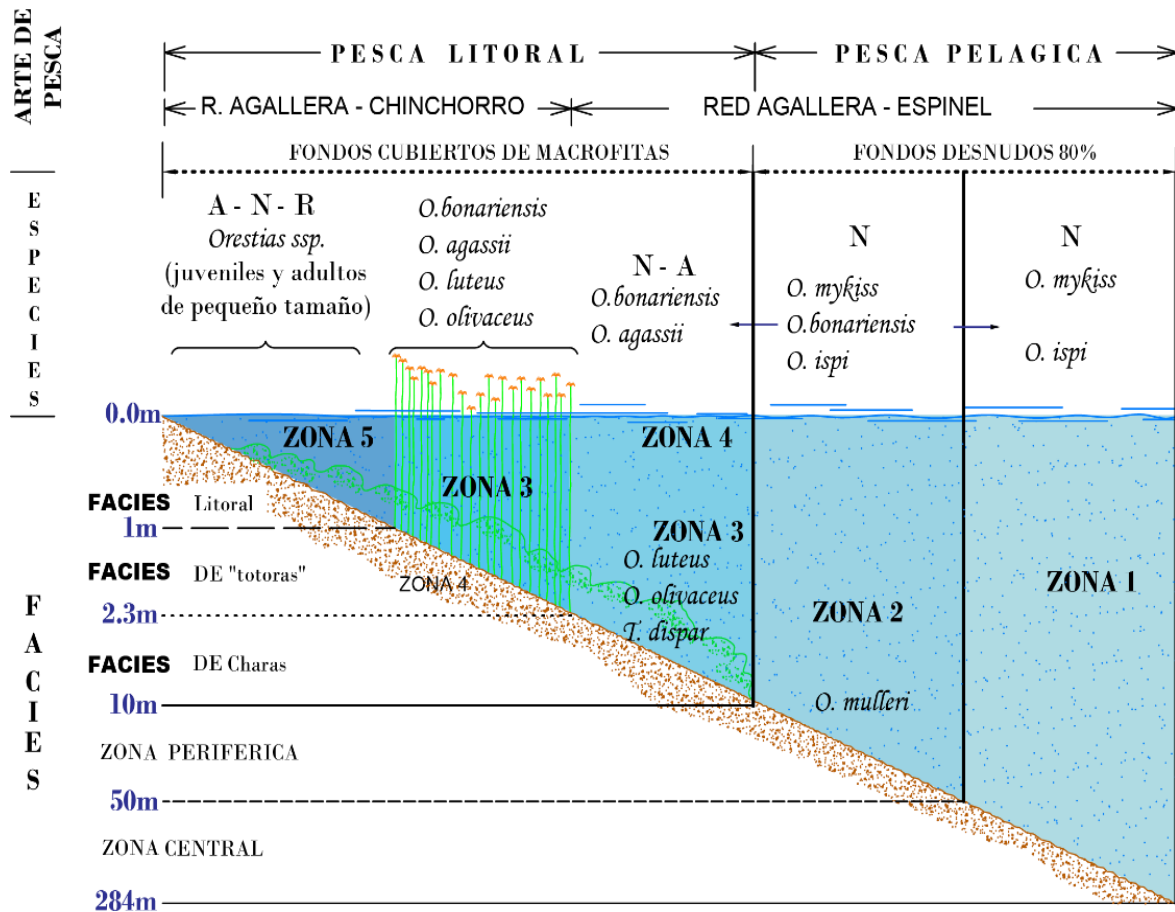


Figura 1. Mapa de distribución del género *Orestias* en los Andes centrales de Sud América. Extraído de Parenti (1984).

Fuente: De la Barra *et al.* (2020).

1.1.15. Características de pesquería y bioecología del género *Orestias*

La pesquería artesanal en el lago Titicaca tiene características específicas delimitadas por la profundidad y las características bioecológicas de las diferentes especies de peces se distinguen en dos áreas: a) Pesca litoral; se realiza a una profundidad de 10 m de la orilla, ya que es rica en vegetación acuática, por lo que es un importante lugar de alimentación, reproducción y refugio de especies de peces autóctonas. Esta es un área muy vulnerable a la intervención humana; aquí es donde se produce el mayor esfuerzo pesquero. Muy sensible ecológicamente, ante una posible sequía extrema, como la ocurrida en la década de 1940, b) Pesca pelágica; realizado en la zona profunda del Titicaca, donde se capturan principalmente “ispi”, y ejemplares adultos de trucha y pejerrey como se muestra en la Figura 2 (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).



Leyenda: A= Abrigo N= Nutrición R= Reproducción

Figura 2. Esquema básico de las zonas de pesca en el lago Titicaca.

Fuente: adaptado del Plan director Binacional (INTECSA-CNR-AIC Progetti, 1993).

Tabla 2

Descripción de las características bioecológicas de las especies ícticas de importancia socioeconómica en el lago Titicaca

Especie	Descripción
<i>Orestias luteus</i> "Carachi amarillo"	Una de las especies más comunes del lago Titicaca, es bentónico, vive en la zona litoral entre los totorales y llachu hasta 10 m de profundidad (IMARPE, 2014). Se distingue de otras especies por la parte dorsal marrón oscuro del tronco y la coloración amarilla brillante en la parte ventral. Los machos son más pequeños que las hembras. Su captura suele estar asociada a las <i>O. agassii</i> , de la cual se diferencia por la coloración. Aunque se comercializan junto con esta especie, tiene poca aceptación en los mercados por su escasa carne, abundante espina y escamas, y por ser bastante más parasitadas. Se distribuye en el lago Titicaca (Capachica, Taquile, Ramis, Chucuito, Villa Ccama), en el lago Poopó; y en cuerpos de agua de la región andina de Ancash (ALT, 2021).

<i>Orestias agassii</i> (Carachi gris o negro)	<p>Peces bentopelágicos que habitan en zonas y litoral, entre 10 y 20 m. Los juveniles habitan en la zona litoral en asociación con carachi amarillo y otras <i>Orestias</i> (IMARPE, 2014). Su coloración es muy variable. Los jóvenes tienen el dorso y los flancos amarillo pálido salpicados con manchas negras. Los adultos son de una coloración grisácea negruzca en el dorso y blanco en el vientre (IMARPE, 2014). Es considerada la más importante en cuanto a volúmenes de captura y preferencia de consumo en la región altiplánica. Hasta la década de los 90, era la especie más preferida en relación a las especies foráneas; es decir que el carachi amarillo era sinónimo de buen pescado. Son un poco más grandes que los ispis, y mucho más robustos, con un tamaño promedio de 12 cm y 30 gr. El rango de tamaño está comprendido entre 39 y 182 mm. La talla de madurez sexual para las hembras del lago Menor se estimó entre 48 y 63 mm y para los machos entre 63 y 77 mm. El desarrollo sexual se inicia en la época de lluvias, de enero a marzo, desovando entre el verano y el otoño. Los Karachis jóvenes se encuentran principalmente en las profundidades menores a 10 m y donde la vegetación acuática es abundante. Se alimentan de organismos bentónicos, los cuales representan el 43% de la dieta y 60% en volumen del total de casos registrados, destacando en orden de importancia: huevos de peces, Amphípodos y Chironómidos. Esta especie se agrupa en cardúmenes dispersos que efectúan movimientos característicos entre el fondo (noche) y la superficie (día). Se distribuye en toda la cuenca del Titicaca, en ríos y lagunas alto andinas: Arapa, Umayo, Saracocha. También habita en las lagunas de Asiruni y Jucumarini (en la cuenca del río Tambo), en la zona alto andina de la región Moquegua (Comunicación personal de Cristóbal Arazola, C., 2020 citado por ALT, 2021).</p>
<i>Orestias ispi</i> (ispi)	<p>Complejo ispi, se encuentran varias especies de peces pelágicos sistemáticamente no definidos. Se trata de peces pequeños de color variable, generalmente, plateado-iridiscente, generalmente menores a 12 cm de longitud. Con tallas entre 48 y 107 mm de longitud. La talla de madurez sexual en las hembras está por debajo de 63 mm. Esta especie a pesar de ser pelágica, desova en la zona litoral. Ponen sus huevos agrupados en forma de rosarios unidos por filamentos que se adhieren a la vegetación sumergida, de los que nacen las larvas; abandonan el litoral en los primeros estadios de su vida, para desplazarse hacia la zona pelágica; en esta crecen hasta alcanzar la madurez sexual. Desovan desde diciembre a febrero, con mayor incidencia en febrero. Se agrupa formando cardúmenes que realizan movimientos verticales y horizontales para buscar alimento a base de zooplancton, en proporciones del 80 y 98% en número de organismos y volumen de ellos respectivamente. Se distribuye entre las zonas de Capachica (Llachón, Yapura), Isla Amantani, Vilquechico, Moho, Tilali, Puerto Acosta, alrededores de la Isla Soto, el Sol y la Luna (ALT, 2021).</p>

Nota: ALT, diagnóstico pesquero y acuícola TDPS.

Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT] (2021).

Las primeras observaciones del ambiente en el que vivían las especies de *Orestias* indicaron que se encontraban en lagunas, pantanos, lagos y ríos, pero no en tramos de arroyos torrenciales, donde se encuentran datos de parámetros físicos y químicos y las características ecológicas de los hábitats de estas especies son raras y muy diversas (De la Barra *et al.*, 2020; Lauzanne, 1991).

Los estudios ambientales y biológicas del género *Orestias* son escasos. Según Ibáñez *et al.* (2014) elaboraron una lista de trabajos con información sobre 32 especies del lago Titicaca, siendo las más estudiadas *O. agassii*, *O. luteus*, *O. pentlandii*, *O. ispi*, indica que la mayor parte del trabajo proviene de la literatura gris en tesis e informes inaccesibles (De la Barra *et al.*, 2020).

En este sentido, se necesita más información para evaluar y analizar los resultados de manera más completa, teniendo en cuenta el área total que representa hábitats específicos de una variedad de especies de peces nativos del género *Orestias*. Los totorales son refugios naturales donde hay alimentación disponible, pero lo más importante es que son áreas reproductivas disponibles para las especies de peces nativos en general. Se pueden considerar tres factores para describir el hábitat de los peces nativos en el lago Titicaca, la profundidad del lago, la distribución de macrófitos y la distancia desde la orilla. (Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico [TDPS], 2003).

Con la información disponible se elaboró la tabla 3, en que se registran datos sobre el hábitat, dieta y gremio trófico de las especies. Puede observarse que los trabajos sobre estos aspectos no son numerosos de las especies del lago Titicaca, y en particular sobre *O. agassii*, la especie de más amplia distribución. Se puede generalizar que las especies de *Orestias* son carnívoras, otras zooplanctófagas (De La Barra *et al.*, 2020).

Tabla 3.

Hábitat y gremios tróficos de las especies de Orestias

Especie	Hábitat	Gremio trófico	Alimentación	Referencias
<i>O. luteus</i>	En lago Titicaca: zona bentónica y perimacrofítica, entre 1-10 m. Alevines en zona litoral, con vegetación acuática abundante. Adultos en zonas profundas. Temperatura óptima: 15 - 20°C.	Carnívora con tendencia a invertívoro. Omnívoro	Nemátodos y anfípodos. Gastrópodos, alevines, ovas y escamas. Anfípodos, huevos de peces, ostrácodos. Macroinvertebrados, bentónicos, zooplancton y algas. Crustáceos y gastrópodos, bivalvos. Crustáceos y anfípodos.	Maldonado <i>et al.</i> (2009) Lauzanne (1991) Ibáñez <i>et al.</i> (2014) Villwock (1983)

<i>O. agassii</i>	Arroyos, bofedales y lagunas, principalmente pelágico. En el lago Titicaca: zonas pelágicas, béntica y perimacrofítica	Carnívoro Omnívoro Facultativo Invertívoro Estenofágico Carnívoro ajustable Perifitófago Zooplanctófago	Dieta de acuerdo a oferta alimenticia, zooplancton y macroinvertebrados, Cladóceros, algas; preferencia: larvas de quironómidos, anfípodos, copépodos. En forma bentónicas: larvas de dípteros y ostrácodos. Algas filamentosas, cladóceros, anfípodos. En lugares someros: anfípodos e insectos.	Ibañez <i>et al.</i> (2014) Lauzanne (1991) Maldonado <i>et al.</i> (2009) Villwock (1983)
<i>O. ispi</i>	En el lago Titicaca: Pelágico y perimacrofítico, entre 1 - 10 m	Zooplanctófago casi Zooplancton exclusivamente	Zooplancton	Ibañez <i>et al.</i> (2014) Lauzanne (1991)

Fuente: (De La Barra *et al.*, 2020).

1.1.16. El género *Orestias* Valenciennes 1839

a. Taxonomía

El género *Orestias* fue descrito por Valenciennes en 1839, a partir de colectas en el lago Titicaca, y basado en la especie *O. cuvieri*. Posteriormente, varias expediciones como las de Agassiz y Garman en el lago Titicaca, y de Eigenmann & Allen (1942) entre 1918 y 1919 establecieron la distribución del género *Orestias* que es dispersa, con un mayor enfoque en estudios taxonómicos (De La Barra *et al.*, 2020).

Atencio (1998) propone el siguiente orden taxonómico para las especies ícticas nativas del lago Titicaca:

REINO: Animal

PHYLLUM: Chordata

SUB PHYLLUM: Vertebrata

GRUPO: Gnathostomata

SUPERCLASE: Pisces

CLASE: Osteichthyes

SUB CLASE: Actinopterygii

DIVISIÓN: Teleostei

SUPER ORDEN: Cyprinodontimorpha

ORDEN: Cyprinodontiformes Berg, 1940

SUB ORDEN: Cyprinodontoidei Jordan, 1923

SUPER FAMILIA: Cyprinodontoidae

FAMILIA: Cyprinodontidae Agassiz, 1934

SUB FAMILIA: Cyprinodontinae Günther, 1968

GÉNERO: *Orestias* Valenciennes, 1839

ESPECIE: *Orestias luteus* Valenciennes, 1839 “carachi amarillo”

Orestias agassii Valenciennes, 1846 “carachi negro”

Orestias ispi Lauzanne, 1981 “ispi”

Fuente: (Atencio, 1998)

b. *Orestias luteus*

Conocido como “carachi amarillo”, “punku”, “punkuru”, k’ello (aymará), (Fig. 3). La longitud del cuerpo adulto puede alcanzar los 150 mm, es de color marrón oscuro en la parte dorsal del cuerpo y cambia a amarillo oscuro en el centro. La parte superior de la cabeza es más ancha en comparación con *Orestias agassii*, sobrepasando los 40% con respecto a la longitud estándar (Sarmiento & Barrera, 2003).



Figura 3. *Orestias luteus* (Valenciennes, 1839)

Fuente: (ALT, 2021)

c. *Orestias agassii*

Conocido como “carachi negro” o “gris” (Fig. 4). Es del complejo *agassii* con un cuerpo relativamente alto, con un promedio de 160 mm de longitud estándar, las hembras son más grandes que los machos. Se distingue de los miembros del mismo grupo por las escamas irregulares en la cabeza, a menudo sin escamas al frente de la órbita y sin

escamas a ambos lados de la cresta dorsal. Es una especie muy polimórfica que posee un pedúnculo caudal relativamente alto, la coloración varía desde tonos amarillentos, generalmente en individuos pequeños hasta oscuros con el vientre blanquecinos (Sarmiento & Barrera, 2003).



Figura 4. *Orestias agassii* (Valenciennes, 1846)

Fuente: (ALT, 2021)

d. *Orestias ispi*

Es una especie pequeña y el más alargado de los *Orestias* (Fig. 5), presenta un cuerpo bastante comprimido, con cabeza pequeña y estrecha el tamaño del pez adulto oscila entre 7 a 9 cm para hembras y 6 cm para machos, tiene el cuerpo cubierto de finísimas escamas (Flores, 2008).



Figura 5. *Orestias ispi* (Lauzanne, 1981)

Fuente: (PELT, 2008)

e. Características morfológicas y anatómicas (Villwock, 1983)

Al ser peces de pequeño tamaño y de crecimiento lento, las *Orestias* no han tenido ninguna importancia ni distribución suprarregional (Lüssen, 2003). Las aletas pélvicas están ausentes en todas las especies conocidas y las escamas son irregulares y reducidas en la mayoría de las especies, particularmente en las regiones dorsal anterior y posterior de los ojos. La línea lateral es siempre nítida, uniforme y está formada por una hilera de escamas opacas más o menos regulares y ranuradas a lo largo del canal sensorial. Los

dientes de las mandíbulas son cónicos, la mayoría de las veces formando más de una fila irregular (Dejoux & Iltis, 1991). La captura y el procesamiento de recolecta de las redes están estrechamente relacionados con la morfología de la cabeza y la mandíbula. Los resultados del estudio sobre cuatro especies de *Orestias* están de acuerdo con las expectativas teóricas de adaptación morfológica a la dieta (Maldonado *et al.*, 2009). El género se caracteriza por la ausencia de las aletas ventrales, el primer *postcleithrum*. En las *Orestias* faltan los orbitales, suborbitales y postorbitales, así como el orbitosfenoide, el basofenoide y el metapterigoide (Lüssen, 2003).

El dimorfismo sexual es marcado; por ejemplo, las espinas y los ganchos se encuentran en escamas y radios ctenoides; existen en menor cantidad y en menor medida en hembras adultas. Las hembras tienen un ovario y los machos un testículo; en ambos casos hay una línea divisoria central. La forma de la cabeza es triangular, mostrando también una boca terminal superior larga. Tiene dos aletas pectorales, una aleta dorsal y una aleta anal y una aleta caudal. Sus aletas tienen radios suaves ramificados. Tenga en cuenta que las aletas anal y dorsal tienen la misma altura. La aleta pectoral comienza al final del *operculum*. Internamente, el sistema digestivo comienza en la boca con maxilar protractil, tiene dientes cortos y pequeños en número limitado, tiene una laringe pequeña y lisa a cada lado de la cavidad orofaríngea, donde tienen branquias, un hígado grande y rojo. La vesícula biliar es casi esférica, de color amarillo verdoso, el corazón es reducido y está ubicado cerca de la órbita. (Dejoux & Iltis, 1991).

f. Características reproductivas

La reproducción de *Orestias* en la cuenca del Titicaca, se caracteriza que la reproducción natural es grupo ecológico fitofílico, que las ovas se adhieren en los filamentos de plantas acuáticas. El tipo de desove de *Orestias* es sincrónico; esto significa que estas especies se reproducen durante todo el año, con diferentes picos reproductivas para cada una de las especies. Durante la reproducción, surge el dimorfismo sexual de tallas para distinguir a los machos es de menor tamaño que las hembras. La proporción sexual (“*sex ratio*”) varía de 3 hembras a 1 macho, con la excepción de *O. ispi* "ispi", que ha registrado 20 hembras por 1 macho. Las hembras adultas ponen un promedio de 350 a 360 huevos. Tienen entre 1 y 2 mm de diámetro y su color varía de amarillo claro a amarillo oscuro (Dejoux & Iltis, 1991).

g. Características alimenticias

La ingestión de *Orestias* varía según la edad y las condiciones ambientales que provee es espacio acuático; por lo tanto, los alevines se proveen de fitoplancton y zooplancton; Los ejemplares juveniles y adultos reciben alimentos de tipo *euriphage* que consta de varios componentes nutricionales. La identificación de las características cualitativas de la dieta de *Orestias* se basa en el nivel de llenado gástrico, el nivel de digestibilidad y la tipificación de organismos alimentarios en el estómago. En el aspecto cuantitativo, se consideran el índice de llenado parcial (IRP), el índice de llenado total (IRT) y el índice de significación relativa (ISR). El índice de significancia relativa lo dieron los artrópodos con 66%, seguidos por los animales de vacío con 21% para *O. agassii* “carachi negro”; mientras que para el *O. luteus* el ISR está representado por anfípodos con 6 % y por planorbis con 35%; *Orestias ispi* "ispi", basado en la dieta ISR de *Boeckella* con 83% y *Daphnia* con 11%. Como puede observarse, diferentes especies practican un patrón dietético en función de su posición en la columna de agua. (Dejoux & Ittis, 1991). Las presas grandes y evasivas eran más abundantes en la dieta de las especies con la boca más grande (*O. albus*). Por el contrario, como especie pelágica, *O. agassii* incluye presas pelágicas, como los cladóceros, en su ingestión, un comportamiento de búsqueda de alimento que puede reflejarse en un maxilar más pequeño y los moluscos que son parte de su ingestión de *O. albus* y *O. luteus*, son ambas bentónicas y ambas se caracterizaron por un opérculo más grande y una cabeza más larga que las otras dos especies (Maldonado *et al.*, 2009).

h. Características biométricas

Las características del control biométrico se presentan en dos formas: cualitativas y cuantitativas. El primero se refiere a dimensiones fenotípicas que puede modificarse dentro de una sola especie, como el tamaño de la aleta, la altura del cuerpo, etc.; mientras que los rasgos merísticos son el número que no cambia en una sola especie por pertenecer al genotipo, como la cantidad de vértebras y número de radios de las aletas, etc. (Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico [TDPS], 2003).

