



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y
BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE
PACUCHA CON FINES DE USO EN ACUICULTURA – DISTRITO
DE PACUCHA – PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS –REGIÓN DE
APURÍMAC**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. KELY MACHACA ANCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE PACUCHA

AUTOR

Kely Machaca Ancco

RECuento DE PALABRAS

16205 Words

RECuento DE CARACTERES

88709 Characters

RECuento DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

May 8, 2023 1:38 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 8, 2023 1:40 PM GMT-5

● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

Firmado digitalmente por ORNA
RIVAS Edwin Federico FAU
20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.05.2023 11:45:52 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

De manera muy especial a mis padres Mario Machaca Flores y Juana Rosa Ancco Chura, a mi madre por darme el ejemplo de valentía y lucha ante las adversidades, a mi padre por siempre creer en mí y demostrarme su amor y apoyo infinito en todo momento.

A mis hermanos Deyvid y Marco que más que hermanos son mis verdaderos amigos, sé que este paso les alegra tanto como a mí.

A mi compañero de vida, tu ayuda ha sido fundamental, gracias por animarme y confiar siempre en mí.

A mis hijos Sebastien y Melanie por ser el motor que me impulsa a seguir adelante y no rendirme.

Kely Machaca Ancco



AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento a Dios, quien me guía y me da la fortaleza para seguir adelante.

La realización de este trabajo de investigación fue posible gracias a la colaboración de muchas personas, a las cuales de manera personal quiero externar mi agradecimiento.

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno por cobijarme en sus aulas y brindarme de las herramientas necesarias para poder culminar mi vida universitaria y a los docentes de mi Facultad de Ciencias Biológicas que me brindaron conocimiento.

Mi agradecimiento eterno a mis amados padres por haberme dado la oportunidad de tener un futuro profesional y por su amor incondicional. Y a toda mi familia en general por acompañarme con tanto cariño en este camino.

A mi asesor y director de tesis M.Sc. Edwin Federico Orna Rivas, por su paciencia y brindarme su apoyo y sabiduría para la elaboración de este trabajo de investigación.

A los jurados de tesis: Dr. Félix Rodolfo Meza Romualdo, D. Sc. Jose David Velezvía Díaz, Blgo. Herminio René Alfaro Tapia, por darse el tiempo para hacer las correcciones y revisiones a este trabajo.

Expreso mi sincero agradecimiento al Centro Piscícola de Pacucha, de la Dirección Sub Regional de la Producción Andahuaylas, por brindarme el apoyo tanto con su personal y con los materiales que se necesitó para la realización de esta investigación.

Kely Machaca Ancco

¡Muchas gracias a todos!



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL 16

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 17

2.2 MARCO TEÓRICO 20

2.2.1 Acuicultura..... 20

2.2.1.1 Definición..... 20

2.2.1.2 Importancia de la Acuicultura 21

2.2.2 El agua 21

2.2.2.1 Calidad y cantidad..... 21

2.2.2.2 Aguas de ambientes lénticos 21

2.2.3 Parámetros físicos del agua..... 22

2.2.3.1 Transparencia 22

2.2.3.2 Temperatura 22



2.2.4	Parámetros químicos del agua	22
2.2.4.1	Alcalinidad	22
2.2.4.2	Amoníaco	22
2.2.4.3	Dióxido de carbono	23
2.2.4.4	Nitrito	23
2.2.4.5	Potencial de Hidrógeno	23
2.2.4.6	Cloruro	24
2.2.4.7	Dureza	24
2.2.4.8	Oxígeno Disuelto	24
2.2.5	Parámetros microbiológicos	24
2.2.5.1	Coliformes totales	25
2.2.6	Parámetros biológicos	25
2.2.6.1	Fitoplancton.....	25
2.2.6.2	Zooplancton.....	25

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	27
3.1.1	Identificación de los puntos de monitoreo	28
3.1.2	Frecuencia de monitoreo en el cuerpo de agua.....	28
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.3.1	Población	29
3.3.2	Muestra	29
3.4	PREPARACIÓN DE MATERIALES	29
3.4.1	Medios de transporte.....	30



3.4.2 Materiales.....	30
3.4.3 Equipos	31
3.4.4 Indumentaria de seguridad.....	31
3.5 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	31
3.5.1 Determinación de los parámetros físicos	31
3.5.1.1 Temperatura	31
3.5.1.2 Transparencia	31
3.5.2. Determinación de los parámetros químicos:.....	32
3.5.2.1 Alcalinidad	32
3.5.2.2 Nitrógeno amoniacal	33
3.5.2.3 Nitrógeno nitrito.....	33
3.5.2.4 Potencial de Hidrogeniones (pH).....	34
3.5.2.5 Cloruro	34
3.5.2.6 Dureza	35
3.6 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	35
3.6.1 Frecuencia de muestreo	35
3.6.2 Muestreo	35
3.6.3 Preservación y transporte de las muestras	36
3.7 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS BIOLÓGICOS	37
3.7.1 Frecuencia de muestreo	37
3.7.2 Recolección y procesamiento de muestras	37
3.7.3 Fitoplancton	38
3.7.3.1 Análisis cuantitativo.....	38
3.7.4 Zooplancton	38
3.7.4.1 Análisis cuantitativo.....	38



3.7.5 Análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton.....	39
3.8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	39