Según Lauzanne (1982), los caracteres métricos y merísticos, que representan los peces, fueron utilizados para elaborar una clave de determinación del género *Orestias*. El mismo autor menciona, 20 relaciones métricas calculadas por cada ejemplar, relacionadas de la siguiente manera:

- Porcentaje de la longitud estándar (A)
 - Largo de cabeza (B) ----- B/A
 - Altura del cuerpo (F) ----- F/A
 - Longitud del pedúnculo caudal (H) ----- H/A
 - Altura más pequeña del pedúnculo caudal (I) ----- I/A
 - Ancho de la cabeza (N) ----- N/A
 - Ancho del cuerpo (G) ----- G/A
 - Distancia entre la boca y la aleta dorsal (C) ----- C/A
 - Distancia entre la boca y la aleta anal (D) ----- D/A
 - Distancia entre la boca y la aleta pectoral (E) ----- E/A
 - Longitud de aleta dorsal (K) ----- K/A
 - Longitud de aleta pectoral (M) ----- M/A
 - Longitud de aleta anal (L) ----- L/A
 - Longitud de la base posterior de la aleta dorsal
hasta el pedúnculo caudal (J) ----- J/A
- Porcentaje de la cabeza (B)
 - Ancho de la cabeza (N) ----- N/B
 - Distancia entre ojo (O) ----- O/B
 - Diámetro del ojo (Q) ----- Q/B
 - Longitud del hocico (P) ----- P/B
 - Altura del hocico (R) ----- R/B

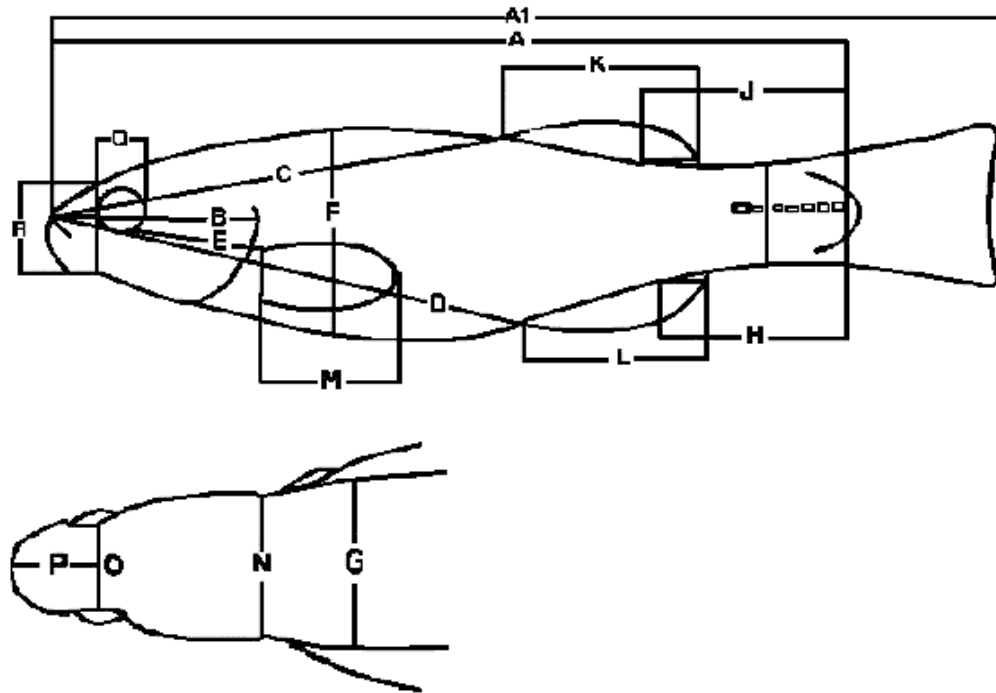


Figura 6. Características biométricas de los *Orestias*

Fuente: (Lauzanne, 1982 citado por Gutiérrez, 2013)

1.1.17. Parásitos de peces nativos del lago Titicaca

Los peces del género *Orestias* del lago Titicaca suelen ser parasitados. La cavidad craneal de algunas especies (especialmente *O. olivaceus*) es invadida por *Diplostomum* sp, pero el parásito más notable es *Ligula intestinalis*, que habita en la cavidad intestinal. La abundancia de parásitos fue particularmente notable en *O. forgeti*, lo que llevó a la investigación de las relaciones huésped-parásito en esta especie. Aproximadamente la mitad de los peces estaban parasitados y el número medio de parásitos fue de 2.73 por huésped. Los plerocercoides varían en longitud de 10 a 20 cm, varias veces la longitud del hospedador. La longitud máxima observada fue de 20 mm para las hembras de 87 mm. La relación de peso parásito-huésped varió en promedio del 18% para el pez más pequeño al 2% para el pez más grande. Esta enorme carga adicional dificulta el movimiento de los peces y determina la mayor vulnerabilidad posible a los artes de pesca. Este parasitismo muy pronunciado, que afecta a muchas especies, tiene el potencial de afectar el estado de salud de las poblaciones de *Orestias*. (Dejoux & Iltis, 1991). En el caso de *O. ispi* se han demostrado la existencia de plerocercoides de *Ligula intestinalis* en la cavidad celómica (Bocángel & Larrea, 1999).

a. *Diplostomum* sp.

Pertencientes a la clase tremátoda, tienen como hospederos definitivos a aves ictiófagas, y tienen como hospederos intermedios a caracoles y peces, en los peces estos parásitos se alojan en el cerebro y ojos ocasionando ceguera (Luis *et al.*, 1993), en el presente estudio se le encontró principalmente en el cerebro y se tuvo un solo registro parasitando el ojo de *O. agassii*.

Clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Phylum: Platyhelminthes

Clase: Trematoda

Subclase: Digenea

Orden: Strigeatida

Familia: Diplostomatidae

Género: *Diplostomum*

Especie: *Diplostomum mordax* (Mueller, 1972)

Fuente: (Heckmann, 1992)

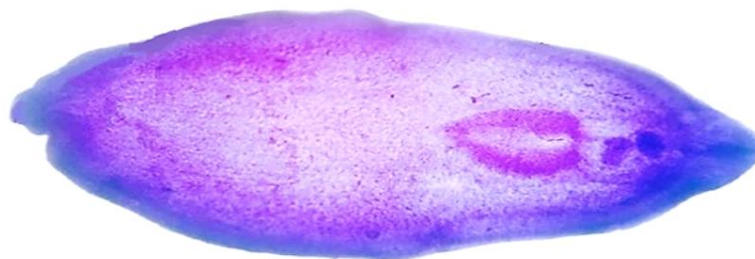


Figura 7. Diplostomum mordax (Mueller, 1972)

Fuente: (López 2013; Ticona 2013)

Diplostomum sp, afecta a numerosos teleósteos de agua dulce como truchas, tencas y carpas, su ciclo de vida es indirecta, los huevos son liberados vía materia fecal de las aves piscívoras al medio acuático, desarrollándose en *miracidio* puede ser ingerida por caracoles como los primeros hospederos intermediarios que desarrollan larvas y liberan al agua en *cercarias* son ingeridos por los peces como segundos hospederos, atravesando los tejidos, las larvas del parásito (diplostómulas) causan una patología sistémica al extenderse por los tejidos, y aquellos peces afectados son una presa fácil para el

hospedador definitivo. Las *cercarias* de *Diplostomum* sp, son totalmente inespecíficas, pueden penetrar también en reptiles, aves, mamíferos y humanos (Aguilar *et al.*, 2020).

b. *Hedruris* sp.

Este género de nemátodos ha sido reportado para el lago Titicaca parasitando a peces y anfibios. *Hedruris* parasita a los peces de mayor tamaño del género *Orestias* (Sarmiento *et al.*, 1999), de similar modo, en el presente estudio no se ha encontrado a esta especie en *O. ispi*, esto posiblemente debido a los hábitos alimenticios de *O. ispi*.

Clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Phylum: Nematoda

Clase: Trematoda

Subclase: Secernentea

Orden: Spirurida

Familia: Hedruridae

Género: Hedruris

Especie: *Hedruris orestiae* (Moniez, 1889)

Fuente: (Ticona, 2013)



Figura 8. Hedruris orestiae (Moniez, 1889)

Fuente: (López 2013; Ticona 2013)

El género *Hedruris* se caracteriza por presentar cuatro labios fuertemente diferenciado, el esófago de aspecto cilíndrico claramente no dividido en porciones musculares y glandulares, y el extremo terminal de la hembra se modifica en un órgano de fijación o un órgano prensil, Ibáñez y Córdova (1976). Son nemátodos, se encuentran parasitando una gran variedad de peces, tiene generalmente ciclos vitales indirectos, el copépodo es el primer intermediario desarrollando sus segundas fases intermediarias en insectos o

crustáceos, tiene como hospedador preferido como el tercer intermediario el “carachi amarillo” *Orestias luteus* procedente del lago Titicaca y se observa con mayor frecuencia en el esófago y estomago como hospederos definitivos (López, 2013).

c. *Ligula intestinalis*

Se trata de un cestodo que tiene como hospedero en su primera etapa a copépodos, luego a ciprínidos y finalmente a aves ictiófagas. Al ingresar a su segundo hospedero, este parásito se aloja principalmente en la cavidad visceral. (Innal & Erk’akan, 2007).

Clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Phylum: Platyhelminthes

Clase: Cestoda

Orden: Pseudophyllobothriidae

Familia: Diphyllbothriidae

Género: *Ligula*

Especie: *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758)

Fuente: (Sarmiento *et al*, 1999; Tantaleán, 1994)



Figura 9. *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758)

Fuente: (López, 2013)

La tenia *Ligula intestinalis* (L. 1758) es un cestodo pseudophyllidea, parásito común y extendido que infecta principalmente a peces ciprínidos en lagos y embalses (Gabagambi *et al.*, 2019; Hadou-Sanoun *et al.*, 2012). Este parásito tiene un ciclo de vida complejo que incluye dos huéspedes intermedios acuáticos y un ave ictiófaga como huésped final (Gabagambi *et al.*, 2019). En África, se cita la infestación de peces por céstodos larvarios en Egipto (el Nilo) y Sudán y en los lagos de África oriental (Hadou-Sanoun *et al.*, 2012). Tiene una distribución amplia en el hemisferio nórdico este cestodo se le han asociado a

ciertos efectos patológicos en el pez huésped, principalmente la inhibición del desarrollo gonadal en los peces huéspedes. Por lo tanto, *Ligula intestinalis* puede desempeñar un papel en la regulación de sus peces huéspedes y puede crear cambios morfológicos y de comportamiento en los peces infestados (Hadou-Sanoun *et al.*, 2012).

Se demostró que los hospedadores finales de aves ictiófagas tienden a consumir una mayor proporción de hospedadores intermedios infectados con *L. intestinalis* ya que los peces ciprínidos infectados con este parásito suelen nadar más cerca de la superficie (Gabagambi *et al.*, 2019). En el estadio plerocercoides de este cestodo se encuentra en la cavidad abdominal como huéspedes intermediarios los “carachis” (*Orestias*), peces del lago Titicaca, lagos de Cerro de Pasco y Junín. Los huéspedes definitivos son las aves piscívoras, pero el estadio adulto puede desarrollarse en cualquier huésped que le brinde una adecuada temperatura, como el hombre, en cuyo intestino permanece el tiempo necesario para madurar (Tantaleán, 1994). Los huevos del parásito adulto son excretados con las heces del hospedero definitivo, en el agua se transforma en *coracidio* que forma el primer hospedero intermediario de crustáceo (*Cyclops* sp.), el cual es consumido por el pez como segundo hospedero intermediario; y, se transforma en larva (Ticona, 2013).

1.1.18. Aspectos de importancia socioeconómica de las *Orestias*

Las especies de peces nativos no son solo un recurso natural, un activo natural que beneficia a miles de personas. Son una alternativa de trabajo e ingreso económico a largo plazo y una fuente de valor nutricional que según Pari (2012) indica que al consumirse en carachi contiene 17.95% proteína, 1.5% lípidos, 0.6% carbohidratos; sin embargo, hay evidencia de una disminución significativa de las poblaciones de peces que se refleja en una disminución de las capturas (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT] (2021).

Actualmente, tanto las especies ícticas nativas como las especies introducidas están expuestas a la sobrepesca y a la acción conjunta de varios factores negativos como la degradación ambiental (contaminación y extracción de totora), indiferencia institucional entre otras. Ispi y pejerrey fueron las especies más capturadas (>70%) y el 30% restante estuvo agrupado por 2 especies de carachi (*O. luteus* y *O. agassii*). El mauri (*Trichomycterus dispar*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) contribuyen en porcentajes muy bajos a las capturas comerciales (Sarmiento *et al.*, 1987).

a) Número de pescadores artesanales encuestadas

Segura *et al.* (2013) de junio a diciembre, realizaron una encuesta sobre el estado de la pesca artesanal en el lago Titicaca (parte peruana) entre 130 comunidades pesqueras, representando 1734 pescadores (93% hombres), es decir 50% menos de lo determinado por DIREPRO Puno 2007. Asimismo, la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT] (2021) realizó una encuesta sobre el número de pescadores artesanales (lado peruano) como actores que se dedican a las actividades pesqueras la pesca genera ingresos económicos dependientes de la abundancia de peces 1549 pescadores artesanales están activos 84.46% pertenecen al lago Titicaca y otros lagos como Umayo, Arapa y Laguna Lagunillas representan el 15.54% como se muestra en detalle. Asimismo, se detalla el número de pescadores artesanales ocupados por región y provincia; Destacando la mayor cantidad de áreas prioritarias en el distrito de Juli, es la comunidad pesquera de Olla, que concentra el 7.14% de los pescadores artesanales; seguido de la provincia de Puno que es la comunidad pesquera de Chimu que representa el 11.61% y finalmente la zona de la provincia de Capachica que incluye a la comunidad pesquera de Llachón que representa el 8.02% (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

b) Volumen total de desembarque

De 1981 a 2017 el desembarque del género *Orestias* tuvo su máximo en 1988 (3.367 t) al que siguió una disminución progresiva hasta 1996 (456 t), mostrando una leve recuperación el 2005 (1.035 t). Entre 2007 y 2017 los desembarques de “carachi gris” en el lago Titicaca disminuyeron 79%, registrándose el 2017 apenas 23 t, lo que coloca su pesquería en situación crítica. Los más importantes desembarques de “carachi gris” en la parte peruana del lago, ocurren en las localidades de Barco y Los Uros de la bahía de Puno, Ramis en la zona norte del lago, Juli y Villa Ccama en la zona sur e isla Anapia en el Lago Pequeño; las mismas que fueron seleccionadas para el muestreo biológico de los desembarques (Chura *et al.*, 2021).

En 2019, la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca, durante el censo de febrero y marzo, estimó los desembarques de las principales especies del género *Orestias* en 407.69 toneladas, de las cuales el 62.95% fueron *O. ispi* (ispi), y el 22.30% *O. luteus* (carachi amarillo) y *O. agassii* (negro o gris) según tabla 4. (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

Tabla 4

Captura de Orestias según lago y especies (toneladas).

Zona	Carachi negro (t/año)	Carachi amarillo (t/año)	Carachi gringo (t/año)	Ispi (t/año)	Total (t/año)
Lago Titicaca	38.17	86.44	19.59	255.76	399.96
Lago Arapa	0.82	0.95	0.00	0.89	2.66
Lago Umayo	0.18	2.77	0.31	0.00	3.26
Laguna	0.88	0.75	0.18	0.00	1.81
Lagunillas					
TOTAL	40.05	90.91	20.08	256.65	407.69
%	9.82	22.30	4.93	62.95	

Nota. ALT, encuesta – diagnóstico pesquero y acuícola TDPS.

Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT] (2021).

Las mayores proporciones de "carachi" e "ispi" se extrajeron del lago Titicaca (399.96 toneladas); de las cuales, lagos: Arapa, Umayo y laguna Lagunillas, los volúmenes de captura no superan la tonelada. (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

c) Artes y aparejos de pesca

Los métodos y equipos de pesca utilizados en el lago Titicaca son aproximadamente 48652 unidades, de las cuales el 52.99% corresponde a Perú y el 47.01% corresponde a Bolivia; De estas, el 95.11% son redes cortineras, de las cuales el 52.57% son utilizadas por pescadores peruanos y el 47.43% por los bolivianos. El uso de chinchorro y espinel fue de 1.42 y 1.74%, respectivamente (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

1.1.19. Características de las zonas de estudio

a) Zona de Olla – Juli

En la localidad de Olla, existe la Asociación de Pescadores Artesanales de San Pedro y San Pablo, que agrupa a 30 pescadores artesanales, de los cuales actualmente solo el 35% de pescadores artesanales se especializan en la pesca de "carachi" e "ispi" con un promedio de 02 a 80 kg, corresponde a utilidad económica de 5 a 10 soles por faena de pesca. Los "ispis" se pescan estacionalmente; el 65% de ellos están destinados al cultivo

de truchas en jaulas flotantes de 5m x 5m construidas con palos de eucalipto y redes *raschel* sin anudar con una productividad de 3 a 5 ton/año; lo cual, es una actividad rentable. La comunidad pesquera cuenta con letrinas sanitarias, electricidad, centros educativos e iglesias (Dirección Regional de la Producción Puno [DIREPRO], 2007).

En la zona de estudio de la comunidad pesquera de Olla, se localiza asociación de hábitat de plantas acuáticas que emergen en la zona litoral del lago Titicaca considerados como sustratos vegetales para reproducción de desove de las *Orestias*, relacionados con la disposición y abundancia principalmente de *Schoenoplectus tatora* "totora", *Potamogeton strictus* "mauri llachu", *Myriophyllum elatinoides* "hinojo llachu" y *Elodea potamogeton* "llachu", su distribución de plantas macrófitas es variada, con predominio de *Potamogeton strictus* "mauri llachu" y *Lemna giba* "lenteja de agua", complementada con la capa vegetal "totora" (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

El área de estudio, es considerada como zona de desove amenazada para la reproducción de los *Orestias*, por la existencia cercanía de 04 estanques de oxidación que descargan aguas residuales directamente por los residentes urbanos de Juli sin sistemas de tratamiento estables. Por ello, se beneficiaría con la construcción de colectores principales de desagüe a gravedad, estaciones de bombeo, líneas de impulsión y disposición final de aguas residuales domésticas tratadas en la comunidad de Olla - Juli, de acuerdo con la normativa ambiental implementada por el Proyecto PTAR Titicaca (Operadora Ecológica del Titicaca SAC [OPETI], 2020).

b) Zona de Chimu – Puno

La localidad de Chimu está ubicada cercano a Ojerani a 7.5 km de la ciudad de Puno, vía asfaltada Puno-Desaguadero entre las coordenadas geográficas: latitud 15°51'22.16"S y longitud 69°58'41.47"O, cuenta con la Asociación de Pescadores Artesanales Jesús de Nazareth conformada por 10 pescadores artesanales, y la Asociación de Pescadores Artesanales Chimu Central, donde 25 pescadores artesanales se dedican a la extracción de peces para consumo propio y comercialización; siendo como actividad extractiva principalmente de carachi 10-15 kg., así como de 0.5-1 kg de pejerrey con redes de tipo cortina agallera. Por otro lado, es perturbado por la escorrentía de descarga de aguas residuales por cercanía de la laguna de oxidación de Espinar, que también es la más somera. De igual manera, en la zona cercana existe la truchicultura de jaulas flotantes de

tipo artesanal construidas con palos de eucalipto de 5m x 5m con una capacidad de carga de 500 a 700 kg por jaula flotante (Dirección Regional de la Producción Puno [DIREPRO], 2007).

La zona de estudio se ubica cerca de la cabecera del río Wili como una zona de desove amenazada para su reproducción del género *Orestias* con proceso de eutrofización y contaminación, existiendo densidades de vegetación acuática como *Elodea potamogeton* "llachu" *Myriophyllum elatinoides*, *Potamogeton strictus*, *Lemna giba* y *Chara* sp, junto a otras especies como "totora" para adhesión de ovas de *Orestias* como grupo ecológico fitofílico y como zona de refugio. Asimismo, presencia de aves como *Fulica americana* "choka", *Tringa flavipis* "tiutico", *Gallinula chloropus* "tikichu", *Anas flavirostris* "pato andino" (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

c) Zona de Llachón – Capachica

La localidad de Llachón se encuentra en el distrito de Capachica a 75 km de la ciudad lacustre de Puno (del mismo se tiene solo 30 km asfaltado y el resto es camino carrozable) entre las coordenadas geográficas: Latitud 15°43'34.65"S y Longitud 69°45'25.81"O, su clima varía de templado a seco durante el día y frío por las noches con una temperatura ambiental media anual de 14°C se puede llegar en una (01) hora y 45 minutos aproximadamente y por vía lacustre usando lanchas a motor con una distancia de 50 millas aproximadamente en dos (02) horas y 45 minutos (Dirección Regional de la Producción Puno [DIREPRO], 2007; Huatuco, 2007). Existe Asociación de Pescadores Artesanales San Pedro de Llachón que alberga 46 pescadores que realizan pesquería de subsistencia con extracción promedio: pejerrey 1.5 kg/pescador, ispi 8 kg/pescador y carachi 2 kg/pescador. Utilizando el arte de pesca (red gallera) (Dirección Regional de la Producción Puno [DIREPRO], 2007).

Alrededor de la zona existe espacios dispersos, considerada como una zona limpia para desove de los *Orestias* con densidades vegetales acuáticas emergentes de *Schoenoplectus tatora* "totora", *Elodea potamogeton* "yana llacho", *Myriophyllum elatinoides* "hinojo llacho" estas especies, generalmente se localizan en la zona litoral, entre la orilla y a los 20 o 25 metros de profundidad que constituyen franjas importantes de refugio, nutrición y sitios de reproducción de especies de peces nativos (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021).

La comunidad de Llachón es considerada como una zona turística eco-vivencial; en donde los pobladores habitantes como los pescadores artesanales, alternativamente realizan artesanías como medio de lucro económico, además de otras actividades tradicionales como la agricultura, ganadería y caza como medio de sustento familiar e ingresos económicos (Huatuco, 2007).

1.2. Antecedentes

En la Universidad de Guayaquil (Ecuador), con el objetivo de determinar la prevalencia de parásitos en pescado blanco (*Brycon alburnus*) y pescado azul (*Andinoacara rivulatus*) presentes en el río Salitre, 76 peces eran “viejos azules” y 81 viejos niños. Se analizan los peces "blues". dame blanche”, encontró dos familias de parásitos con mayor prevalencia (Anisakidae y Clinostomidae), los nematodos fueron identificados como: *Contracaecum* sp T1 (larva), *Contracaecum* sp T2 (larva) y una metacercaria; *Clinostomun complanatum*, encontrado casi en su totalidad en la cavidad visceral, preferentemente en los intestinos, músculos, estómago e hígado. La especie más afectada por el parásito es el “vieja azul”, con una tasa de infección de 36.84%, 27.63% y 59.21% de los géneros *Clinostomun complanatum*, *Contracaecum* sp T1, *Contracaecum* sp T2 La infección parasitaria en ambas especies de peces fue asintomática (Villamar, 2017).

En El Salvador, en el Embalse Cerrón Grande (río Lempa), con la finalidad de observar el grado de parasitismo de helmintos en los peces comerciales, se colectaron 26 peces una vez por semana, haciendo un total de 156. Los parásitos de peces locales son: *Gyrodactylus* sp. *Dactylogyrus* sp. *Diplostomum* sp. *Crassicutis* sp., *Valipora* sp. y *Contracaecum* sp., con un total de 508 individuos y una prevalencia global del 65%. Tasas de parásitos en Mojarra 91%, tilapia 68%, istatagua 67%, guapote tigre 41% y Guapote roncador 22%. Los Trematodos monogeneos es parasitaria principalmente en Istatagua, Mojarra, Tilapia. Digeneos en Mojarra. Existe una dependencia entre el área de muestreo y las especies de peces; entre trematodos de peces monosexuales; y trematodos digeneanos con cada especie de pez. Se concluyó que, en la flora parasitaria, se encontró *Contracaecum* sp., la cual es importante para la salud pública por su capacidad de transmitir enfermedades de los animales a diferentes regiones del mundo (Lemus *et al.*, 2016).

En Colombia, en la Universidad Militar de Nueva Granada, se evaluaron parásitos en especies de peces comerciales, niveles y el tipos de contaminación en diferentes zonas de ubicación de la cuenca del río Magdalena, en 143 peces de diferentes especies capturadas

con redes y aletas, mediciones externas y pruebas realizadas en laboratorio, seguidas de disección y exploración. Los resultados mostraron que 17 individuos registraron 67 parásitos del género *Contracaecum* sp en estómago e intestinos. Se concluye que una de las causas de infestación por parásitos en peces son los cambios de factores bióticos o abióticos en el ambiente, resultado de la contaminación antrópica, donde el río Magdalena es el más afectado (Sánchez, 2014).

En México, el conocimiento actual de la fauna helmíntica que parasitan a los peces de agua continental de México, se cuenta entre los más completos en el neotrópico, lo cual ha permitido analizar los detalles de evolución e historia biogeográfica de los peces hospederos, siendo útiles para la evaluación funcional y estado de conservación de ecosistemas acuáticos. Todo parásito es introducido mediante un pez hospedero, por tanto son exóticos. Se registraron 40 especies de helmintos introducidos como peces de carpas, tilapias, truchas y lobinas; 33 de estas especies son platelmintos de la clase Monogenoidea. En su distribución geográfica, se considera como parásitos invasores, a tres monogéneos (*Cichlidogyrus sclerosus*, *Dactylogyrus extensus* y *Gyrodactylus cichlidarum*), el digéneo *Centrocestus formosanus* y el céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*, ejerciendo impactos negativos sobre sus hospederos originales y potencialmente ponen en peligro la sobrevivencia de peces silvestres nativos (Salgado & Rubio, 2014).

En España, se examinaron 565 peces de la especie *Coryphaena hippurus* L. provenientes del mediterráneo occidental (Islas Baleares) en búsqueda de parasitismo cutáneo y branquial en un total de 68 adultos. Se encontraron varias especies de copépodos parásitos como *Caligus quadratus*, *C. coryphaenae*, *C. productus*, *C. bonito* y *C. lütken* (Copepoda, Caligidae) (piojos marinos) en masas de mucus branquiales y en la cara interna del opérculo. Para establecer posibles diferencias en el parasitismo según el tamaño de los peces, los especímenes se agruparon en seis intervalos de talla; para cada uno de ellos se determinó la prevalencia, intensidad media, abundancia media y rango (Chirivella *et al.*, 2013; Martorell *et al.*, 2013).

En el municipio de San Marcos (Sucre – Colombia), en una altitud de 25 msnm se extrajeron 360 peces de 6 especies ícticas, se evaluó el grado de infestación parasitaria por nemátodos anisákidos, encontrándose que fueron *Contracaecum* sp en estado larval L3, que casi en su totalidad dentro de la cavidad visceral con pocas excepciones (hígado, intestino). Blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) tiene la mayor prevalencia (100%) y cantidad e intensidad parasitaria

igual a 15.0 ± 1.1 , Moncholo (*Hoplias malabaricus*) tiene una prevalencia de 93.33%, la Mojarra Amarilla (*Caquetaia kraussii*) y el Bagre Pintado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) una prevalencia del 95%, la Pacora (*Plagioscion magdalenae*) con 46.7% y la Doncella (*Ageneiosus caucanus*) el 23.3%. La prevalencia parasitaria encontrada está muy ligada a los hábitos alimenticios de las especies del presente estudio (Wadnipar, 2013).

En el Estado de México, se analizaron bases de datos pertenecientes a dos poblaciones naturales del pez vivíparo *Girardinichthys multiradiatus*, con datos morfométricos de los organismos, y parámetros de infestación como son carga, prevalencia, abundancia, e intensidad de infestación, se determinó que las especies parásitas más abundantes fueron *Tylodelphys* sp, *B. acheilognathi* y *Valipora campylancristrota*, los cuales afectan el peso y la talla de los peces, así como del sexo y la localidad a la que pertenecían, la metacercaria de *Tylodelphys* sp no se encuentra con la misma probabilidad en los peces de todas las tallas, edades o sexos; las hembras de San Juanico no se ven afectadas por la carga parasitaria a diferencia de las hembras y machos de Chicnahuapan que son mayormente parasitados entre más pesados y anchos Estas diferencias probablemente se deben a diferencias sexuales en la conducta sexual y al dimorfismo sexual, que es marcado en esta especie (Gómez, 2013).

En España, se realizó en las principales histopatologías branquiales e incidencia de parasitosis en dorada (*Sparus aurata*) y lubina (*Dicentrarchus labrax*) en cultivo de estanquerías controlados. Las principales alteraciones branquiales a nivel celular fueron hiperplasia, hipertrofia, incremento secreción glucoproteica, proliferación celular, entre otros. Los parásitos identificados fueron: protozoos (*Cryptocaryon irritans*, *Amyloodinium ocellatum*, *Trichodina* sp), endófitos, monogenes y epitelio. Durante el período de estudio aparecieron parásitos protozoarios, principalmente *Trichodina* sp. La presencia de *C. irritans* y *A. ocellatum* se detectó solo en las instalaciones con las mayores densidades de peces. La mayor incidencia de parasitosis fue en dorada que en lubina. El tratamiento con sulfato de cobre, resultó beneficioso para controlar o disminuir las protozoosis, más elevadas durante el verano (Sarasquete *et al.*, 2013).

En México, se evaluó la calidad ambiental del estado de Hidalgo, estudiado los helmintos parásitos de peces y su uso como agentes biológicos para la calidad del agua. En el lago Tecocomulco se han registrado dos especies de digeneos (larvas), *Posthodiplostomum* sp. y *Diplostomum* sp. en cerebro, cavidad ocular y mesenterio de dos especies de peces nativas de la región (*Chirostoma jordani* y *Girardinichthys viviparus*); un cestodo (larva), en la

vesícula biliar de *Cyprinus carpio* y *G. viviparus* y uno (adulto), *Bothriocephalus acheilognathi*, en el intestino de *C. Jordán* y *Cy. carpio*; y dos especies de monogeneos (adultos), *Actinocleidus* sp. y *Gyrodactylus* sp. en las branquias de *Cy. carpio* y *G. viviparus*. El perfil de helmintos de la Laguna de Metztlán incluye seis especies de helmintos: tres especies de la familia Digenea (larva) *Clinostomum complanatum*, género Diplostomidae. *Posthodiplostomum minimum* dos Cestoda, *Bothriocephalus acheilognathi* (adulto) y un metacestodo *Glossocercus* sp. (larva); y una especie de Nematoda *Contraecum* sp. (larva), en siete especies de peces *Abramis brama*, *Cy. carpio*, *Oreochromis niloticus*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis* y *C. jordani*. La estructura de las comunidades de los helmintos en los peces indican que, pese a que en lago de Tecocomulco se realizan actividades de turismo y agricultura, aún no está tan contaminado como otros cuerpos de agua en el estado (Monks *et al.*, 2013).

En Chile, el conocimiento de las parasitosis es de gran ayuda para el diagnóstico y control de enfermedades que afectan a principales especies de cultivo, y que pueden llegar a causar la mortalidad que se traduce en pérdidas económicas. Es por ello, que el objetivo de este estudio fue identificación y determinación de prevalencia parasitaria branquial e intestinal de las especies de peces ícticas nativas y salmónidos extraídas en la ribera sur-oeste del lago Yelcho, Región de Aysén, Chile. Las muestras capturadas provenientes de 200 individuos de peces que corresponde a las especies de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha café (*Salmo trutta*), trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), salmón del atlántico (*Salmo salar*), puye chico (*Galaxias maculatus*) y peladilla (*Aplochiton zebra*). El 100% de branquias fueron negativos a la presencia de parásitos, en intestinos se tuvo el 1.5% de parasitismo. La fauna de endoparásitos eumatozoos fueron especies adultas macho y hembra de *Acanthocephalus tumescens* 1% y *Acanthocephalus* sp. 0.5%, presentes en *O. mykiss* y *S. trutta*, encontrados en el punto de muestreo 3 (Cardemil, 2012).

En Guatemala, de 110 muestras de pescado blanco (*Petenia splendida*) del lago Petén Itzá, ninguna presentó helmintos gastrointestinales. La ausencia de helmintos en las muestras estudiadas puede deberse a que los lagos pertenecen a cuencas interiores, cuerpos de agua que no tienen salida y se acumulan allí. En este caso, el agua que llega al lago sólo proviene de las lluvias, escorrentías superficiales y manantiales que afloran en su interior. Esta población no está expuesta a fuentes potenciales de infestación por parásitos. Mis resultados pueden sugerir que el área muestreada del lago Petén Itzá no tiene las características ideales para completar el ciclo de los helmintos gastrointestinales (Penados, 2011).

En Babahoyo (Ecuador), se examinó un total de 120 ejemplares de peces dulceacuícolas divididos en 8 géneros y 8 especies, en ellos se describieron nematodos de dos familias, Anisakidae (*Contracaecum* sp.), larvas y Camallanidae (*Camallanus* sp. y *Procamallanus* sp.), hembras adultas. La diversidad de 0.30 bits se obtiene con el índice de Shannon, mientras que Índice de Brillouin 0.26 bits, índice de acciones de Pielou 0.19, índice de dominancia de Brillouin 0.17 e índice de Simpson 0.90. Los peces que tienen ascárides dentro de su cuerpo son: *Brycon dentex*, *Hoplias microlepis*, *Leporinus ecuadoriensis*, *Aequidens rivulatus* y *Rhamdia cinerascens*. La especie con mayor número de ascárides en su organismo es *Brycon dentex*. *Contracaecum* sp. fue la especie con mayor abundancia, prevalencia media e intensidad media en los tres ríos muestreados durante esta investigación (Santos, 2011).

En México, se determinaron especies de parásitos presentes en cuatro peces (*Oreochromis niloticus* gris, *Oreochromis niloticus* rosa, *Oreochromis mossambicus* y Pargo UNAM), en ellos se encontraron tres especies de parásitos: *Cichlidogyrus sclerosus*, que fue el más abundante, *Cichlidogyrus dossoui* y *Scutogyrus* sp. La intensidad de infestación incrementó durante los meses de períodos fríos y disminuyó durante los meses cálidos, por lo que la temperatura del agua es el factor determinante en los cambios estacionales en la intensidad de la infestación en los cuatro grupos genéticos de peces, al crecer presentaron menos parásitos lo cual puede estar explicado por un proceso inmune adquirido a lo largo del tiempo. Se sugiere que se realicen más estudios de dinámica poblacional como los realizados en este trabajo acerca de los parásitos que afectan a otras especies de peces cultivados, así como estudiar los procesos inmunes de peces de importancia comercial (Aguirre, 2009).

En México, se realizó un examen de parasitosis del pez tiro *Goodea atripinnis* en cuatro zonas específicos del lago de Pátzcuaro Michoacán: Punta Santiago, Jarácuaro, Ucasanastacua y Santa Fe. La recolección de ejemplares de peces se realizó mediante una red de tipo chinchorro de 30 m por 2 m y abertura de malla de 0.5 cm, con la que se colectaron un total de 68 peces. Se realizó una revisión externa e interna de los organismos que permitió cuantificar e identificar los helmintos presentes. Se encontraron un total de seis especies de helmintos, pertenecientes a cuatro grupos: nemátodos, tremátodos, cestodos e hirudíneos. De acuerdo al total de hospederos estudiados, la abundancia de *Posthodiplostomum minimum* en su forma de metacercaria representa el parásito que ataca en mayor cantidad al tiro *G. atripinnis*, y en forma secundaria el adulto de *Rhabdochona lichtenfelsi* (Antonio *et al.*, 2009).

En el Complejo Cenagoso de Caimito Sucre (Colombia), distintas especies de peces y aves que fueron recolectadas para establecer el nivel de infestación parasitaria por nemátodos anisákidos, y su relación con el estado de salud, nivel trófico y condiciones ambientales de las ciénagas. La prevalencia por nemátodos en las especies ícticas fue del 79.62% siendo mayor durante la época seca (82.10%) que en la lluviosa (75.55%). En promedio, la intensidad parasitaria por nemátodos en los peces fue del 13.30 ± 2.88 , con valores mayores en las especies *Sternopygus macrurus* (Mayupa) 36.00 ± 6.10 ; *Hoplias malabaricus* (Moncholo) 21.00 ± 2.70 ; *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Bagre) 16.82 ± 1.89 ; *Rhamdia sebae* (Liso) 16.14 ± 1.95 y *Surubium cuspicaudus* (Blanquillo) 15.00 ± 1.40 ; y ausencia de parásitos en *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), lo que probablemente está relacionado con los hábitos alimenticios de los peces. Los mayores índices de contaminación de las ciénagas estuvieron asociados con el contenido de materia orgánica y eutrofización lo que afecta el estado de salud de los peces (Consuegra, 2009).

En Santander (Colombia), en la ciudad de Rionegro, se evaluó la presencia de parasitismo en mojarra roja (*Oreochromis sp.*) y cachama (*Piaractus brachypomus*) para enfermedades de etiología incierta que causan muerte y pérdidas económicas a la producción. El objetivo del estudio fue confirmar histopatológicamente la presencia de parásitos en cachama roja y mojarra. En las cachamas, las lesiones son congestión branquial, hígado amarillo pálido, estómago congestivo y obstrucción intestinal. Se puede analizar que las mojarras roja en el estanque 1, con respecto al estanque 2, las bajas de temperaturas y la baja turbidez en el agua aumentan la presencia de parasitismo y se asocian las lesiones macroscópicas en branquias a la presencia de parásitos y las otras lesiones se atribuyen a problemas bacterianos y nutricionales (Carrillo *et al.*, 2007).

En México, la tenia (*Bothriocephalus acheilognathi*) fue introducida desde su huésped (*Ctenopharyngodon idella*) de China. El objetivo del estudio fue determinar la presencia de *B. acheilognathi* en peces de agua dulce del río Metztitlán y laguna Metztitlán. Esta señal se registró por primera vez en el río Metztitlán y la laguna de la reserva de la biosfera *Barranca de Metztitlán*. *Astyanax mexicanus* y *Abramis brama* se consideran nuevos perfiles de hospedador para este cestodo. Los valores más altos de infestación se presentan en *Chirostoma jordani*, en tanto que los valores más bajos en *Astyanax mexicanus* y *Cyprinus carpio* (Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005).

En Argentina, el objetivo fue identificar las características de las comunidades de peces que están en constante cambio con el deterioro de la calidad del agua y analizar los factores físico-químicos que afectan a las especies y comunidades de peces que han cambiado con la degradación del flujo de agua, simplificando la estructura. y pocas especies tienen las condiciones de crecimiento que les permiten establecerse en áreas degradadas. En Chacra de la Merced, la zona de muestreo más contaminada, la disminución de los valores de diversidad y abundancia fue muy pronunciada y en algunos muestreos no se capturaron individuos. Las propiedades mencionadas anteriormente para las áreas de muestreo están significativamente relacionadas con los parámetros físico-químicos, con excepción de la temperatura y el pH. Se observó que las distintas especies variaron su abundancia en respuesta a los cambios de los factores físico-químicos registrados (Bistoni *et al.*, 1999).

En Colombia, se colectaron 105 tilapias de la laguna de Amela, Tecomán, Colima, pertenecientes a las especies *Oreochromis aureus* y *Oreochromis mossambicus* en cinco muestreos con el objetivo fue determinar identificación de parásitos y la descripción de alteraciones histológicas que producen a las tilapias. Se determinó que en 3 (3%) tilapias se localizaron 53 metacercarias de *Clinostomum complanatum* enquistadas en la epidermis y en la aleta dorsal, ocasionando una dermatitis eosinofílica moderada. En los globos oculares, en humor vítreo y acuoso, de 58 (55%) tilapias se colectaron 227 metacercarias de *Diplostomum A. compactum*, que causaron lesiones a nivel de ojo conjuntiva, así como neuritis óptica e iridociclitis eosinofílica, uveítis anterior y posterior, y cataratas. Se colectaron 6 trematodos adultos del género *Saccocoelioides* sp del intestino anterior de 4 (4%) tilapias, lo que produjo alteraciones histológicas de hiperplasia de células calciformes, necrosis e infiltrado inflamatorio eosinofílico (Luis *et al.*, 1993).

En la región del lago Titicaca de Bolivia, la tasa de parasitismo de *Ligula intestinalis* en *O. ispi*, presentada en 7% en Chua Cocani (Lago Menor) y Kalaque (Lago Mayor) fue de 3%, sin diferencia significativa. El desarrollo morfológico de los peces parásitos entre las dos localidades, sin embargo, los plerocercarios de Chua Cocani alcanzaron longitudes mayores que los plerocercarios de Kalaque, no se estableció la relación entre el tamaño total de los plerocercarios y la longitud estándar de los peces parasitados y se relacionaría con la disponibilidad del zooplancton (Bocángel & Larrea, 1999).

Estudios parasitológicos realizados en la ciudad de La Paz, de *Orestias* del lago Titicaca, provenientes de mercados locales, realizados con autopsia de cráneo y ventrículos de

Orestias, concluyeron que el grupo de hembras de *Orestias* presentó menor carga parasitaria en comparación con el grupo de machos de *Orestias*, lo que indica la tasa de parasitismo de *Diplostomum* sp. en *Orestias* es al 100% (Aguilar *et al.*, 2020).

En Iquitos (Perú) en la Universidad Nacional de la Amazonía Perú (UNAP), el objetivo fue identificar índices clave de parasitismo en juveniles de *Arapaima gigas* y evaluar cambios en factores ambientales acuáticos en el tanque de desove, se obtuvieron y analizaron 20 muestras con peso y longitud promedio de 96.80 g y 24.57 cm del estanque espejo de 132 m de la piscicultura UNAP Quistococha. Los resultados mostraron que los peces probados tenían el ectoparásito *Dawetrema cycloancistrum*, 100% de infección monoica, intensidad de 38 a 1254, intensidad promedio igual al nivel de abundancia promedio de 377.8 y tenían 7556 parásitos ubicados en las fibras branquiales. Los factores ambientales registraron variaciones de temperatura media del agua de 27.61 ± 0.86 °C, oxígeno disuelto de 2.92 ± 0.39 mg/L, pH 6.04 ± 0.15 y CO₂ 16.28 ± 3.77 mg/L, no existiendo relación entre variables (Luis *et al.*, 1993).

En el lago Titicaca diciembre de 1981, una epidemia causada por el parásito *Ichthyophthirius multifiliis* mató un estimado de 18 millones de “killifish” del género *Orestias* en el Lago Titicaca (Perú–Bolivia), de los peces muertos colectados un 93% fueron adultos de *O. agassii* especie de importancia comercial, y abundante en la zona litoral, Juveniles de *Orestias* sp., especies pelágicas, y otros peces de la zona literal no fueron afectados notoriamente, evidencia limitada sugiere que *I. multifiliis* fue introducido en la cuenca junto con peces exóticos en los años 1940–1950 (Wurtsbaugh & Tapia, 1988).

En los peces del lago Titicaca (Perú), se encuentra frente a *Diplostomum mordax* en la cavidad craneal de *Orestias agassii*, *Orestias olivaceus*, *Orestias luteus* y *Basilichthys bonariensis*. No se introdujeron metacercarias en *Oncorhynchus mykiss* en el lago en 1939 y 1940. Se observó compresión del tejido neural dentro y sobre la superficie del cerebro en todos los peces infectados. La migración de la metacercaria al cerebro y el cerebelo del pez huésped provoca hemorragia, necrosis celular, inflamación, formación de fibrina y ruptura de las fibras nerviosas. tener *D. mordax* en *B. bonariensis* y 3 especies de *Orestias* hacen un nuevo registro para el huésped. Las infecciones del cerebro y el cerebelo agregan nueva información sobre la ubicación específica del parásito (Heckmann, 1992).

En Puno (Perú), se estudiaron 43 peces autóctonos del lago Titicaca, identificándose 4 especies pertenecientes al género *Orestias*. Encontrándose la presencia de *Ichthyophthirius*

multifiliis, agente causante de ichthyophthiriasis o enfermedad de punto blanco; en el 13.95% de los peces estudiados. Las especies afectadas fueron: *O. luteus*, *O. agassii* y *O. mulleri*; a pesar de haber sido obtenidos en el mismo muestreo *O. ispi* no resultó afectado por el parásito. La morfología externa clásica de *I. multifiliis* (cilios y macronúcleo), se pudo observar nítidamente al microscopio, en parásitos extraídos de piel y aletas. El tamaño promedio de los parásitos encontrados fue de $259.98 \pm 39.01 \mu\text{m}$ por $256.7 \pm 41.028 \mu\text{m}$ (Peña & Tisnado, 2006).

En la laguna Umayo y bahía de Capachica del lago Titicaca, endoparásitos en las especies *Orestias agassii* y *Orestias luteus*, se determinó una mayor frecuencia de parasitismo en la zona de Umayo con 36.54% que de la Bahía de Capachica con 32.05%, para *Orestias luteus* presento un 44.55% y *Orestias agassii* 24.04% de parasitismo, además se determinó a las especies parasitarias como a *Diplostomum mordax* 94.21%, *Hedruris orestiae* 31.21%, *Ligula intestinalis* 0.38% y *Ichthyophthirius multifiliis* 0.71% y con una frecuencia de parasitismo en relación al sexo en ambas zonas fue: Machos 36.86% y hembras 31.73% (López, 2013).

En la laguna Umayo, se determinó la prevalencia de infección parasitaria en las especies *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias sillustani*, en la que la prevalencia general de parasitismo fue de 39.33%, para *Orestias luteus* de 22.67%, *Orestias agassii* 10.33% y *Orestias sillustani* 6.33%, demostrando una mayor prevalencia de parasitosis en *O. luteus*. Identificando a *Hedruris orestiae* (esófago e intestinos), *Diplostomum mordax* (cavidad craneana), *Ligula intestinalis* (cavidad visceral) y *Ichthyophthirius multifiliis* (en branquias y piel), además la presencia de parasitosis en machos fue de 58.47% comparando con las hembras 41.53%. además, se vio la prevalencia de parasitismo según órganos, en la que el 6.78% fue en el esófago en intestinos, 83.90% en la cavidad craneana, 5.08% en la cavidad visceral y 4.24% en branquias y piel, siendo la cavidad craneana el órgano más parasitado (Ticona, 2013).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

El Titicaca, siendo un lago misterioso y navegable más alto del mundo, donde la actividad de pesquería artesanal, constituye una alternativa de trabajo permanente y de gran importancia socioeconómica para el sector de los pobladores circunlacustres peruano-bolivianos, pese a la clara evidencia de la notable disminución de los recursos pesqueros expresados en la disminución de los volúmenes de extracción; quienes, obtienen con ello alimentos rico en proteínas; sin embargo, están expuestas a una serie de problemas como la contaminación, el cambio climático y excesos de capturas de peces entre otros factores ambientales que restringen la mejora de una actividad pesquera sostenible y respetuosa con la preservación y conservación de la biodiversidad.

Asimismo, el lago Titicaca alberga especies de peces del género *Orestias*, como el carachi amarillo (*O. luteus*), carachi gris (*O. agassii*) e ispi (*O. ispi*) entre otras especies de peces nativos e introducidos; los cuales, están expuestas a diversos factores como los organismos parásitos de protozoos y metazoos, que disminuirían su crecimiento, su reproducción, su población, ya que las causas de infestación parasitaria constituyen cambios de factores biológicos en el ambiente acuático, tal como sucedió en diciembre de 1981 el parásito protozoo *Ichtyophthirius multifiliis*, causó la muerte de 18 millones de *Orestias* spp. (Wurtsbaugh & Tapia, 1988). Asimismo, el 10 de marzo del 2013 apareció mortandad de peces en la bahía interior de Puno en el sector de Vallecito, localidad de Chimu (distrito y provincia de Puno), donde un equipo de profesionales de Laboratorio Continental del Instituto del Mar del Perú [IMARPE]-Puno, estimaron la magnitud de la mortandad que correspondió a *O. agassii* (carachi gris), seguida de *O. luteus* (carachi amarillo), *Odontesthes bonariensis* (pejerrey) y *Trichomycterus dispar* (mauri) entre juveniles y adultos la cantidad

de 119,400 ejemplares que representa 2.34 toneladas y según el estudio histopatológico de peces pudiera estar provocando el parásito *Trichodina* sp. encontrados en las branquias; así también los Biólogos de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, participaron y establecieron que las agallas de “carachis” presentaron puntos blanco-amarillentos, secreción mucosa y lesiones morfológicas, que indicaron la presencia de un protozooario parásito, a causa principalmente de la inversión térmica y la contaminación por las aguas no tratadas provenientes de la zona urbana de Puno, procedentes de la laguna de oxidación de Espinar, constituyéndose en una grave amenaza para las especies ícticas como para el ecosistema del lago Titicaca.

Por tales motivos ante los sucesos de mortandad y parasitosis en especies ícticas nativas y la limitada información con referencia si la calidad de agua del lago Titicaca influye en la prevalencia de parasitosis de peces del género *Orestias*, es que se plantea la presente investigación, se formuló las siguientes preguntas de investigación:

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál será la parasitosis de *Orestias* de mayor importancia socioeconómica en correlación con los factores fisicoquímicos y bacteriológicos del lago Titicaca?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué valores presentarán los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de los cuerpos de agua en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón (distrito Capachica)?
- ¿Qué especies parásitas presentarán *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi* colectados en las localidades de muestreo?
- ¿Existirá correlación entre los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua de las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón (distrito Capachica) y la infestación parasitaria del género *Orestias* en el lago Titicaca?

2.3. Justificación

La parasitología de los peces, es un tema poco investigado en especies ícticas nativas presentes en el lago Titicaca, donde los helmintos, entre ellos los platelmintos (tremátodos y céstodos) y los nematelmintos agrupan el principal grupo de parásitos causantes de parasitismos en peces, tanto en el medio natural como en condiciones de cultivo controlado, entre los parásitos mencionados en especies de peces nativos del lago Titicaca, se mencionan a *Diplostomum mordax*, *Hedruris orestiae*, *Ligula simplisima*, *Ichthyophthirius multifiliis*, entre otros parásitos; los cuales, han sido reportados en peces de los géneros *Orestias*, *Trichomycterus*, *Odontesthes* y *Oncorhynchus*, que presentaron las siguientes manifestaciones clínicas: movimientos letárgicos y pérdida del apetito, pérdida del equilibrio, natación en dirección vertical o en espiral, dificultad para respirar, secreción excesiva de mucosidad que hace que el pez se vea opaco, color anormal, piel desgastada o aletas, branquias agrandadas, desgastadas o pálidas, abdomen hinchado, a veces lleno de líquido o sangre, ano hinchado y enrojecido.

Las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito de Puno) y Llachón (distrito Capachica), se constituyen en tres zonas de evaluación, debido a que están consideradas como puntos de captura y extracción importante de los peces nativos del lago Titicaca a estudiar en la investigación (*O. luteus*, *O. agassii* y *O. ispi*); asimismo, fueron elegidas debido a la diferencia probable en su calidad de agua y la presencia de aguas residuales de la ciudad de Juli que son vertidas en forma directa en la localidad de Olla (distrito Juli, provincia Chucuito), la localidad de Chimu (distrito y provincia de Puno) que poseen influencia de las aguas residuales producidas por la ciudad de Puno, y una zona control con probable ausencia de contaminación, como lo consideramos a la localidad de Llachón ubicado en el distrito de Capachica (provincia Puno).

Los estudios parasitológicos se deben de realizar constantemente porque originan efectos negativos sobre los peces, ya que reducen su valor comercial, afectando notoriamente en la economía de los usuarios (pescadores) del lago; asimismo, limitan sus poblaciones o producen mortandades en masa. La mortandad de los peces, por causa de agentes de infestación parasitaria; también por los factores fisicoquímicos, biológicos o de manejo técnico. En tal sentido, con el conocimiento del parasitismo en peces del género *Orestias* en el ecosistema acuático del Titicaca, se contará con datos sobre parasitismo de peces nativos y así proponer medidas de control de las enfermedades parasitarias, y deslindar si la

variación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua influyen en la frecuencia de infestaciones parasitarias en peces del género *Orestias*, con la finalidad de prevenir las mortandades masivas traducibles en importantes pérdidas económicas.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Determinar la parasitosis de *Orestias* de mayor importancia socioeconómica en correlación con los factores fisicoquímicos y bacteriológicos del lago Titicaca.

2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón (distrito Capachica).
- Determinar las especies parasitarias en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*.
- Evaluar la correlación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua con la infestación parasitaria en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

Existe una correlación entre los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con la infestación parasitaria de *Orestias* sp en tres zonas del lago Titicaca.

2.5.2. Hipótesis Específicas

- Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas de las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón (distrito Capachica) sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).
- Las especies parásitas en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*, varía según la especie de *Orestias* en las zonas de muestreo del lago Titicaca.
- Si los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua de las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón



(distrito Capachica) del lago Titicaca superan los ECAs, entonces mayor será la infestación parasitaria de *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El ámbito de estudio, estuvo conformado por tres zonas distribuidas en las localidades, de Olla, el cual está ubicado en la provincia de Chucuito, al sur de la Región Puno; Chimu, que se encuentra en el distrito de Puno y Llachón en el distrito de Capachica, provincia de Puno (Figura 10). Estas localidades se ubican a orillas del lago Titicaca y comprendidas geográficamente entre los $15^{\circ}13'19''$ – $16^{\circ}35'37''$ de latitud sur y $68^{\circ}33'36''$ – $70^{\circ}02'13''$ de longitud oeste y una altitud de 3810 msnm.

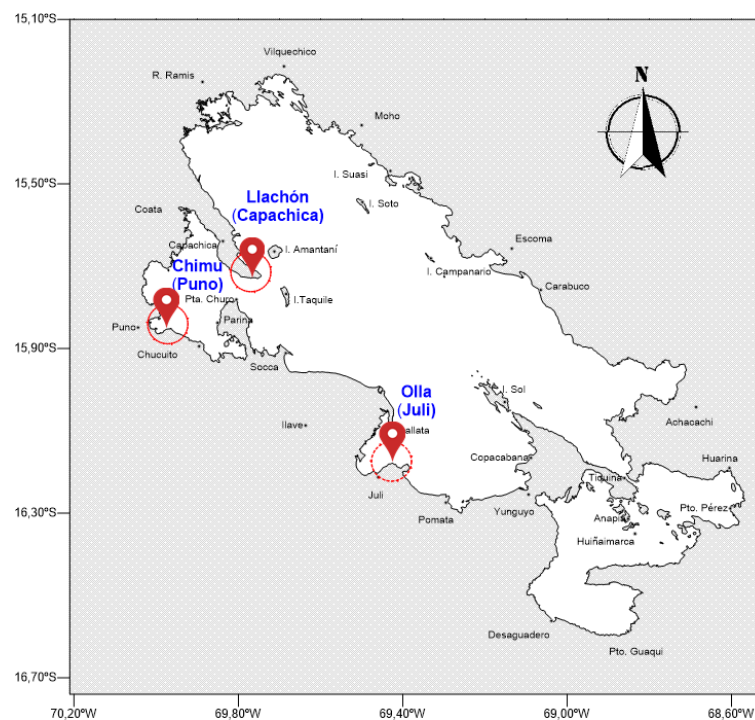


Figura 10. Localidades de estudio ubicado en la zona de Olla (Juli), Chimu (Puno), Llachón (Capachica).

3.2. Población

El estudio comprende una población de tipo infinita para el caso de las variables dependientes que fue los peces del género *Orestias* y las tres especies: *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*. Además, se consideró para la variable independiente las aguas de las tres zonas: Olla, Chimu y Llachón, en las cuales se realizaron las evaluaciones en los tres meses.

3.3. Muestra

El número de muestras de agua de las zonas de estudio se realizó por muestreo no probabilístico por conveniencia. Así, se tomaron 27 muestras de agua, se distribuyeron en 03 puntos de muestreo mensuales de cada localidad y se evaluaron (Tabla 5).

Tabla 5

Distribución de muestras de agua a evaluar en la investigación.

Meses de muestreo año 2019	Localidades de muestreo			Total
	Olla	Chimu	Llachón	
Enero	3	3	3	9
Febrero	3	3	3	9
Marzo	3	3	3	9
Total	9	9	9	27

Con respecto al tamaño de muestra de peces, en razón de que es una población infinita, el tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente ecuación matemática para población infinita (Spiegel, 2009).

Para un nivel de confianza del 95%, el tamaño de muestra calculada fue:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{i^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

Z = valor a la distribución de Gauss

p = prevalencia esperada

q = diferencia de la prevalencia esperada

i = error que provee cometer (0.05)

Las muestras biológicas recolectadas fueron de 420 ejemplares de *Orestias* adultos; de las cuales, 204 de *Orestias luteus*, 111 de *Orestias agassii* y 105 de *Orestias ispi* que son distribuidos por meses y zonas (localidades) de muestreo (Tabla 6).

Tabla 6

Distribución de muestras de peces por zonas y meses de muestreo.

Meses de muestreo año 2019	Localidades de muestreo			Total
	Olla	Chimu	Llachón	
Enero	35	35	70	140
Febrero	35	35	70	140
Marzo	35	35	70	140

3.4. Métodos de investigación

La investigación fue de carácter descriptivo y analítico, con toma de datos en tres zonas diferentes (localidades). Se usó el método cuantitativo, realizado en campo y en laboratorio, que se fundamenta en el uso de procesos deductivos y una relación vinculante que sustenten el respaldo de la demostración de las hipótesis.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica)

a. Descripción de variables analizadas

La toma de muestras de agua “*in situ*” en las localidades de Olla (distrito de Juli), Chimu (distrito de Puno), Llachón (distrito de Capachica), según de uso referencial los procedimientos de Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016) los parámetros de análisis físico químico y bacteriológico. Las muestras fueron remitidas y procesadas en el laboratorio de la Empresa Aseguradora de la Calidad y Tecnología Industrial S.A.C., como una prestación de servicios, siendo especificado en el anexo.

b. Determinación de temperatura

Se utilizó el método termométrico “*in situ*” que consistió en la medición de la temperatura del agua realizada mediante un termómetro digital de punta flexible; la medición se hizo a 30 m de la orilla, donde se introdujo la sonda del termómetro hasta los 10 cm de profundidad durante 30 segundos, una vez transcurrido ese tiempo se hizo la lectura de la temperatura (APHA, 2005).

c. Determinación de oxígeno disuelto

Se utilizó el método yodométrico o winkler, basada en una reacción química mediante la adición de una solución de manganeso a la muestra que se va a analizar; después de tratarla con una base de yoduro, el manganeso reacciona con el oxígeno para formar un precipitado de manganeso y oxígeno, luego se trata la solución con ácido, que disuelve el compuesto de oxígeno y manganeso y forma una cantidad proporcional de yodo libre (proporcional al oxígeno disuelto en la muestra), después se determina la cantidad de yodo en la solución titulando con una solución estandarizada de tiosulfato hasta que todo el yodo libre es transformado en yoduro. Se usa almidón como indicador el cual se torna púrpura en presencia de yodo, pero es incoloro en contacto con yoduro. El color del almidón es el indicador de que todo el yodo se convirtió en yoduro. La cantidad de tiosulfato usado en la titulación es proporcional al yoduro, que es proporcional al oxígeno disuelto, se calcula determinando la cantidad de tiosulfato consumido en la titulación. (Martínez & Pachés, 2018; Sáez *et al.*, 2017)

d. Determinación de pH

Se utilizó el método del pH metro que consiste en la medición del potencial de hidrógeno se realizó mediante un medidor digital de electrodo de sonda que mide la acidez o la alcalinidad de una solución, utilizando correctamente las instrucciones detalladas para su operación (APHA, 2005; Miranda, 2012; Pérez & Fraga, 1985).

e. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno

El método del dicromato utilizado se basa en una reacción de oxidación con agua utilizando dicromato de potasio como agente oxidante en presencia de ácido sulfúrico e iones de plata como catalizador. La muestra se sometió a reflujo durante dos horas

a 150 °C. A continuación, se evaluó la cantidad de dicromato sin reaccionar mediante valoración con solución de hierro (II). La demanda química de oxígeno (DQO) se calcula a partir de la diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato encontrado después de la oxidación.

Incubación: Se incubará a 20 ± 1 °C las botellas de DBO₅ que contengan las muestras con las diluciones deseadas, y los controles.

Cálculos: Cuando el agua de dilución ha sido inoculada se aplicará la siguiente fórmula:

$$DBO (mg/L) = \frac{(D1 - D2) - (B1 - B2)f}{P}$$

Donde:

D1 = OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación (mg/L).

D2 = OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C (mg/L).

P = fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

B1 = OD del control de simiente antes de la incubación (mg/L).

B2 = OD del control de simiente después de la incubación (mg/L).

f = proporción de la simiente en la muestra diluida con respecto a la del control de simiente = (% de simiente en la muestra diluida) / (% de simiente en el control de simiente)

(APHA, 2005; Ordóñez, 2006).

f. Determinación de fósforo total

El método espectrofotométrico se usa para medir el contenido de fósforo como fosfato disuelto en la muestra de agua y se aplica la adición estándar para eliminar la interferencia con otros compuestos; Este método se basa en la formación de poliácidos heterogéneos con reactivos vanado-molíblicos cuya absorbancia de luz se mide a 420 nm. Cuando la muestra tuvo un pH mayor a 10 unidades, se agregó una gota de fenolftaleína a 50.0 mL de la muestra y hasta eliminar el color rosado con solución de ácido clorhídrico (1:1), antes de diluir a 100 mL. Elimine el exceso de color en las muestras de prueba agregando 200 mg de carbón activado a una muestra de 50 mL en un matraz Erlenmeyer y agitando durante 5 minutos, luego filtre para

eliminar el carbón activado. Se introdujo una cantidad de 0.05 a 1.0 mg de fósforo en un matraz aforado de 50 mL. Se añadió 10 mL de la disolución reactivo vanado-molibdato y se diluyó hasta la marca con agua. Se preparará un tratamiento control o blanco usando una cantidad de agua equivalente a la alícuota de la muestra. Después de 10 minutos o más, se mide la absorbancia de una muestra contra un tratamiento control o blanco a una longitud de onda de 400 nm a 490 nm. (APHA, 2005; Severiche *et al.*, 2013)

g. Determinación de nitratos

Se utilizó el método de ión selectivo, para la cual se obtiene directamente de la curva de calibración la concentración de nitratos en la muestra en el caso de ninguna dilución, luego de preparar la curva de calibración del nitrato, se transfirió 10 mL de muestra a un vaso de 50 mL, se añadió 10 mL de solución tampón y se agitó, se mide los patrones y las muestras a la misma temperatura, se introdujo los extremos de los electrodos en la muestra y registrar la lectura de potencial cuando se estabilizó para la lectura de la concentración a partir de la curva de calibrado (APHA, 2005; Cabrera *et al.*, 2003).

h. Determinación de coliformes termotolerantes

Se utilizó el método número más probable (NMP) o tubos múltiples, son grupo de coliformes gram negativas no esporuladas que son capaces de fermentar lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 ± 0.2 °C en 24 horas, el género representativo predominante es *Escherichia*, algunos tipos de bacterias *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, por su capacidad de producir indol a partir de triptófano o por la producción de las enzimas *B*-galactosa y *B*-glucuronidasa (APHA, 2005; Morales, 2015).

i. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se realizó una estadística de tipo descriptiva de los datos. Adicionalmente, se aplicó medidas de tendencia central: Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (Pereira, 1989).

3.5.2. Determinación de las especies parasitarias en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*

a. Toma de muestras

Las muestras biológicas recolectadas de *Orestias* fueron ejemplares adultos, seleccionados según criterios de la tabla 3, acopiados de los colaboradores de pescadores artesanales que utilizaron embarcación (bote) propulsadas a remo de las zonas de muestreo con criterio de captura semanal, con redes de pesca de tipo cortina o agallera de 116 m de longitud y 0,46 m de altura, con un promedio de 14.5 redes (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT], 2021). Las tallas mínimas de captura (TMC) para *Orestias luteus* “carachi amarillo” fue de 11-12 cm con redes de malla 48.6 mm, *Orestias agassii* “carachi gris tamaño de captura fue 11-12 cm con redes de 39.1 mm y *Orestias ispi* “ispi” de 6-6.3 cm con redes 15.3 mm (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2010).

Para la identificación de los endo y ectoparásitos de *Orestias*, se ejecutó en el laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA Puno.

b. Procedimiento de laboratorio para ectoparásitos

Para el estudio de los ectoparásitos, se efectuó un raspado de la superficie corporal, aletas y opérculos branquiales de las *Orestias*; se colocó en la placa de Petri para ser observados en el estereomicroscopio (García-Ruiz *et al.*, 2013). Para el examen a nivel de branquias, se individualizó las muestras y se colocaron en placas de Petri con agua destilada y solución salina fisiológica (SSF), luego se observó en el microscopio estereoscopio de 10x (Scholz & Kuchta, 2005; Tafur & Cotrina, 2017).

c. Procedimiento de laboratorio para endoparásitos

Para el estudio de los endoparásitos, el pez fue colocado sobre una bandeja de disección, realizando un corte longitudinal con una tijera en la línea ventral del pez, desde la región anal hasta las branquias; fueron necesarios realizar cortes transversales de la pared del cuerpo con el objeto de exponer totalmente las vísceras y órganos (Tafur & Cotrina, 2017). Además, se analizó la cavidad visceral y torácico, el peritoneo, la superficie del hígado, corazón, intestinos, páncreas, riñón y gónadas a simple vista o con la ayuda de una lupa, luego se extrajo totalmente las vísceras con

la ayuda de pinzas y tijeras, para ser colocado en una bandeja con agua destilada. Seguidamente, los órganos se separaron cuidadosamente y se colocaron aisladamente en placas de Petri. Se observaron los siguientes órganos y estructuras: cerebro, ojos, hígado, riñón, estómago, intestino y ciego pilóricos colocando en placas de Petri con agua destilada y solución fisiológica (SSF) empleando el microscopio estereoscopio de 10x (Tafur & Cotrina, 2017).

d. Identificación de parásitos

La identificación de los parásitos se realizó con la ayuda de las claves de clasificación empleada del Commonwealth Institute of Helminthology (Gran Bretaña) de nemátodos parásitos del hombre y de los animales en el Perú (Sarmiento, Tantaleán, & Huiza, 1999; Tantaleán, 1994). Asimismo, de investigación sobre el género *Hedruris* sobre una nueva especie *Hedruris orestiae* Moniez 1889 (Ibañez & Cordova, 1976). Deformación craneal en un pez como resultado del parasitismo intracraneal por metacercarias estrigeidas (Müller, 1972). Registros de hospedantes y ubicaciones de tejidos para *Diplostomum mordax* (Metacercariae) que habitan en la cavidad craneal de peces del lago Titicaca, Perú (Heckmann, 1992).

e. Análisis estadístico

Los datos obtenidos del nivel de parasitismo de los peces de *Orestias*, se analizó mediante una estadística de tipo descriptiva de los datos. Adicionalmente, se aplicó medidas de tendencia central: máxima, mínima, varianza, desviación típica. Asimismo, se determinó la variación porcentual del entre el valor mínimo o valor último año con respecto al valor máximo observado en la serie (Pereira, 1989). Asu vez fueron sujetos a un análisis de Chi-cuadrado de Pearson de *Orestias* con la cantidad de parásitos registrados

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$$

Donde:

O_i: Valor observado

E_i: Valor esperado

(Mendivelso & Rodríguez, 2018).

3.5.3. Evaluación de la correlación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua con la infestación parasitaria en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*

a. Descripción de variables analizadas

Para evaluar la asociación de la infestación parasitaria en individuos de *Orestias*, con los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua de las localidades (zonas de muestreo) se usó el coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación.

n = Número de pares ordenados.

x = Variable independiente.

y = Variable dependiente.

(Lalinde *et al.*, 2018).

Tabla 7

Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson

Rango de valores de r_{xy}	Interpretación
$0.00 \leq r_{xy} < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r_{xy} < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r_{xy} < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r_{xy} < 1.00$	Correlación fuerte

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica)

Las muestras de aguas fueron obtenidas de las localidades de Olla, Chimu y Llachón en los meses de enero, febrero y marzo del 2019 según de uso referencial los procedimientos de Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2016) en concordancia con la Resolución Ministerial N° 290-2015-PRODUCE que indica para la actividad de consumo humano indirecto, se realizará (01) mensual y Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en la Categoría 2 y Subcategoría C4, dichas muestras fueron procesados en el laboratorio de la Empresa Aseguradora de la Calidad y Tecnología Industrial S.A.C., cuyos métodos están basados en el análisis instrumental regulado por los métodos de referencia (APHA, 2012).

4.1.1. Temperatura

En la tabla 8 se observa la temperatura registrada en los nueve puntos de muestreo; donde la temperatura media de las localidades de Olla (distrito de Juli) fue 15.43 °C (14.15 – 16.45 °C), de Chimu (distrito de Puno) fue 16.92°C (15.400 – 18.420 °C) y de Llachón (distrito de Capachica) fue 15.30 °C (14.80 – 15.70 °C). con coeficientes de variación que oscilaron entre 2.55% y 8.88%, los cuales indican que los resultados en los puntos de muestreo presentan bajos niveles de dispersión. Es decir que la variable temperatura influye sobre otras variables como la concentración de oxígeno disuelto, cambio en la composición de nitratos y fosfatos, velocidad del reciclado de materia orgánica, entre otros (Callisto &

Esteves, 1996; Claude & Oporto, 2000 y Mariano *et al.*, 2010), así también las temperaturas altas favorecen la presencia de coliformes fecales, que pueden desarrollarse en temperaturas de 7 a 45 °C (Manjarrez *et al.*, 2019), por lo que los valores de temperatura en los lugares evaluados serían un factor limitante para el oxígeno disuelto como los coliformes fecales.

Tabla 8

Valores de concentración de los niveles de temperatura (°C) a nivel superficial de columna de agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	14.15	14.21	15.10	15.40	15.47	15.53	14.80	14.89	14.92	Δ 3	+3 - 28
Febrero	15.33	15.38	15.42	16.90	16.86	16.89	15.20	15.32	15.58	Δ 3	+3 - 28
Marzo	16.43	16.45	16.53	18.40	18.42	18.38	15.60	15.67	15.70	Δ 3	+3 - 28
Promedio	15.30	15.35	15.68	16.90	16.92	16.93	15.20	15.29	15.40		
DE	1.140	1.120	0.750	1.500	1.476	1.425	0.400	0.391	0.420		
CV (%)	7.45	7.30	4.79	8.88	8.72	8.42	2.63	2.55	2.73		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

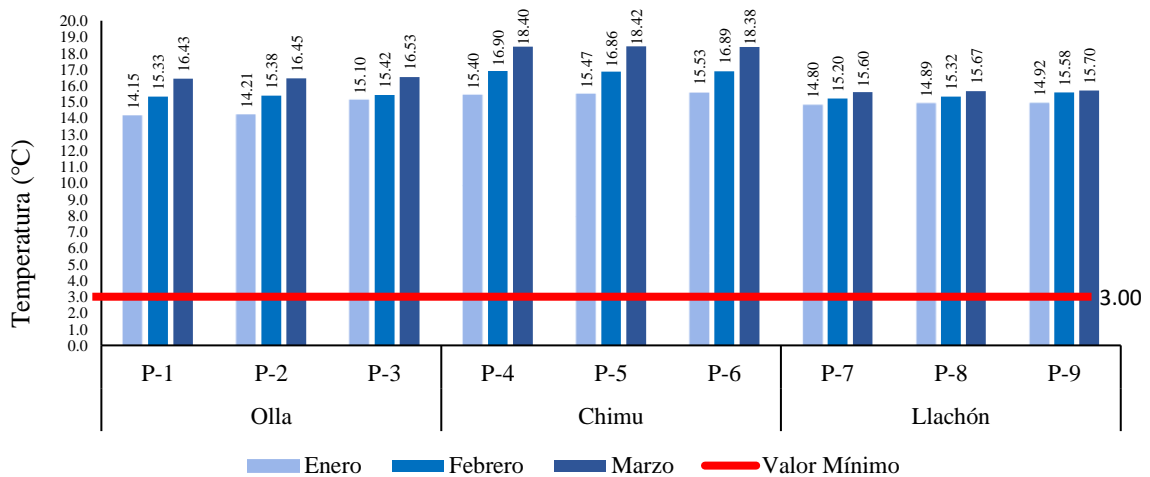


Figura 11. Resultados de los valores de la temperatura (°C) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

Por otro lado, los valores de temperatura se encuentran dentro de los rangos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 2 (Δ 3) para el Agua (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017) en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno) y Llachón

(distrito Capachica) del lago Titicaca; del muestreo total, la temperatura mínima fue de 14.15°C (Olla, enero) y la máxima fue de 18.42°C (Chimu, marzo), con una temperatura media en general de 15.89°C, estos valores se encuentran cerca de lo admisible para el desarrollo de *O. luteus*, según lo encontrado por Amaru *et al.*, (2021) que tuvieron resultados positivos ente 12.3 y 14.7 °C, no obstante es importante considerar que a pesar de que el incremento de temperatura esté en el rango de la categoría del ECA, la interacción con otras variables como materia susceptible a la oxidación podrían limitar la disponibilidad de oxígeno disuelto, influyendo en el comportamiento y distribución del género *Orestias*.

4.1.2. Oxígeno Disuelto

La Tabla 9 muestra que, en 9 puntos de muestreo, la concentración promedio de oxígeno disuelto en las muestras de agua tomadas fue de 6.44 mg/L en la localidad de Olla (distrito de Juli) (6.15 – 6.63 mg/L), en la localidad de Chimu (distrito de Puno) con 5.95 mg/L con un rango de (5.74 a 6.14 mg/L), en la localidad de Llachón fue de 6.74 mg/L (6.77 a 6.95 mg/L). Los resultados presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 0.54% y 3.33% lo que indicó que los puntos de muestreo presentaron valores con bajos niveles de dispersión. La localidad de Llachón presentó valores más elevados de oxígeno disuelto respecto a las otras dos localidades, esto puede deberse a la poca presencia de materia orgánica que demanda oxígeno en su proceso de descomposición, los bajos niveles de oxígeno generan la disminución de especies bentónicas (Buschmann & Fortt, 2005) que son parte importante de las redes tróficas de los sistemas acuáticos.

Tabla 9

Valores de concentración de los niveles de oxígeno disuelto (mg/L) a nivel superficial de columna de agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	6.57	6.53	6.48	5.94	5.96	5.87	6.80	6.74	6.68	≥ 5	≥ 5
Febrero	6.32	6.28	6.45	6.08	6.14	5.98	6.95	6.86	6.75	≥ 5	≥ 5
Marzo	6.15	6.63	6.52	6.07	5.80	5.74	6.68	6.62	6.57	≥ 5	≥ 5
Promedio	6.35	6.48	6.48	6.03	5.97	5.86	6.81	6.74	6.67		
DE	0.211	0.180	0.035	0.078	0.170	0.120	0.135	0.120	0.091		
CV (%)	3.33	2.78	0.54	1.30	2.85	2.05	1.99	1.78	1.36		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

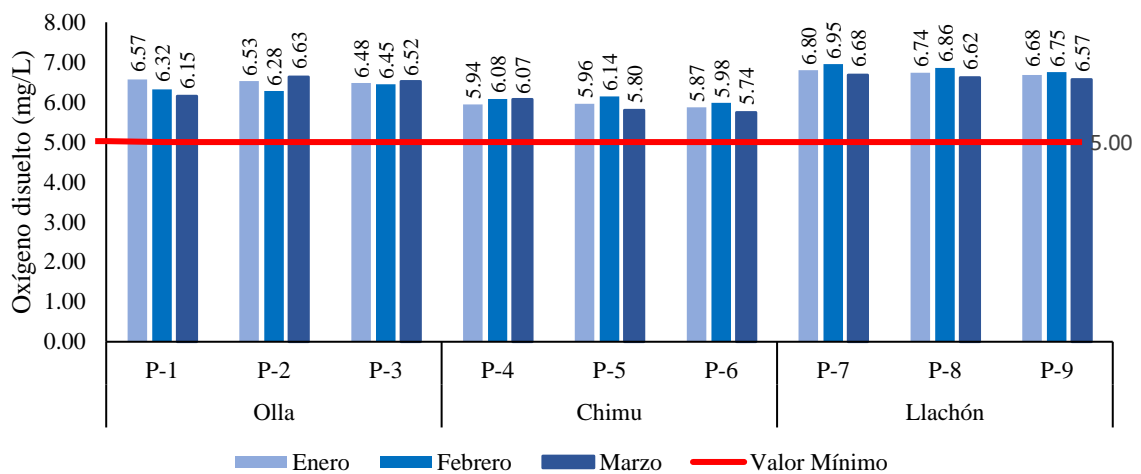


Figura 12. Valores de concentración de oxígeno disuelto (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

Además, las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran dentro de los rangos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de la normatividad vigente, siendo ≥ 5 mg/L en los puntos de muestreo de las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica) del lago Titicaca, habiendo en la P-6 un ligero valor mínimo 5.74 mg/L en la localidad de Chimu (distrito de Puno) en el mes de marzo, asimismo se observa una variabilidad baja (3.33% la más alta), la estabilidad de este valor es importante puesto que es un factor que produce estrés agudo en los peces y por lo tanto cambios en su comportamiento (Auró & Ocampo, 1999), ejemplo de esto es el desplazamiento de una zona a otra en busca de mejores condiciones de oxígeno, aunque esto sucede principalmente con la distribución vertical de los peces (Eslava *et al.*, 2003).

4.1.3. Potencial de Hidrógeno

Los valores de pH presentaron un promedio de 8.55 (Tabla 10) en las localidades de Olla (distrito de Juli) de (8.30 – 8.85), en Chimu (distrito de Puno) con 8.62 (8.46 – 8.87) y en Llachón de 8.41 (8.27 – 8.56); entre puntos de muestreo no se evidenció diferencias significativas, siendo similares los valores en las localidades de Olla, Chimu, Llachón del lago Titicaca. Además, los datos tienen un coeficiente de variación de 0.76% a 2.39%, lo que indica que cada punto de muestra tiene un bajo grado de dispersión. Por lo tanto, los valores encontrados en las tres zonas en todas las mediciones son superiores a 8, lo cual es característico del agua alcalina con un contenido de sal disuelta.

Tabla 10

Valores de concentración de los niveles de potencial de hidrógeno (Unidades de pH) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	8.30	8.42	8.45	8.49	8.52	8.46	8.56	8.42	8.37	6.0-9.0	6.0-9.0
Febrero	8.48	8.52	8.62	8.62	8.68	8.72	8.56	8.41	8.47	6.0-9.0	6.0-9.0
Marzo	8.50	8.78	8.85	8.56	8.64	8.87	8.32	8.30	8.27	6.0-9.0	6.0-9.0
Promedio	8.43	8.57	8.64	8.56	8.61	8.68	8.48	8.38	8.37		
DE	0.110	0.186	0.201	0.065	0.083	0.207	0.139	0.067	0.100		
CV (%)	1.31	2.17	2.32	0.76	0.97	2.39	1.63	0.79	1.19		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

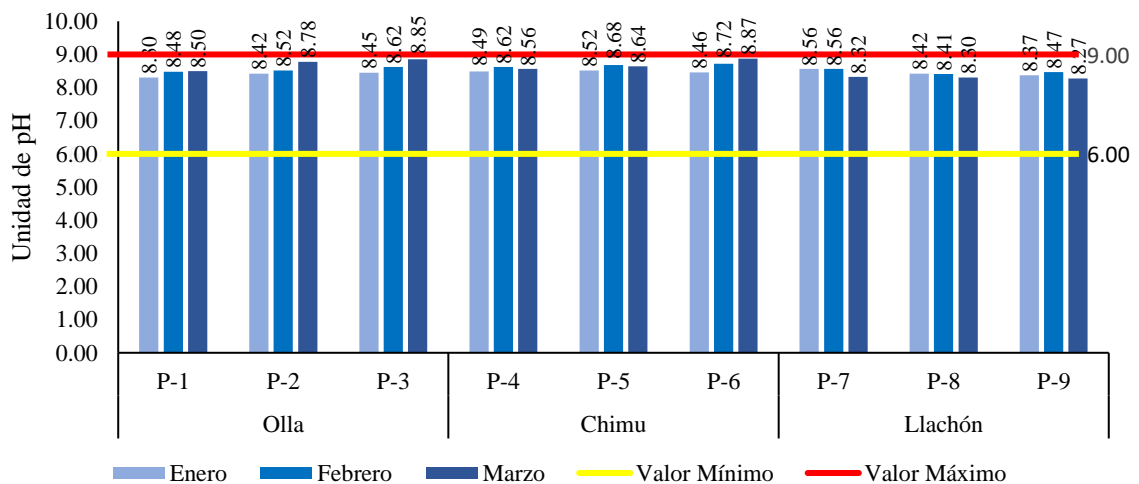


Figura 13. Valores de concentración del potencial de hidrógeno (Unidades de pH) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

Los valores del potencial de hidrógeno se encontraron dentro de los rangos de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que indica (6 – 9 Unidades de pH) en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica) del lago Titicaca; según Auró & Ocampo (1999) la acidez del agua está relacionada con materia orgánica en descomposición que libera CO₂ que puede provocar cambios en los tejidos de los peces. A su vez el pH ácido afecta a los moluscos, haciendo que valores menores a 8.1 afecta al proceso de biomineralización de las conchas, lo que tiene efecto adverso sobre estos

organismos, lo que les hace más vulnerables a patógenos y también a la infestación parasitaria (Cogollos, 2020).

4.1.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La Tabla 11 muestra que, de los nueve puntos de muestreo, el nivel promedio de BDO5 en las muestras de agua tomadas fue de 8.84 mg/L, en la localidad de Olla (distrito de Juli) de (8.32 – 8.98 mg/L), en la localidad de Chimu (distrito de Puno) promedio 8.04 mg/L (7.01 – 9.20 mg/L), en la localidad de Llachón (distrito de Capachica) fueron 4.44 mg/L (3.70 – 5.35 mg/L). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 0.64 % y 18.92% los cuales indican que en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos niveles de dispersión. Se deduce que los valores que se aproximan al valor límite del ECA categoría 2, en las localidades de Chimu y Olla se deben al aporte de materia orgánica proveniente de criaderos de trucha; por tanto, esto es un parámetro de importancia debido a que en lagos y lagunas altoandinas el reciclado de materia orgánica sucede con lentitud (Callisto & Esteves, 1996 y Claude & Oporto, 2000), de tal forma que las hace propensas a presentar valores altos de DBO₅ e hipoxia.

Tabla 11

Valores de concentración de los niveles de demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	8.84	8.87	8.82	7.01	7.54	7.92	4.03	4.87	5.12	10	≤ 6
Febrero	8.96	8.98	8.80	7.86	7.92	7.85	3.98	4.20	3.70	10	≤ 6
Marzo	8.32	8.95	8.98	8.20	8.86	9.20	3.95	4.78	5.35	10	≤ 6
Promedio	8.71	8.93	8.87	7.69	8.11	8.32	3.99	4.62	4.72		
DE	0.340	0.057	0.099	0.613	0.680	0.760	0.040	0.364	0.894		
CV (%)	3.91	0.64	1.11	7.97	8.38	9.13	1.01	7.88	18.92		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

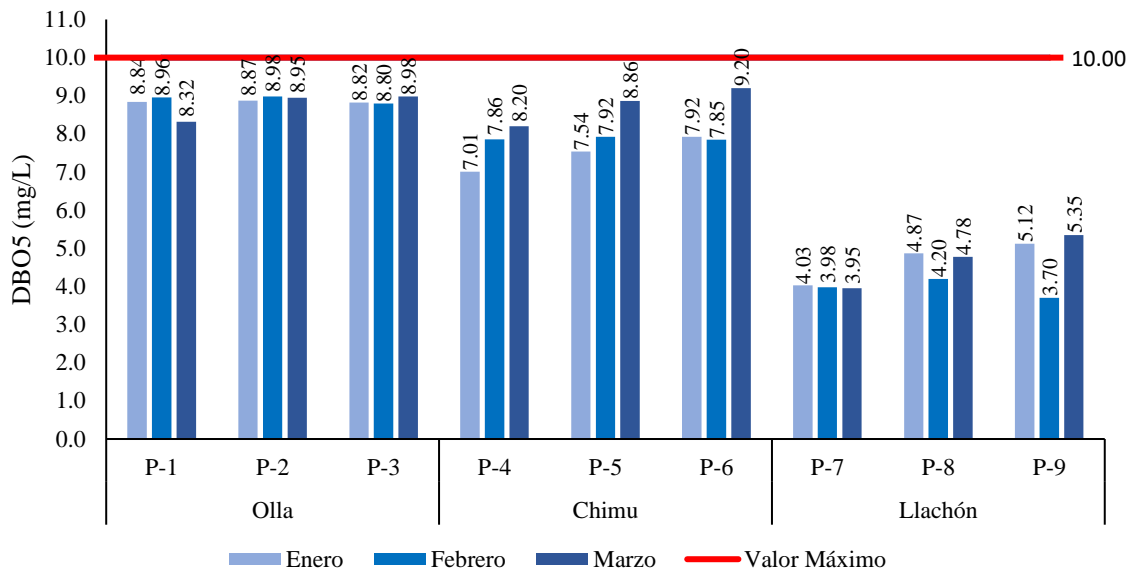


Figura 14. Valores de concentración de BDO₅ (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

4.1.5. Fósforo total

La tabla 12 muestra los promedios de fósforo total en las muestras de agua colectada que fueron de 0.059 mg/L, en las localidades de Olla (distrito de Juli) fue de (0.023 – 0.150 mg/L), en Chimu (distrito de Puno) con 0.626 mg/L (0.430 – 0.740 mg/L), en Llachón (distrito de Capachica) de 0.015 mg/L (0.010 – 0.020 mg/L). esto nos indica que los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 16.03% y 91.04% que dan a conocer que poseen leves y moderados niveles de dispersión.

Por este motivo los valores encontrados para este parámetro excedieron los valores del ECA categoría 2, C4 en las localidades de Chimu y Olla, también esto puede ser producto de la actividad acuícola intensiva (truchicultura), como indica Mariano *et al.* (2010), el 75% del nitrógeno, fósforo y carbono proveniente de alimentos para peces, no llegan a ser asimilados, las mismas que se acumulan principalmente en forma de sedimentos en el fondo del lago, por lo que este parámetro es de importancia de modo que indica la disponibilidad de nutrientes en el agua y por tanto la penetración de la luz en la columna de agua (Morales Velasco & Salazar Sánchez, 2012) y podría verse afectado el crecimiento de algunas macrófitas sumergidas [hábitat de moluscos huéspedes] mientras que las especies de fitoplancton se proliferarían con más facilidad limitando aún más la penetración de la luz solar.

Tabla 12

Valores de concentración de los niveles de fósforo total (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	0.023	0.028	0.030	0.450	0.430	0.540	0.010	0.012	0.018	0.025	-
Febrero	0.038	0.042	0.026	0.630	0.680	0.740	0.014	0.016	0.012	0.025	-
Marzo	0.090	0.150	0.100	0.720	0.740	0.700	0.020	0.017	0.015	0.025	-
Promedio	0.050	0.073	0.052	0.600	0.617	0.660	0.015	0.015	0.015		
DE	0.035	0.067	0.042	0.137	0.164	0.106	0.005	0.003	0.003		
CV (%)	69.86	91.04	80.03	22.91	26.66	16.03	34.32	17.64	20.00		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

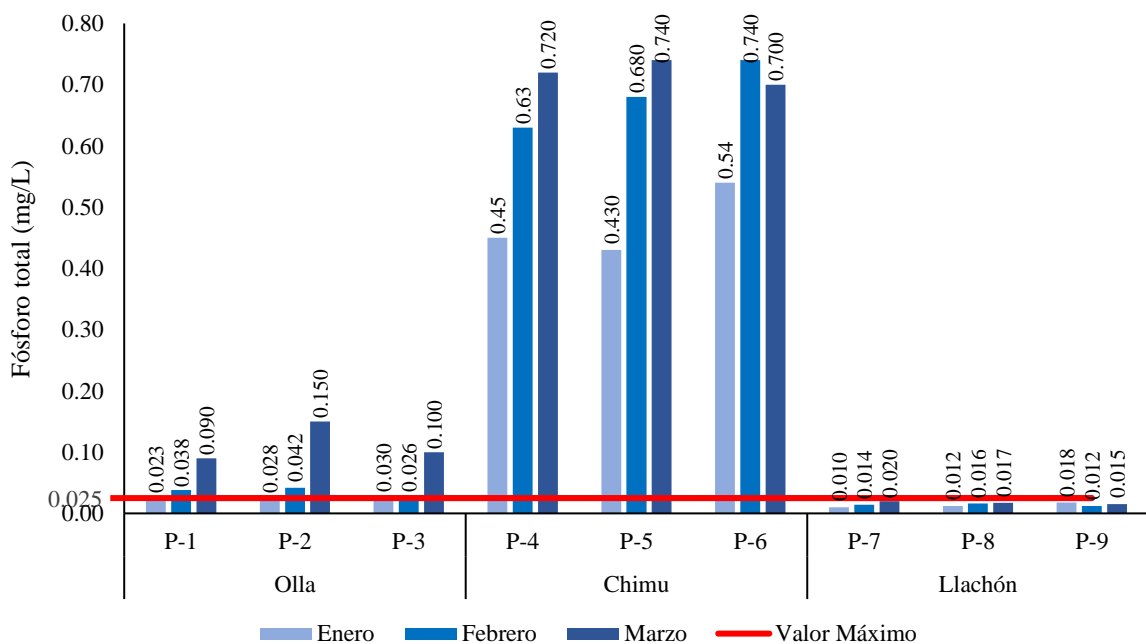


Figura 15. Valores de concentración de fósforo total (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

4.1.6. Nitratos

En la tabla 13 se observa los promedios de nitratos en las muestras de agua colectada que fueron de 0.038 mg/L; en las localidades de Olla (distrito de Juli) de (0.023 – 0.060 mg/L), en Chimu (distrito de Puno) con 0.075 mg/L (0.054 – 0.097 mg/L), en Llachón (distrito de

Capachica) fue < 0.003 mg/L. Los datos tienen un coeficiente de variación de hasta 40.52%, lo que indica que los resultados en cada punto de muestra tienen un bajo grado de dispersión. Adema los valores altos de nitratos si bien no son tóxicos, al cambiar su estructura e ingresar al torrente sanguíneo de peces, este limitará la asimilación de oxígeno en la sangre produciendo cambios en el comportamiento de los peces e incluso la muerte (Camargo & Alonso, 2007), de similar modo al fósforo total, este parámetro favorece la proliferación de fitoplancton y macrófitas de modo que tendrá efectos indirectos sobre la penetración de la luz solar en la columna de agua (Morales & Salazar, 2012) y podría influir en la distribución de algunas macrófitas sumergidas en zonas de poca profundidad.

Tabla 13

Valores de concentración de los niveles de nitratos (mg/L) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	0.027	0.035	0.025	0.097	0.085	0.072	<0.003	<0.003	<0.003	13	≤ 0.03
Febrero	0.023	0.032	0.045	0.057	0.067	0.092	<0.003	<0.003	<0.003	13	≤ 0.03
Marzo	0.035	0.048	0.060	0.054	0.062	0.087	<0.003	<0.003	<0.003	13	≤ 0.03
Promedio	0.028	0.038	0.043	0.069	0.071	0.084	0.003	0.003	0.003		
DE	0.006	0.009	0.018	0.024	0.012	0.010	0.000	0.000	0.000		
CV (%)	21.57	22.19	40.52	34.63	16.96	12.44	0.00	0.00	0.00		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

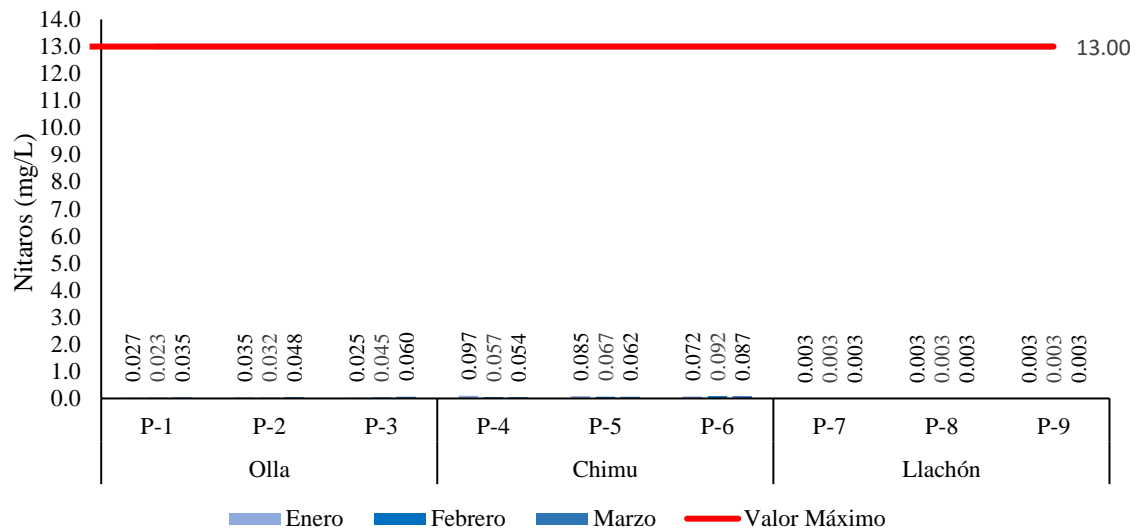


Figura 16. Valores de concentración de nitratos (mg/L) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

4.1.7. Coliformes Termotolerantes

La tabla 14 se observa los promedios de coliformes termotolerantes en muestras de agua colectada que fue de 44.00 NMP/100 mL en la localidad de Olla (distrito de Juli) de (3.00 – 98.00 NMP/100 mL), en la localidad de Chimu (distrito de Puno) promedio 86.33 NMP/100 mL (29.00 – 170.00 NMP/100 mL), en la localidad de Llachón (distrito de Capachica) fueron 19.11 NMP/100 mL (4.00 – 43.00 NMP/100 mL). Los datos tienen coeficientes de variación que oscilan entre el 27.58% y el 97.30%, lo que significa que los resultados en cada punto de muestreo tienen un bajo grado de dispersión. Por otro lado, los altos valores de coliformes termotolerantes pueden estar asociados a vertimiento de aguas residuales y granjas piscícolas. Los valores bajos de coliformes termotolerantes reflejan que las condiciones ambientales no les es favorable y que existen pocas fuentes en las zonas próximas a los lugares donde se hizo la colecta de las muestras, debido a que algunos valores como el pH y la temperatura encontrados no resultan ser adversos para estos organismos (Manjarrez *et al.*, 2019). Asimismo, los valores de coliformes termotolerantes se hallan dentro de los rangos Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que indica (200 NMP/100 mL) en las localidades de Olla (distrito Juli), Chimu (distrito Puno), Llachón (distrito Capachica) del lago Titicaca.

Tabla 14

Valores de concentración de los niveles de coliformes totales (NMP/100 mL) a nivel superficial del agua en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses 2019	Localidades de Muestreo									Valor ECA: Cat.2, C4	DIREC 2006 /44/CE
	Olla			Chimu			Llachón				
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9		
Enero	3	15	20	140	110	50	43	38	30	200	-
Febrero	78	98	60	94	74	170	15	12	10	200	-
Marzo	62	50	10	43	67	29	4	12	8	200	-
Promedio	47.67	54.33	30.00	92.33	83.67	83.00	20.67	20.67	16.00		
DE	39.501	41.669	26.458	48.521	23.072	76.072	20.108	15.011	12.166		
CV (%)	82.87	76.69	88.19	52.55	27.58	91.65	97.30	72.63	76.03		

Donde: DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

Fuente: Informe de Ensayos: FOR02-16012019, FOR02-24022019, FOR02-17032019 (Laboratorio ACTI S.A.C.)

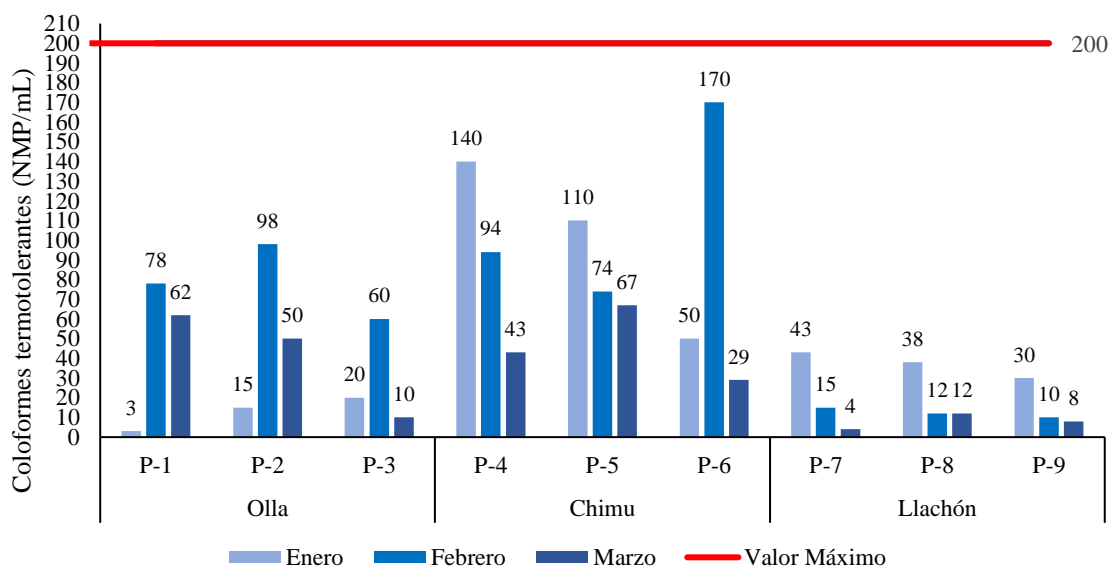


Figura 17. Valores de coliformes totales (NMP/100 mL) del agua superficial en los puntos de muestreo de las localidades de Olla, Chimu y Llachón -2019.

4.2. Determinación de las especies parasitarias en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*

Se evaluaron en total 420 ejemplares durante los meses de enero, febrero y marzo (140 ind/mes); de ellos se obtuvo que el 34.29% presentó parásitos en el mes de enero, el 26.43% presentó parásitos en el mes de febrero y el 32.14% presentó parásitos en el mes de marzo,

existiendo poca diferencia entre los meses, lo que se observa en las desviaciones estándar correspondientes (Tabla 15).

Tabla 15

Número de parásitos registrados en las localidades de muestreo del lago Titicaca.

Meses	Localidades de Muestreo						Preval. Parasitosis %	Total
	Olla		Chimu		Llachón			
	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)	Negativo (-)		
2019								
Enero	11	24	7	28	30	40	34.29	140
Febrero	10	25	8	27	19	51	26.43	140
Marzo	9	26	9	26	27	43	32.14	140
Promedio	10.00	25.00	8.00	27.00	25.33	44.67	30.95	140
DE	1.000	1.000	1.000	1.000	5.686	5.686	4.062	0
CV (%)	10.00	4.00	12.50	3.70	22.45	12.73	13.12	0

(+) número de ejemplares con parasitismo, (-) número de ejemplares sin parasitismo, DE= desviación estándar. CV= coeficiente de variación.

En la figura 18 se observa en las tres zonas que hubo prevalencia de especímenes sin presencia de parásitos y que esa tendencia fue similar de manera indistinta en los meses evaluados.

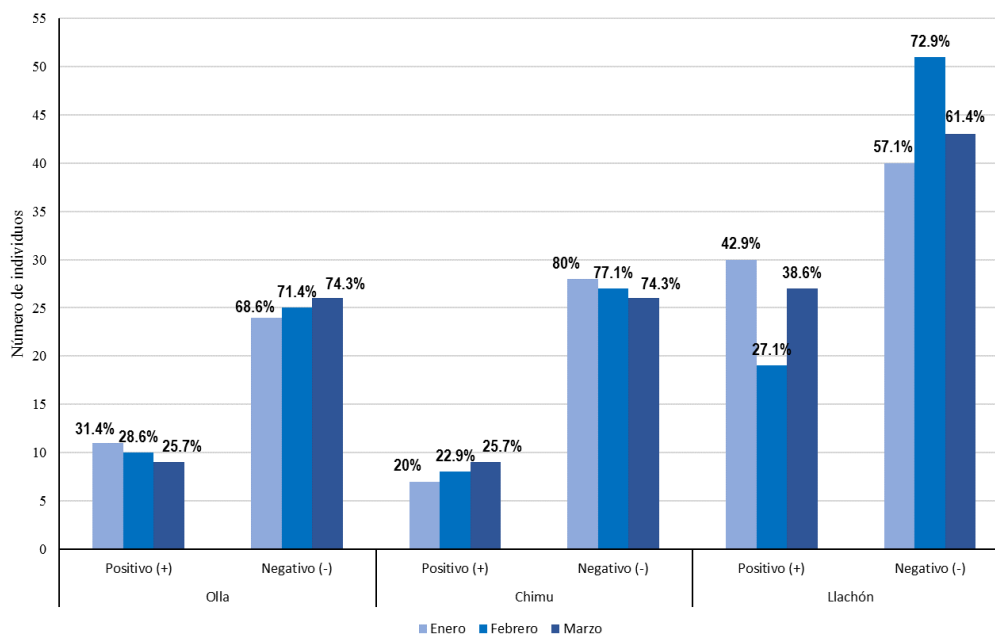


Figura 18. Número de ejemplares con parasitismo (+) y sin parasitismo (-) de las localidades de Olla, Chimu, Llachón del lago Titicaca - 2019.

En la figura 19 se observa que *Diplostomum* sp estuvo presente parasitando a *O. luteus* en las tres zonas estudiadas, mientras que *Ligula intestinalis* se presentó solamente en la zona de Chimu.

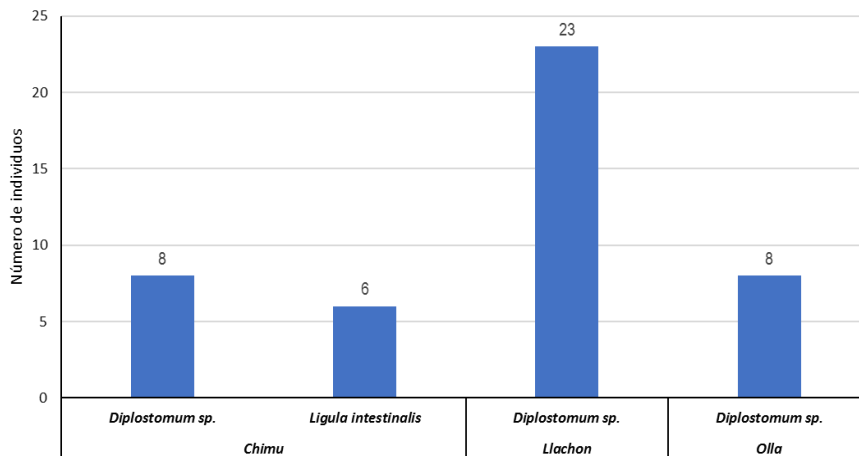


Figura 19. Parásitos en *O. luteus* por zona.

En la figura 20 se observa que *Diplostomum* sp se encontró parasitando a *O. agassii* en las zonas de Chimu y Olla. Esto no se debe a que no se obtuvo especímenes de *O. agassii* de la zona de Llachón y como se observó en la figura 10, sí existe presencia de este parásito en dicha zona.

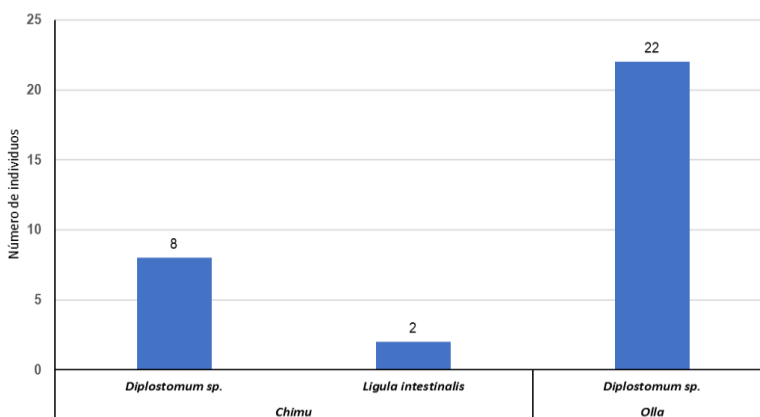


Figura 20. Parásitos en *O. agassii* por zona.

En cuanto al parasitismo en *O. ispi*, por haberse obtenido especímenes provenientes únicamente de la zona de Llachón, no se pudo conocer casos de parasitismo en las otras zonas estudiadas, pero se tiene registro de la presencia de las especies parásitas sin embargo se pudo verificar que hubo alto porcentaje de parasitismo por *Ligula intestinalis* sobre *O. ispi* en esta zona, esto debido seguramente más a la presencia de *O. ispi* que a las características físico químicas del agua de esta zona , tal como se indica líneas abajo.

Tabla 16

Parasitismo de Orestias por localidad y ubicación en el organismo.

Localidad	Hospedador	N° ejemplares	Parásito	Branquias	Cerebro	Piel	Ojos	Hígado	Riñón	Cavidad visceral	Estómago	Total de incidencias	Prevalencia %	Significancia n° parásitos
Olla	<i>Orestias luteus</i>	28	<i>Diplostomum</i> sp.	2	6	-	-	-	-	2	-	10	35.71%	> 10 (+++)
				1	21	-	-	-	-	1	-	23	-	> 10 (+++)
Llachón	<i>Orestias luteus</i>	105	<i>Diplostomum</i> sp.	-	23	-	-	-	-	1	-	24	22.86%	> 10 (+++)
				-	-	-	1	-	4	-	5	4.76%	1-5 (+)	
				-	-	-	-	-	53	-	53	50.48%	> 10 (+++)	
Chimu	<i>Orestias luteus</i>	71	<i>Diplostomum</i> sp.	-	6	-	-	-	-	2	-	8	11.27%	5-10 (++)
				-	-	-	-	-	6	-	6	8.45%	5-10 (++)	
	<i>Orestias agassii</i>	34	<i>Diplostomum</i> sp.	-	7	-	1	-	-	1	-	9	26.47%	5-10 (++)
				-	-	-	-	-	4	-	4	11.76%	1-5 (+)	
		420		3	63	0	2	0	0	74	0	142		

La distribución de los peces es otro factor que requiere ser estudiado puesto que las condiciones físico químicas intervienen en presencia de especies, según Bistoni *et al.* (1999) y hay que considerar que algunas especies son especialmente tolerantes a ambientes muy intervenidos por actividad antrópica; sin embargo, en la presente investigación no se consideró tal variable debido a que los datos obtenidos de las muestras corresponden a esfuerzos de captura distintos.

En la tabla 17 se puede observar la prevalencia de parásitos en especies de *Orestias* donde se hace un recuento sin considerar la ubicación del parásito en el pez, y se nota una pequeña variación en el total, esto muestra la poca frecuencia en la que ocurrieron casos de parasitismo por múltiples especies en *Orestias*, por lo que se observa aquí también porcentajes parecidos.

Tabla 17

Tabla cruzada de *Orestias* – Parásitos

	Especie	Parásitos				Total	
		<i>Diplostomum</i> sp.	<i>Diplostomum</i> sp. <i>Hedruris</i> sp.	<i>Ligula</i> <i>intestinalis</i>	<i>Ligula intestinalis</i> <i>Diplostomum</i> sp.		
<i>Orestias</i>	<i>agassii</i>	Recuento	28	0	2	2	32
		%	87.5%	0.0%	6.3%	6.3%	100.0%
	<i>ispi</i>	Recuento	0	0	53	0	53
		%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
	<i>luteus</i>	Recuento	36	3	6	0	45
		%	80.0%	6.7%	13.3%	0.0%	100.0%
	Total	Recuento	64	3	61	2	130

Tabla 18

Chi-cuadrado de Pearson de *Orestias* – Parásitos

Análisis	Valor	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	109,979	0.000	0.000
N de casos válidos	130		

4.3. Evaluación de la correlación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua con la infestación parasitaria en *Orestias luteus*, *Orestias agassii* y *Orestias ispi*

Se evaluó la correlación de las variables físico químicas con el total de observaciones de parásitos en cada especie de *Orestias*; previo a ello se ejecutó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks y como se observa en la siguiente tabla, los parámetros DBO₅ (*p*-valor = 0.016) y PT (*p*-valor = 0.003) no presentaron distribución normal, por lo que se utilizaron dos pruebas estadísticas para la medición de la correlación.

Tabla 19

Análisis de Shapiro Wilks

Análisis	Estadístico	GL	p-valor.
Total de parásitos	0.901	9	0.257
TSL	0.899	9	0.246
O ₂	0.937	9	0.553
pH	0.938	9	0.562
DBO ₅	0.790	9	0.016
PT	0.732	9	0.003
NO ₃	0.872	9	0.128
Coliformes termo tolerantes	0.894	9	0.221

GL = grado de libertad.

4.3.1. Carachi amarillo

De los datos de parasitismo en *O. luteus* comparado con los parámetros fisicoquímicos (Tablas 20 y 21), se encontró que la variable NO₃ presentó una correlación negativa fuerte (Pearson = -0.68, *p*-valor < 0.05), de similar modo la variable DBO₅ presentó una correlación negativa fuerte (Spearman = -0.79, *p*-valor = 0.01), mientras que las demás variables no presentaron la significancia requerida para validar su correlación (*p*-valor > 0.05). La DBO₅ es un indicador de presencia de materia orgánica susceptible de ser oxidada es entendible que la temperatura no haya sido una variable de importancia estadística puesto que el muestreo se realizó durante tres meses de una época en la que la temperatura no varía drásticamente, sin embargo Aguirre (2009) y Carrillo *et al.* (2007) indican que la intensidad de parasitismo incrementa en temperaturas frías y disminuye con temperaturas cálidas, es probable que al calentarse el agua y tener menor capacidad de retención de oxígeno disuelto Muñoz *et al.* (2015) sea menos preferida por los peces

que nadan en busca de condiciones óptimas y por tanto reduciría la probabilidad de parasitismo al existir menor cantidad de peces disponibles, esto sería un factor a evaluar en futuras investigaciones en el lago Titicaca, otra variable a incluir sería el estado de madurez del pez debido a que podrían desarrollar defensas para evitar a los parásitos (Marcos *et al.*, 2009).

Tabla 20

Correlación de Pearson de O. luteus con las variables fisicoquímicas y microbiológicas

Análisis	TSL	O ₂	pH	NO ₃	Coliformes termotolerantes
Correlación de Pearson	-0.335	0.602	-0.405	-0.680*	-0.352
Sig. (bilateral)	0.378	0.086	0.279	0.044	0.352
N	9	9	9	9	9

Tabla 21

Correlación de Spearman de O. luteus con la DBO₅

Análisis	DBO ₅	PT
Rho de Spearman	-0.790*	-0.651
Sig. (bilateral)	0.011	0.057
N	9	9

Como en las tablas 20, 22 y 24 el valor del pH no se correlaciona con el parasitismo con ninguna de las especies estudiadas, esto puede deberse a que este valor toma importancia (en relación a los peces) cuando el agua se torna ácida (Auró & Ocampo, 1999) y los valores que se registraron en el presente estudio son todos alcalinos.

4.3.2. Carachi gris

Al evaluar la correlación de parasitismo en *O. agassii* con los parámetros fisicoquímicos (Tablas 22 y 23), se encontró que la variable O₂ presentó una correlación positiva muy fuerte (Pearson = 0.928, p-valor < 0.01), NO₃ presentó una correlación negativa fuerte (Pearson = -0.68, p-valor < 0.05), de similar modo la variable PT que presentó una correlación negativa muy fuerte (Spearman = -0.439, p-valor < 0.01), mientras que las demás variables no presentaron la significancia requerida para validar su correlación (p-valor > 0.05), la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua favorece la presencia de peces (Buschmann & Fortt, 2005) debido a que las cantidades altas no solo favorecen la respiración sino que también indica productividad alta en el agua (Muñoz *et al.*, 2015), por tanto mayor disponibilidad de alimento, la correlación positiva puede estar explicada

por el hecho de que a mayor cantidad de peces existe mayor probabilidad de que estos puedan ser parasitados. En cuanto a la correlación fuerte con el parámetro NO_3 , sucede exactamente lo contrario, donde los peces al tener limitada la capacidad de asimilar el oxígeno disponible (Camargo & Alonso, 2007), reduciría la cantidad de estos y por tanto habría menos probabilidad de existir parasitismo.

Tabla 22

*Correlación de Pearson de *O. agassii* y las variables fisicoquímicas y microbiológicas*

Análisis	TSL	O ₂	pH	NO ₃	Coliformes termotolerantes
Correlación de Pearson	-0.799	0.928**	-0.649	-0.893*	-0.588
Sig. (bilateral)	0.057	0.008	0.163	0.017	0.219
N	6	6	6	6	6

Tabla 23

*Correlación de Spearman de *O. agassii* con la DBO₅*

Análisis	DBO ₅	PT
Rho de Spearman	0.696	-0.943**
Sig. (bilateral)	0.125	0.005
N	6	6

4.3.3. Ispi

De los datos de parasitismo en *O. ispi* comparado con los parámetros fisicoquímicos (Tablas 24 y 25), se encontró que no se pudo calcular la correlación de la variable NO_3 , mientras que las demás variables no presentaron la significancia requerida para validar su correlación ($p\text{-valor} > 0.05$). La baja correlación y significancia de la presencia de parásitos con los parámetros físico químicos puede deberse a que el ispi es una especie planctívora y de hábitat pelágico (Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico, 2003), lo que implica que se desplaza pasando por zonas con diferentes características fisicoquímicas, de modo que para esta especie en particular los parámetros medidos estarían más relacionados con el entorno y los parásitos.

Tabla 24

Correlación de Pearson de O. ispi con las variables fisicoquímicas y microbiológicas

Análisis	TSL	O ₂	pH	NO ₃	Coliformes termotolerantes
Correlación de Pearson	-0.152	-0.853	-0.629		0.375
Sig. (bilateral)	0.903	0.349	0.567		0.755
N	3	3	3	3	3

Tabla 25

Correlación de Spearman de O. ispi con la DBO₅

Análisis	DBO ₅	PT
Rho de Spearman	0.866	0.500
Sig. (bilateral)	0.333	0.667
N	3	3

De los análisis realizados se puede deducir que los parámetros físico químicos en su mayoría no estuvieron correlacionados con la presencia de parásitos en *Orestias*, con excepciones puntuales como el caso del oxígeno disuelto y NO₃, en el caso del NO₃ es entendible la correlación negativa, puesto que a mayor concentración de este compuesto, es menor también la incidencia de peces hospederos para estos parásitos, puesto que los peces están acostumbrados a bajos niveles de NO₃ (Camargo & Alonso, 2007), otro factor a considerar es la presencia de otros hospederos intermedios y definitivos como copépodos, caracoles y aves (Monks *et al.*, 2013), así también los factores que determinan la dinámica poblacional de ellos debido a que los parámetros fisicoquímicos no influenciarían fuertemente sobre las poblaciones de los peces, pero si podría hacerlo sobre sus hospederos (Cogollos Blanco, 2020), se debe considerar que cuando las características fisicoquímicas del agua no están fuertemente relacionadas con la dinámica poblacional de las especies acuáticas, puede ocurrir que existan factores de mucha más relevancia como por la disposición de alimento, refugio u otros (Jiménez-González *et al.*, 2021), que sería también una variable importante a evaluar en futuras investigaciones y también considerar la profundidad a la que fueron capturados los peces examinados, puesto que se conoce que al estar parasitados por *Ligula intestinalis* tienen una tendencia a nadar cerca de la superficie o en aguas menos profundas justo al alcance de aves piscívoras (Bean y Winfield, 1989), lo que facilitaría su captura al ser más visibles.

Se concluye que una de las causas de infestación por parásitos en peces son los cambios de factores bióticos o abióticos en el ambiente, resultado de la contaminación antrópica (Sánchez, 2014). Además los mayores índices de contaminación de cuerpos de agua están asociados con el contenido de materia orgánica y eutrofización lo que afecta el estado de salud de los peces (Consuegra, 2009). A lo que la comunidad íctica varían su abundancia en respuesta a los cambios de los factores físico-químicos (Bistoni *et al.*, 1999). Sin embargo lagos que tienen únicamente a la precipitación pluvial, las escorrentías superficiales y los manantiales como fuentes de recarga, no tendrían las características ideales para el desarrollo de los helmintos gastrointestinales (Penados, 2011). Por otra parte la prevalencia parasitaria está muy ligada a los hábitos alimenticios de las especies (Carrillo *et al.*, 2007; Wadnipar, 2013). Y algunas lesiones externas a problemas bacterianos (Carrillo *et al.*, 2007).

Se sabe que las especies parásitas afectan en el peso y la talla de los peces (Gómez, 2013). Por lo cual el conocimiento de las parasitosis es de gran ayuda a la hora de diagnosticar y controlar enfermedades que afectan a determinadas especies y que pueden llegar a causar la muerte de los mismos, lo cual se traduce en pérdidas económicas y de la disponibilidad del recurso (Cardemil, 2012).

Dentro del ambiente se conoce al respecto de la parasitosis que la intensidad de la infestación aumenta durante los meses fríos y disminuye durante los meses cálidos, por lo que la temperatura del agua es el factor que explica los cambios estacionales en la intensidad de la infestación en los peces (Aguirre, 2009). Así también la baja turbidez en el agua aumentan la presencia de parasitismo (Carrillo *et al.*, 2007).

La estructura de las comunidades de los helmintos en los peces indican que pese a que el cuerpo de agua no está contaminado, estos se desarrollan con normalidad dentro del ecosistema (Monks *et al.*, 2013). El caso de los céstodos ejercen impactos negativos sobre sus hospederos originales y potencialmente ponen en peligro la sobrevivencia de peces nativos (Salgado & Rubio, 2014). Y la infestación por monogéneos se da en una intensidad media y a su vez estos se alojan en los filamentos branquiales, además no existen alguna relación entre variables físicoquímicas con la presencia de parásitos en peces (Luis *et al.*, 1993).

En nuestro entorno se tiene de conocimiento que la presencia de *Ichthyophthirius multifiliis*, agente causante de ichthyophthiriasis o enfermedad de punto blanco, afectan



a las especies de *O. luteus*, *O. agassii* y *O. mulleri*; y no a *O. ispi* (Peña & Tisnado, 2006). Así también la incidencia parasitaria por *Diplostomum* sp. en *Orestias* es al 100% en la cavidad craneana y los ventrículos cerebrales (Aguilar *et al.*, 2020). Es decir, que en las especies de *O. luteus* y *O. agassii* se determinó que los parásitos como *Diplostomum mordax* son con mayor frecuencia para estas dos especies; sin embargo, los parásitos como *Hedruris orestiae*, *Ligula intestinalis* y *Ichthyophthirius multifiliis* son en menor proporción (López, 2013). Además, se ha identificado a *Hedruris orestiae* como parásito del esófago e intestinos, a *Diplostomum mordax* de la cavidad craneana, *Ligula intestinalis* en la cavidad visceral y *Ichthyophthirius multifiliis* en branquias y piel, asimismo se vio la mayor prevalencia de parasitismo en la cavidad craneana y muy a lo contrario en el esófago e intestinos, como en la cavidad visceral y en branquias y piel (Ticona, 2013).

CONCLUSIONES

Primera: Los valores de los parámetros físicoquímicos obtenidos, al ser comparados con los ECA para agua, Categoría 2 - C4, mostraron ser muy elevados para el parámetro fósforo total, principalmente en la localidad de Chimu y en el mes de marzo en la localidad de Olla y los demás parámetros presentaron valores por debajo de la norma mencionada; sin embargo, el oxígeno disuelto es un parámetro a considerar porque los valores encontrados en la localidad de Chimu se acercaron mucho al valor mínimo recomendado (≥ 5), por tanto esta localidad es la que más vulnerable se encontraría basado en estos valores encontrados. Con respecto a valores de parámetros bacteriológicos en las tres localidades se encuentran por debajo de los ECA, siendo en la localidad de Chimu en el mes de enero con un ligero incremento acercándose al valor mínimo de 200 NMP/100 mL.

Segunda: De los especímenes con presencia de parásitos, el 100% de *O. ispi* estuvo parasitado por *Ligula intestinalis*, mientras que *O. luteus* y *O. agassii* estuvieron parasitados principalmente por *Diplostomum* sp (80% y 87.5%), de modo que la diversidad de parásitos varió según la especie del género de *Orestias*.

Tercera: Con respecto a los valores de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y la infestación parasitaria de peces estudiados del género *Orestias*, no existió correlación constante con la mayoría de las variables; siendo NO_3 la variable que más consistencia presentó en el análisis, mientras que las demás variables presentaban en algunas ocasiones correlación significativa y en otras no; es decir que la mayoría de los parámetros evaluados no influye en la parasitosis del género *Orestias* en el lago Titicaca .



RECOMENDACIONES

- Primera:** Los parámetros fisicoquímicos de fosforo total sobrepasan los límites permisibles de la norma de ECAs en las localidades de Olla (distrito de Juli) y Chimu (distrito de Puno) por lo que se recomienda realizar monitoreo en sedimentos, plancton, aguas superficiales y fondo en los periodos de época de avenida (lluviosa) y estiaje (seca) para conocer variación de los valores y proponer aplicaciones de biotecnologías que permita disminuir el severo estrés ambiental.
- Segunda:** Para próximas investigaciones, se recomienda ampliar localidades de estudio, considerando ubicaciones, hospederos intermedios y comportamiento de la diversidad de especies parásitas. Asimismo, profundizar en la identificación de especies parásitos mediante técnicas moleculares para su uso de posibles indicadores de la calidad ambiental.
- Tercera:** Realizar en los parásitos y hospederos ensayos de resistencia a valores de parámetros fisicoquímicos controlados en condiciones de laboratorio para poder confirmar si son valores determinantes en su distribución.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos* (1ª ed.). Editorial Córdoba: Brujas.
- Aguilera Hernández, P., & Noriega Curtis, P. (1985). *La trucha y su cultivo*. Fondepesca, Secretaria de Pesca.
- Aguirre, D.F. (2009). *Parásitos branquiales de cuatro grupos genéticos de tilapias, cultivados en la zona centro - norte del estado de Veracruz* [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana, México]. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/341381196_Aguirre-Fey_2009_Parasitos_branquiales_de_cuatro_grupos_geneticos_de_tilapias
- Aguilar, SKA., Apaza, BN., Loredó, LDB., Leño, MAG., Barrios, HCM., Poma, MMM., Condori, MJP., & Apaza, LQ. (2020). Incidencia de *Diplostomum* spp. en el Karachi. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 4(1), 381–387. <http://agv.agro.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/13>
- Amaru, G., Yujra, E., Gamarra, C. (2021). Reproducción y crecimiento de carachi amarillo *Orestias luteus* en condiciones de laboratorio utilizando alimento vivo. *Inf. Inst. Mar Perú*, 48(3), 388–392. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3590>
- Antonio, R. M., Granados-García, M. E., Vallejo, T.B.G., Lucio-Domínguez, R., Cedeño, C.B. & Andres, F.T. (2009). Estudio espacial de la incidencia de parásitos helmintos en peces tiro (*Goodea atripinnis*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Revista biológicas*, 11(1), 132–138. <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=64>
- APHA, AWWA, WPCF. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition*. Washington D.C.: American public health association.
- APHA, AWWA, WPCF. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition*. Washington D.C.: American public health association.
- Atencio, S. (1998). *Aportes a la revisión taxonómica de la ictiofauna nativa del lago Titicaca*. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

- Auró de Ocampo, A., & Ocampo Camberos, L. (1999). Diagnóstico del Estrés en Peces. *Veterinaria México*, 30(4), 337–344. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42330411>
- Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca [ALT]. (2021). *Diagnóstico binacional pesquero y acuícola en el ámbito del sistema hídrico lago Titicaca, río Desaguadero, lago Popoó y Salar de Coipasa – TDPS Vol. I: Pesca* (1ª ed.). Publibolsa, La Paz, Bolivia. <http://alt-perubolivia.org/web/presentacion-del-diagnostico-binacional-pesquero-y-acuicola-en-el-ambito-del-sistema-tdps-2/>
- Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico [TDPS]. (2003). *Compendio de manual y guías técnicas para especies ícticas nativas del lago Titicaca*. Proyecto PER 98/G32 Conservación de biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca–Desaguadero–Salar de Coipasa. Instituto de investigación, producción, servicios y capacitación IIP QOLLASUYO, Centro de investigación y producción pesquera UNA PUNO. http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.24%20V3.pdf
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Aprobado el lunes 11 de enero del 2016. <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018). Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA. Lineamientos para la Identificación, Sequimiento de Fuentes Contaminantes Relacionados con los Recursos Hídricos. Aprobado el 25 de abril del 2018. <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/R.J.%20136-2018-ANA.pdf>
- Bean, C.W., & Winfield, I.J. (1989). Biological and ecological effects of a *Ligula intestinalis* (L.) infestation of the gudgeon, *Gobio gobio* (L.), in Lough Neagh, Northern Ireland. *Journal of fish biology*, 34 (1), 135–147. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb02963.x>
- Bistoni, M. A., Hued, A.C., Videla, M.M., & Sagretti, L. (1999). Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina. *Revista chilena de historia natural*, 72, 325–335. <http://rchn.biologiachile.cl/es/contents/1999v72n3.php>

- Bocángel, D., & Larrea, D. (1999). Algunos aspectos sobre la prevalencia del plerocercario de *Ligula intestinalis* en *Orestias ispi* del lago Titicaca. *Ecología en Bolivia*, 32, 23–27. <https://ecologiaenbolivia.com/category/articulos/page/5/>
- Buschmann, A., y Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista ambiente y desarrollo*, 21(3), 58–64. <https://chiloe.omeka.net/items/show/120>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H., y Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la sociedad química de mexicana*, 47(1), 88–92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47547114>
- Callisto, M., & Esteves, F. A. (1996). Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. *Acta limnológica brasiliensis*, 8, 115–126. <http://www.alb.periodikos.com.br/>. http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Callisto&Esteves-1996.pdf
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, B., & Velásquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos* (2ª ed.). Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://docplayer.es/66963795-Tecnicas-para-el-analisis-microbiologico-de-alimentos-segunda-edicion.html>
- Camargo, J., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*, 16(2), 98–110. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/457>
- Cardemil, C. (2012). *Estudio exploratorio de parásitos branquiales e intestinales en diferentes especies de peces del lago Yelcho* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Catálogo electrónico del sistema de bibliotecas UACH. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fvc266e/doc/fvc266e.pdf>
- Carrillo, D.A., Ariza, F.G., Tarazona, A., & Nossa, M.O. (2007). Estudio ictioparasitológico de las especies cachama (*Piaractus brachypomus*) y mojarra

- roja (*Oreochromis* spp.) en el Parque Ecológico "El Portal", municipio de Rionegro, Santander. *Spei domus*, (6–7).
<https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/589>
- Chirivella, J., Massutí, E., & Carbonell, E. (2013). Parasitismo branquial de *Caligus spp* (Copepoda, Caligidae) de la lampuga *Coryphaena hippurus* L. (Pisces, Coryphaenidae) del mar mediterráneo occidental (Islas Baleares). *Nereis. Revista iberoamericana interdisciplinaria de métodos, modelización y simulación*, 5, 19–23. <https://revistas.ucv.es/index.php/Nereis/article/view/146>
- Chura-Cruz, René, Cubillos S., Luis A., Tam M., Jorge, Segura Z, Marceliano, & Villanueva Q., Carmen. (2013). Relación entre el nivel del lago y la precipitación sobre los desembarques del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) en el sector peruano del lago Titicaca entre 1981 y 2010. *Ecología aplicada*, 12(1), 19–28.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-2216201300003&Ing=es&ting=es
- Chura, R., Ninaraqui, H., Godoy, S. (2021). Ciclo reproductivo y principal periodo de reproducción del “carachi gris” *Orestias agassizii* (Valenciennes, 1846) en el lago Titicaca (2008-2017). *Inf Inst Mar Perú*, 48(3) 380-387.
<https://hdl.handle.net/20.500.12958/3592>
- Claude, M., & Oporto, J. (Eds). (2000). *La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: Aspectos sociales, económicos y ambientales* (1ª ed.). Colección sin norte de Santiago, Chile. LOM Ediciones.
- Consuegra Solórzano, A. (2009). *Parásitos nemátodos-anisákidos en peces y aves piscívoras del complejo cenagoso de Caimito en el departamento de Sucre Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional UdeC. <https://hdl.handle.net/11227/2245>
- Cogollos Blanco, M. F. (2020). *Efectos de la acidificación marina en conchas de bivalvos*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javierana, Bogotá]. Repositorio Institucional. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52417>

- Dejoux, C., & Iltis, A. (1991). *El lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual* (1ª ed.). HISBOL, Instituto de Historia Social Boliviana.
- De La Barra E., Maldonado M., Irma Vila., Ibáñez C., Jégu M., y Carvajal-Vallejos F.M. (2020). Resumen del conocimiento sobre la biología y taxonomía del género *Orestias Valenciennes 1839* (Actinopterygii, Cyprinodontiformes). *Hidrobiología neotropical y conservación acuática*, 1 (2), 185-224. <https://editorial-inia.com/articulos/>
- Dirección Regional de la Producción Puno [DIREPRO]. (2007). *Diagnóstico de la Pesca Artesanal en la Cuenca del Lago Titicaca*. Programa de Extensión Pesquera Artesanal.
- Eslava, N., González, L. W., & Gaertner, D. (2003). Asociación de la abundancia y la distribución vertical de atunes y peces de pico en el sureste del mar Caribe. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 213-220. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442003000100019&lng=en&tlng=es.
- Europea, U. (2006). Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 25, 20-31.
- Flores, O.Y. (2008). *Cultivo de peces nativos de la cuenca del Titicaca con fines de conservación y repoblamiento*. Boletín técnico del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, Puno, Perú. 68 pp.
- Flores, L.H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1299>
- Gabagambi, N.P., Salvanes, A.V., Midtøy, F., & Skorping, A. (2019). The tapeworm *Ligula intestinalis* alters the behavior of the fish intermediate host *Engraulicypris sardella*, but only after it has become infective to the final host. *Behavioural processes*, 158, 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.11.002>

- García-Ruiz, L., Cubas-Guerra, R., y Arbildo-Ortiz, H. (2013). Interrelación de factores ambientales del agua en infección parasitaria de alevinos de *Arapaima gigas* en ambientes controlados de la piscigranja Quistococha de la UNAP, Loreto, Perú. *Conoc. Amaz.*, 4(2), 115 – 123. <https://revistas.unapikitos.edu.pe/ojs-2.4.8-5/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/105>
- Gómez Navarrete, R.A. (2013). *Carga Parasitaria y su posible efecto en algunos parámetros morfológicos de Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional UAEM. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58826>
- Gualdrón Durán, L.E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Revista dinámica ambiental*, 1, 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Gutiérrez-Cabrera, Ana E., Pulido-Flores, Griselda, Monks, Scott & Gaytán-Oyarzún, Juan Carlos (2005). Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en peces de Metztlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica*, 15(3), 283–288. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972005000300004&lng=es&tlng=es
- Gutiérrez, R.C. (2013). *Análisis del contenido estomacal de ispi (Orestias ispi)* [Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4282>
- Hadou-Sanoun, G., Arab, A., Lek-Ang, S. & Lek, S. (2012). Impact of *Ligula intestinalis* (L.1758) (Cestode), on the growth of *Barbus setivimensis* (Cyprinidae) in a lak system in Algeria. *Comptes rendus biologies*, 335(4), 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2012.03.010>
- Hahn-von Hessberg, C., Toro, D. R., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G.M., & Serna-Uribe, L. (julio – diciembre, 2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, municipio de Palestina, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas.*, 13(2), 89–105. <http://vip.ucaldas.edu.co/boletincientifico/>

- Heckmann, R. A. (1992). Host records and tissue locations for *Diplostomum mordax* (Metacercariae) inhabiting the cranial cavity of fishes from Lake Titicaca, Peru. *The journal of parasitology*, 78 (3), 541-543. <https://doi.org/10.2307/3283665>
- Huatuco, S.G. (2007). *Efecto de una experiencia de organización del turismo rural en la comunidad de Llachón distrito de Capachica, departamento de Puno 1999 – 2006* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de tesis digitales. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1222>
- Ibañez, H.N. & Córdova, B.E. (1976). Cuatro especies nuevas de nemátodos del sur del Perú y redescrición de *Hedruris orestiae* Moniez, 1889. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 74(3-4), 231–254. <https://www.scielo.br/j/mioc/a/LSP7jHRMHPJHfJ645WRspsw/?lang=es>
- Ibañez C., Hugueny B., Esquer-Garrigos Y., Zepita C., Gutiérrez R. (2014). Biodiversidad íctica en el lago Titicaca. (pp. 135–153). En: Pouilly M., Lazzaro X., Point D., Aguirre M. (Eds.). *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del lago Titicaca*. Quito (ECU); La Paz: UICN; IRD, ISBN 9789997441843. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010062842>
- Innal, D., Keskin, N., Erk'akan, F. (2007). Distribution of *Ligula intestinalis* (L.) in Turkey. *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, 7, 19–22. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/141931>
- Instituto del Mar del Perú [IMARPE]. (marzo 2013). *Informe de mortandad de peces en la bahía interior de Puno del lago Titicaca* (pp. 18). Laboratorio Continental del IMARPE-Puno. *Informe del estudio histopatológico de peces de Puno* (pp. 7). Laboratorio sede central IMARPE.
- Instituto del Mar del Perú [IMARPE]. (2014). *Sinopsis biológica – pesquera, biomasa de las principales ícticas y limnológicas en el lago Titicaca*. Laboratorio Continental del IMARPE-Puno.
- Jiménez-González, D.M., Murillo-García, K. & Ríos-Pulgarín, M.I. (2021). Caracterización físicoquímica e hidrobiológica de tres ecosistemas kársticos de la cuenca del río Magdalena (Antioquia, Colombia) durante el ciclo hidrológico

- 2016-2017. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 45(175), 432–448.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1260>
- Lalinde, J.D.H., Castro, F.E., Rodríguez, J.E., Rangel, J.G.C., Sierra, C.A.T., Torrado, M. K.A., Sierra, S.M.C., Pirela, V.J.B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de farmacología y terapéutica*, 37(5), 587–595.
http://190.169.30.98/ojs/index.php/rev_aavft/article/view/16165
- Lauzanne, L. (1982). Les *Orestias* (Piscis, Cyprinodontidae) du petit lac Titicaca. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15(1), 37–70. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/hydrob-trop/02291.pdf
- Lauzanne, L. (1991). Especies nativas. Los *Orestias* (1ª ed., pp. 409–421). En: Dejoux C., Iltis Y. A. (Eds.). *El lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual* ORSTOM, HISBOL, Instituto de Historia Social Boliviana.
- Lemus, E., Mejía, A., Rodríguez, M. (2016). *Prevalencia de parásitos helmintos en peces de agua dulce del embalse Cerrón Grande de El Salvador* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. <https://xdoc.mx/preview/universidad-de-el-salvador-5e3339a3f008c>
- López, D.E. (2013). *Determinación de la prevalencia de endoparásitos en las especies Orestias agassii y Orestias luteus de la laguna de Umayo y bahía de Capachica del lago Titicaca - Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno].
- Luis, J. G. M., Sarabia, D. O., & Constantino, F. (1993). Prevalencia de los parásitos y las alteraciones que producen a las tilapias de la laguna de Amela, Tecomán, Colima. *Veterinaria México*, 24(3), 199–205. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=14375>
- Lüssen, A. (2003). *Zur systematik, phylogenie und biogeographie chilenischer arten der gattung Orestias VALENCIENNES, 1839 (Teleostei, Cyprinodontidae): Morphologische, biochemische und molekularbiologische Befunde* [In dissertation zur erlangung des doktorgrades des fachbereiches biologie der universität Hamburg].

- Maldonado, E., Hubert, N., Sagnes, P., & De MÉrona, B. (2009). Morphology-diet relationships in four killifishes (Teleostei, Cyprinodontidae, *Orestias*) from lake Titicaca. *Journal of fish biology*, 74(3), 502–520. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02140.x>
- Manjarrez, G., Blanco, J., González, B., Botero, C.M., & Díaz-Mendoza, C. (2019). Parásitos en playas turísticas: propuesta de inclusión como indicadores de calidad sanitaria. Revisión para américa latina. *Ecología Aplicada*, 18(1), 91-100. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1311>
- Marcos, R., Granados, M., García, T., Lucio, R., Bedolla, C., Tobajas, F. (2009). Estudio espacial de la incidencia de parásitos helmintos en peces tiro (*Goodea atripinnis*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Revista biológicas*, 11(1), 132 – 138. <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=64>
- Mariano, M., Huaman. P., Mayta, E., Montoya, H., & Chanco, M.C. (2010). 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>
- Martínez Guijarro, M., & Pachés Giner, M. A. V. (2018). *Determinación de oxígeno disuelto en agua mediante método yodométrico. Azide modificación*. Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/100083>
- Martorell, J. C., Sureda, E. M., & Baldoví, E. C. (2013). Parasitismo branquial de *Caligus spp* (Copepoda, Caligidae) de la lampuga *Coryphaena hippurus* L. (Pisces, Coryphaenidae) del mar Mediterráneo occidental (Islas Baleares). *Nereis. Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 5, 19–23. <https://revistas.ucv.es/index.php/Nereis/article/view/146>
- Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Prueba CHI-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. *Revista médica sanitas*, 21(2), 92–95. <https://revistas.unisanitas.edu.co/index.php/RMS/article/view/342>

- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2009). Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. *El Peruano* (Normas Legales), lunes 30 de marzo de 2009. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-recursos-hidricos-0>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Glosario de Términos. Sitios contaminados. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano* (Normas Legales), miércoles 7 de junio de 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Miranda, N. (2012). *Tecnología de aguas, tratamiento y control de calidad* (2ª ed.). Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Monks, S., Pulido-Flores, G., Bautista-Hernández, C.E, Alemán-García, B., Falcón-Ordaz, J., & Gaytán-Oyarzún, J.C. (2013). El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: lago de Tecocomulco vs laguna de Metztlán, Hidalgo, México. En G. Pulido-Flores y S. Monks (Eds.), *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, 2, 25–34. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=hidalgo>
- Moniez, R. (1889). Recherches sur le genre Hedruris á propos d'une espèce nouvelle, *Hedruris orestiae*. *Revue biologique Du Nord France*, 1(10), 361-385
- Morales Carrasco, J. L. (2015). *Determinación de coliformes termotolerantes en leche de cabra de la comunidad San Felipe Santiago de Cañas del distrito de Marcavelica-Sullana-Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/889>
- Morales Velasco. S. & Salazar Sánchez, M. (2012). Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). *Luna Azul*, (1),

10-27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000200002&lng=en&tlng=es.

Mueller, J.F. (1972). Cranial deformation in a fish resulting from intracranial parasitism by strigeid metacercariae. *The journal of parasitology*, 58(1), 183-184. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5012518/>

Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suarez J., García, E., Neira, M., & Jimenez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(5), 59-74. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000500005&Ing=es&tlng=es

Neira Gutiérrez, M., (2006). *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación*. Estudio de caso [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio académico. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/html/index-frames.html
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104452>

Norma Mexicana NMX-AA-007-SFCI (2013). *Análisis de agua - medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (cancela la NMX-AA-007-SFCI-2000)*. Diario oficial de la federación. Comité técnico de normalización nacional de medio ambiente y recursos naturales (COTEMARNAT). http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014_01.pdf

Operadora Ecológica del Titicaca SAC [OPETI]. (2020). Proyecto: “*Sistema de tratamiento de las aguas residuales de la cuenca del Titicaca*”. <https://ptartiticaca.com.pe/sitioweb/localidad-juli/>

Ordóñez Jumbo, S.M. (2006). *Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Jubones. En el sector Quera provincia de El Oro* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala de Ecuador]. Repositorio digital Institucional. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/924>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2006). *Guía para mejorar la calidad del agua potable* (3^a ed.) Vol. 1. Primer apéndice a la tercera edición. Vol. 1.

- Recomendaciones. Tercera edición. Catalogación por la Biblioteca de la Organización Mundial de Salud.
- Paredes Riveros, M.A., & Gonfiantini, R. (1999). Lake Titicaca: History and current studies. *Water & Environment news*. International atomic energy agency (IAEA). *Quarterly* 8/9. 6–8 pp.
https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:31024648
- Parenti, L.R. (1984). *Biogeography of the andean killifish genus Orestias with coments on the species Flock concept* (pp. 85–92) En: Echelle A.A., Kornfield I. (Eds.). *Evolution of fish species flocks*. University of Maine at Orono Press, U.S.A.
- Pari, Q.D. (2012). *Factores que influyen en el consumo de Orestias Agassi y Orestias luteus “Carachi” en la ciudad de Puno, 20111* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/301>
- Penados, M.A. (2011). *Helmintos gastrointestinales del pez blanco de Petén (Petenia splendida): especies y prevalencia de parasitosis en la población del lago Petén Itzá, Petén, Guatemala* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio del Sistema Bibliotecario.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/7549>
- Peña, C., & Tisnado, W. (2006). Ichthyophthiriasis en peces del género *Orestias* del lago Titicaca en Puno (Perú). *Comunicación científica*, 541–546.
<https://dokumen.tips/documents/ichthyophthiriasis-en-peces-natvos-del-lago-titicaca-en-puno-peru.html>
- Pérez, F. F., & Fraga, F. (1985). Un método preciso para la determinación de la alcalinidad, pH y carbono inorgánico total en agua de mar. *Instituto de investigaciones pesqueras de Vigo*, 49 (4), 617–626.
<https://digital.csic.es/handle/10261/88828>
- Pérez, M.N. (2017). *Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto(OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San

Agustin de Arequipa]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4109>

Pereira Iglesias, J. L. (1989). Tratamiento Estadístico de las Series Cronológicas en el Antiguo Régimen. *Revista de Geografía*, 8–9, 207–240.
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/109733.pdf>

Pineda, T.J.L, Coaquira, M.D., De La Cruz, P.D.W., Coaquira, H.L., Jara, M.M. (2019). *Determinación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas de las principales fuentes de consumo en la región Puno*. [Informe Final de Investigación de la Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/154>

Raffo Lecc.,E. & Ruiz Lizama, E.C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial data*, 17(1), 71–80.
<https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>

Ramírez, P.H. (2014). *Determinación de los niveles de contaminación del agua por la disposición final de residuos sólidos generados en la ciudad de Moyobamba - 2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/257>

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2010). Resolución Ministerial N° 271-2010-PRODUCE. Establecen tallas mínimas de captura y tamaños mínimos de malla de redes tipo cortina para las operaciones de extracción de diversos recursos hidrobiológicos en la cuenca del lago Titicaca. *El Peruano* (Normas Legales), miércoles 20 de octubre de 2010.
http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/marco-legal/B5%202.8.pdf

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2015). Resolución Ministerial N° 290-2015-PRODUCE. Proyecto de protocolo para el monitoreo de efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto. *El Peruano* (Normas Legales), sábado 5 de setiembre del 2015.
https://spda.org.pe/?wpfb_dl=1046

- Rivas, Z., Sánchez, J., Troncone, F., Marquez, R., Ledo De Medina, H., Colina, M., & Gutierrez, E. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia*, 34(5), 308–314. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000500004&Ing=es&tIng=es
- Romero Rojas, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (3ª ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Romero Rojas, J. (2009). *Calidad del agua* (3ª ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Salgado, G. & Rubio, M. (2014). Helmintos parásitos de peces de agua dulce introducidos, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. (pp. 269–285). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1870-3453201800010002900031&lng=en
- Salvá, B.M. (2007). *Evaluación ambiental de aguas superficiales y sedimentos en la cuenca del río Tablachaca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/113>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172–181. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Sánchez García, M.A. (2014). *Identificación de parásitos en peces comerciales como bioindicadores de contaminación en seis zonas de la cuenca del río Magdalena*. Universidad Militar Nueva Granada de Colombia. <http://hdl.handle.net/10654/11809>
- Santos Pinargote, J.O. (2011). *Identificación de nemátodos parásitos en peces dulceacuícolas colectados en los ríos: San Pablo, Caracol y Babahoyo* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1860>

- Sarasquete, C., Borrega, B., Robles, R., Núñez, R., Bermúdez, L., Ortiz-Delgado, J.B., Barrios, M.M., & García de Lomas J.M. (23 – 25 mayo, 2013). *Parásitos como bioindicadores de calidad y salud de cultivos semiintensivos en estebos. Diagnóstico y pronóstico de histopatologías branquiales en dorada, Sparus aurata y lubina, Dicentrarchus labrax en esteros. Diagnóstico y pronóstico de histopatología branquiales*, (pp. 320–323). [Presentación de póster]. XIV Congreso Nacional de Acuicultura, España.
- Sarmiento, J., Azabache, L., Mariño, L., Hinojosa, A. (1987). Sinopsis biológica de las principales especies ícticas del lago Titicaca (1° ed.). Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDE PESCA).
- Sarmiento, J., & Barrera, S. (2003). *Lista de peces amenazadas de Bolivia* (pp. 16). Fauna amenazada de Bolivia. Animales sin futuro. La Paz Bolivia.
- Sarmiento, L., Tantaleán, M. & Huiza, A. (1999). Nematodos parásitos del hombre y de los animales en el Perú. *Revista Peruana de Parasitología*, 14, 9–65. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/parasitologia/v14_n1-2/contenido.htm
- Segura, M., Guardia, A., Cervantes, L (2013). Encuesta de la pesca artesanal en el lago Titicaca (junio-diciembre 2006). *Informe del Instituto del Mar del Perú*, 40 (3-4): 274-90. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2244>
- Scholz, T. & Kuchta, R. (2005). *Parásito de metazoarios de peces nativos y de cultivo en Amazonía, Iquitos, Perú*. Tercer curso teórico y práctico sobre ictioparasitología.
- Severiche, C.A., Luna, J., & González, H. (2013). Evaluación analítica para la determinación de fósforo total en aguas por el método del ácido ascórbico. *Ingenium*, 7(17), 37–41. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/740>
- Sharpley, A.N., Daniel, T., Sims, T., Lemunyon, J. Stevens, R. & Parry, R. (2003). *Agricultural phosphorous and eutrophication*. U.S. Department of agriculture, agricultural research service, Washington D.C.
- Spellman, F. Drinan, J. y Berga Celma, A. (2004). *Manual del agua potable* (1ª ed.). Editorial Acribia, España.
- Spiegel, M. (2009). *Estadística* (4ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores.

- Tafur, L., & Cotrina, M. (2017). Identificación de parásitos en paiches “*Arapaima gigas*” juveniles. *Scientia agropecuaria*, 8(4), 305-314.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.02>
- Tantaleán, M. (1994). *Nuevos helmintos de importancia médica en el Perú*. Revista Peruana de Medicina Tropical, Universidad Nacional Mayor de San Marco, 8(1-2), 87-91. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/rpm_trop/anteriores.htm
- Tortora, G., Funque, B., Case, C., Morando, A., & Rondinone (2007). *Introducción a la Microbiología* (9ª ed.). Editorial médica panamericana Argentina.
- Ticona, M. (2013). *Infeción parasitaria y su prevalencia en Orestias de la laguna Umayo - Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno].
- Villamar Villamar, M. V. (2017). *Prevalencia de parásitos en dama blanca (Brycon alburnus) y vieja azul (Andinoacara rivulatus) presentes en el río Salitre* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21005>
- Villwock, W. (1983). El género *Orestias* y su evolución en el altiplano del Perú y Bolivia (pp. 59–66). Informe Final IX PERÚ. https://www.pecesdebolivia.com/443/biblioteca/documentos/El_genero_Orestias_y_su_evolucion.pdf
- Villwock, W. (1994). Consecuencias de la introducción de peces exóticos sobre las especies nativas del lago Titicaca. *Ecología en Bolivia*, 23, 49–56. <https://ecologiaenbolivia.com/documents/Villwock23.pdf>
- Wetzel, R.G. (1981). *Limnología* (1ª ed.). Editorial Omega S. A. España.
- Wirrmann, D. (1991). Morfología y batimetría. En C. Dejoux & A. Iltis A. (Eds.), *El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual* (1ª ed., pp. 31–38). HISBOL, Instituto de Historia Social Boliviana.
- Wurtsbaugh, W.A. & Alfaro, R.A (1988). Mass mortality of fishes in lake Titicaca (Perú-Bolivia) associated with the protozoan parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Transaction of the American Fisheries Society*, 117(1), 213–217 [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1988\)117<0213:MMOFIL>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1988)117<0213:MMOFIL>2.3.CO;2)

ANEXOS

Anexo 1. Acopio de los ejemplares de peces en la localidad de Chimu.



Anexo 2. Muestreo de aguas superficiales



Anexo 3. Análisis en laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas- UNA Puno



Anexo 4. Muestras y Necropsia de *Orestias ispi*



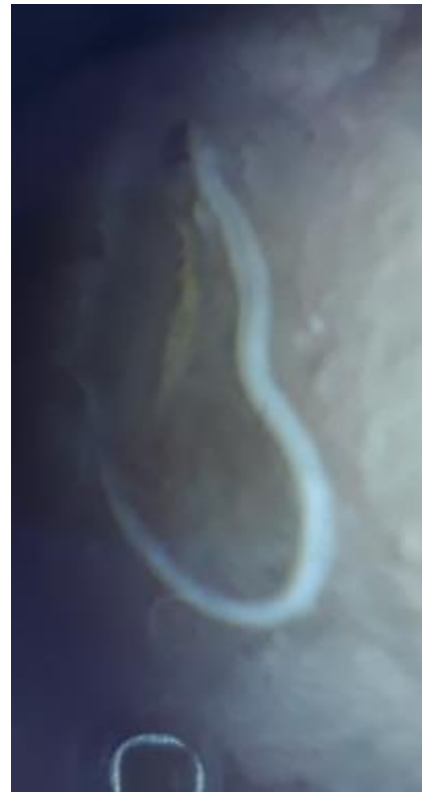
Anexo 5. Muestras y Necropsia de *O. luteus* y *O. agassii*



Anexo 6. Análisis y observación estereomicroscópico de ecto y endoparásitos en *O. ispi*, *O. luteus* y *O. agassii*



Anexo 7. Parasitos del género *Orestias Ligula intestinalis*, *Hedruris* sp. y *Diplostomum* sp.



Anexo 8. Constancias de análisis de aguas mes de enero 2019



INFORME DE ENSAYO N° FOR02 – 16012019

ANALISIS DE AGUAS

SOLICITANTE : TESISTA GERMÁN MAMANI UTURUNCO
ESCUELA DE POST GRADO DE UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : LAGO TITICACA.

MATRÍZ ANALIZADA O PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL

FECHA DE MUESTREO : 10/01/2019
FECHA INGRESO A LABORATORIO : 11/01/2019

RESULTADOS

EL PRODUCTO HA SIDO EVALUADO CONTRA LOS VALORES ECAs. PARA AGUAS DE LA CATEGORÍA 2 DESTINADAS A EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES. - SUB CATEGORÍA C4: EXTRACCIÓN Y CULTIVO DE ESPECIES HIDROBIOLÓGICAS EN LAGOS Y LAGUNAS, SEGÚN D.S. N° 004-2017-MINAM.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Temperatura	°C	Δ3	14.15	14.21	15.10
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.57	6.53	6.48
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.30	8.42	8.45
* Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg O ₂ /L	10	8.84	8.87	8.82
Fósforo total	mg/L	0.025	0.023	0.028	0.030
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.027	0.035	0.025



ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Chimu (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Temperatura	°C	Δ3	15.40	15.47	15.53
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	5.94	5.96	5.87
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.49	8.52	8.46
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	7.01	7.54	7.92
Fósforo total	mg/L	0.025	0.45	0.43	0.54
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.097	0.085	0.072

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
e-mail: actisac@outlook.com



Aseguradora de la Calidad y
Tecnología Industrial S.A.C.

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Temperatura	°C	Δ3	14.80	14.89	14.92
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.80	6.74	6.68
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.56	8.42	8.37
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	4.03	4.87	5.12
Fósforo total	mg/L	0.025	0.01	0.012	0.018
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	< 0.003	< 0.003	< 0.003

MÉTODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO

Temperatura : Método termométrico *in situ*
 Oxígeno disuelto : Método de yodométrico
 Potencial de Hidrógeno : Método peachimetro
 Demanda Bioquímica de Oxígeno : Método de dicromato
 Fósforo total : Método de espectrofotometría
 Nitratos : Método del ión selectivo

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	3	15	20

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Chimú (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	140	110	50

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	43	38	30

Coliformes termotolerantes (44.5°C) : Método número más probable (NMP).

CONCLUSIONES: EL INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTROS LABORATORIOS ES VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

JULIACA, 16 DE ENERO 2019



ORGE R. VALDEIGLESIAS JARA
ING. QUÍMICO
CIP. 133038

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
 Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
 Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
 e-mail: actisac@outlook.com

Anexo 9. Constancias de análisis de aguas mes de febrero 2019



INFORME DE ENSAYO N° FOR02 – 24022019

ANÁLISIS DE AGUAS

SOLICITANTE : TESISTA GERMÁN MAMANI UTURUNCO
ESCUELA DE POST GRADO DE UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : LAGO TITICACA.

MATRÍZ ANALIZADA O PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL

FECHA DE MUESTREO : 18/02/2019
FECHA INGRESO A LABORATÓRIO : 19/02/2019

RESULTADOS

EL PRODUCTO HA SIDO EVALUADO CONTRA LOS VALORES ECAS. PARA AGUAS DE LA CATEGORÍA 2 DESTINADAS A EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES. - SUB CATEGORÍA C4: EXTRACCIÓN Y CULTIVO DE ESPECIES HIDROBIOLÓGICAS EN LAGOS Y LAGUNAS, SEGÚN D.S. N° 004-2017-MINAM.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Temperatura	°C	Δ3	15.33	15.38	15.42
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.32	6.28	6.45
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.48	8.52	8.62
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg O ₂ /L	10	8.96	8.98	8.80
Fósforo total	mg/L	0.025	0.038	0.042	0.026
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.023	0.032	0.045



ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Chimu (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Temperatura	°C	Δ3	16.90	16.86	16.89
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.08	6.14	5.98
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.62	8.68	8.72
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	7.86	7.92	7.85
Fósforo total	mg/L	0.025	0.63	0.68	0.74
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.057	0.067	0.092

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
e-mail: actisac@outlook.com



Aseguradora de la Calidad y
Tecnología Industrial S.A.C.

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Temperatura	°C	Δ3	15.20	15.32	15.58
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.95	6.86	6.75
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.56	8.41	8.47
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	3.98	4.20	3.70
Fósforo total	mg/L	0.025	0.014	0.016	0.012
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	< 0.003	< 0.003	< 0.003

MÉTODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO

Temperatura : Método termométrico *in situ*
 Oxígeno disuelto : Método yodométrico
 Potencial de Hidrógeno : Método peachímetro
 Demanda Bioquímica de Oxígeno : Método de dicromato
 Fósforo total : Método de espectrofotometría
 Nitratos : Método del ión selectivo

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	78	98	60

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de Chimu (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	94	74	170

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	15	12	10

Coliformes termotolerantes (44.5°C) : Método número más probable (NMP)

CONCLUSIONES: EL INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTROS LABORATORIOS ES VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

JULIACA, 24 DE FEBRERO 2019



JORGE R. VALDEIGLESIAS JARA
ING. QUÍMICO
CIP. 133038

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
 Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
 Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
 e-mail: actisac@outlook.com

Anexo 10. Constancias de análisis de aguas mes de marzo 2019



INFORME DE ENSAYO N° FOR02 – 17032019

ANALISIS DE AGUAS

SOLICITANTE : TESISTA GERMÁN MAMANI UTURUNCO
ESCUELA DE POST GRADO DE UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : LAGO TITICACA.

MATRÍZ ANALIZADA O PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL

FECHA DE MUESTREO : 11/03/2019
FECHA INGRESO A LABORATORIO : 12/03/2019

RESULTADOS

EL PRODUCTO HA SIDO EVALUADO CONTRA LOS VALORES ECAs. PARA AGUAS DE LA CATEGORÍA 2 DESTINADAS A EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES. - SUB CATEGORÍA C4: EXTRACCIÓN Y CULTIVO DE ESPECIES HIDROBIOLÓGICAS EN LAGOS Y LAGUNAS, SEGÚN D.S. N° 004-2017-MINAM.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Temperatura	°C	Δ3	16.43	16.45	16.53
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.15	6.63	6.52
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.50	8.78	8.85
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg O ₂ /L	10	8.32	8.95	8.98
Fósforo total	mg/L	0.025	0.09	0.15	0.10
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.035	0.048	0.060

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreos: localidad de Chimú (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Temperatura	°C	Δ3	18.40	18.42	18.38
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.07	5.8	5.74
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.56	8.64	8.87
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	8.20	8.86	9.20
Fósforo total	mg/L	0.025	0.72	0.74	0.70
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	0.054	0.062	0.087

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
e-mail: actisac@outlook.com



Aseguradora de la Calidad y
Tecnología Industrial S.A.C.

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Temperatura	°C	Δ3	15.6	15.67	15.70
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	6.68	6.62	6.57
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.0 – 9.0	8.32	8.30	8.27
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	10	3.95	4.78	5.35
Fósforo total	mg/L	0.025	0.020	0.017	0.015
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	< 0.003	< 0.003	< 0.003

MÉTODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO

Temperatura : Método termométrico *in situ*
 Oxígeno disuelto : Método yodométrico
 Potencial de Hidrógeno : Método peachímetro
 Demanda Bioquímica de Oxígeno : Método de dicromato
 Fósforo total : Método de espectrofotometría
 Nitratos : Método del ión selectivo

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de Olla (distrito de Juli)		
			P - 1	P - 2	P - 3
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	62	50	10

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de Chimú (distrito de Puno)		
			P - 4	P - 5	P - 6
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	43	67	29

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	Estándares de Calidad Ambiental	Resultados: Puntos de muestreo: localidad de LLachon (distrito de Capachica)		
			P - 7	P - 8	P - 9
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	NMP/100 mL	200	4	12	8

Coliformes termotolerantes (44.5°C) : Método número más probable (NMP)

CONCLUSIONES: EL INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTROS LABORATORIOS ES VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

JULIACA, 17 DE MARZO 2019



JORGE R. VALDEIGLESIAS JARA
ING. QUÍMICO
CIP. 133038

Mejoramos tu empresa, tus procesos y tus resultados.

Residencial La Florida - Los Kantus C-19 Wanchaq - Cusco.
 Urb. Magisterial Amauta Mz. A3 Lote 01 Juliaca Puno.
 Telf.: 051 334576 / 951 348121 / 993 287747
 e-mail: actisac@outlook.com

Anexo 11. Constancias de ejecución de proyecto de tesis.



Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ciencias Biológicas

Ciudad Universitaria – Teléfono 36 6189 – Apartado Postal 291



CONSTANCIA Nº 43-2021-D-FCCBB-UNA

**LA QUE SUSCRIBE, DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO.**

HACE CONSTAR.-

Que, el Sr. **GERMÁN MAMANI UTURUNCO**, egresado del Programa de Maestría en Ecología, Mención en Acuicultura de Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, ha desarrollado evaluación de muestras biológicas del género *Orestias* de Proyecto Tesis titulado: “**PARASITOSIS DE ORESTIAS DEL LAGO TITICACA DE MAYOR IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA EN RELACIÓN CON LOS FACTORES FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS**” en las instalaciones del Laboratorio de Zoología Aplicada, durante los meses de enero, febrero y marzo del 2019.

Se expide la presente CONSTANCIA a solicitud del interesado, para los fines que estime pertinentes.

Puno, 01 de diciembre del año 2021.



M.Sc. EVA LAURA CHAUCA DE MEZA
DECANA

Firmado digitalmente por LAURA
CHAUCA DE MEZA Eva FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.12.2021 18:20:01 -05:00

cc.
Archivo2021
ELCH/scrq.-