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA LAGUNA DE PACUCHA.....	41
4.1.1 Medición de parámetros químicos	41
4.1.2 Promedio de los valores químicos	45
4.1.2 Medición de parámetros físicos	48
4.1.2.1 Temperatura	48
4.1.2.2 Transparencia	49
4.2 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	50
4.2.1 Primer resultado de coliformes totales.....	51
4.2.2 Segundo resultado de coliformes totales	52
4.2.3 Tercer resultado de Coliformes totales	53
4.2.4 Registro de coliformes totales en los meses de mayo, junio y julio	54
4.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS	55
4.3.1 Fitoplancton	55
4.3.1.1 Cuantificación del fitoplancton	56
4.3.1.2 Determinación de los índices biológicos de diversidad	57
4.3.2 Zooplancton	60
4.3.2.1 Cuantificación de zooplancton	61
4.3.2.2 Determinación de los índices biológicos de diversidad	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66



ANEXOS..... 73

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUB LÍNEA: Acuicultura

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de mayo del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ámbito de estudio y disposición de los puntos de muestreo.....	27
Figura 2. Forma y tiempo de medir la transparencia del agua con el disco Secchi.....	32
Figura 3. Modo de uso de las bolsas esterilizadas.	36
Figura 4. Análisis de la temperatura en las cuatro estaciones.	48
Figura 5. Análisis de la transparencia en las cuatro estaciones.	49
Figura 6. Coliformes totales en la laguna de pacucha.	54
Figura 7. Índices biológicos de diversidad del fitoplancton.	58
Figura 8. Índices biológicos de diversidad del zooplancton.	62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de muestras por zonas y meses de muestreo.....	28
Tabla 2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo 2022.....	29
Tabla 3. Ubicación de las zonas de muestreo para el análisis biológico.	37
Tabla 4. Registro de parámetros de la estación A01.....	41
Tabla 5. Registro de parámetros de la estación A02.....	42
Tabla 6. Registro de parámetros de la estación A03.....	43
Tabla 7. Registro de parámetros de la estación A04.....	44
Tabla 8. Promedio de los valores obtenidos en los tres meses de muestreo.	45
Tabla 9: Estado trófico de un cuerpo de agua léntico a partir de la transparencia (roldán & ramírez, 2008).....	50
Tabla 10. Información de la muestra del mes de mayo.	51
Tabla 11. Resultados de las muestras del mes de mayo.	51
Tabla 12. Información de la muestra del mes de junio.	52
Tabla 13. Resultados de la muestra del mes de junio.	52
Tabla 14. Información de la muestra del mes de julio.	53
Tabla 15. Resultados de la muestra del mes de julio.	53
Tabla 16. Composición de especies de fitoplancton.....	55
Tabla 17. Número de individuos hallados en los meses de mayo, junio y julio.	56
Tabla 18. Índices biológicos de diversidad.....	57
Tabla 19. Composición de especies de zooplancton.....	60
Tabla 20. Número de individuos (ind./ml) en los meses de mayo, junio y julio.	61
Tabla 21. Índices biológicos de diversidad.....	61



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- (ANA) Autoridad Nacional del Agua
- (D. S.) Decreto Supremo
- (ECA) Estándares de Calidad Ambiental
- (DIGESA) Dirección General de Salud Ambiental
- (FONDEPES) Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero
- (GPS) Sistema de Posicionamiento Global
- (m.s.n.m) metros sobre el nivel del mar
- (MINAM) Ministerio del Ambiente
- (NMP) Número Mas Probable
- (PNP) Policía Nacional del Perú



RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la laguna de Pacucha, que está ubicada en la provincia de Andahuaylas, Región de Apurímac. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad físico-química, microbiológica y biológica del agua de la laguna de Pacucha con fines de uso en acuicultura, cuyos objetivos específicos fueron: Analizar los parámetros físico-químicos, determinar los parámetros microbiológicos y determinar los parámetros biológicos, todos estos para el uso en acuicultura en la laguna de Pacucha. Para dicho efecto se tomaron cuatro puntos de control que se dividieron alrededor de la laguna, por un periodo de tres meses (mayo, junio y julio) del año 2022. Los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros físicos que se evaluaron *in situ* fueron la transparencia (4 a 5.04 m) y temperatura (15.8 °C a 17.8 °C), los parámetros químicos evaluados con el Kit LaMotte AQ-2 fueron: alcalinidad ± 101.3 ppm, amoníaco ± 0.5 ppm, CO₂ ± 2.8 ppm, nitrito ± 0.02 ppm, pH ± 7.8 , Cloruro ± 11 ppm, dureza ± 111.8 ppm y OD ± 6.84 ppm. Para los análisis microbiológicos se tomaron muestras en bolsas esterilizadas donde se observó una amplia diferencia entre los meses de muestreo de 88.65 a 1859.6 NMP/100mL. En cuanto al análisis biológico se utilizó red de plancton de 10 y 60 micras donde se identificó tres especies de zooplancton y ocho especies de fitoplancton. Con los valores obtenidos se concluye que las aguas de la laguna de Pacucha son aptas para la acuicultura.

Palabras clave: Acuicultura, análisis, biológicos, especies, eutrofización, parámetros.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Pacucha lagoon, which is located in the province of Andahuaylas, Apurímac Region. The objective of this study was to evaluate the physical-chemical, microbiological and biological quality of the water of the Pacucha lagoon for the purpose of use in aquaculture, whose specific objectives were: a) Analyze the physical-chemical parameters, b) Determine the microbiological parameters and c) Determine the biological parameters, all of these for use in aquaculture in the Pacucha lagoon. For this purpose, four control points were taken that were divided around the lagoon, for a period of three months (May, June and July) of the year 2022. The results obtained in terms of the physical parameters that were evaluated in situ were the transparency (4 to 5.04 m) and temperature (15.8 °C to 17.8 °C), the chemical parameters evaluated with the LaMotte AQ-2 Kit were: alkalinity ± 101.3 ppm, ammonia ± 0.5 ppm, CO₂ ± 2.8 ppm, nitrite ± 0.02 ppm, pH ± 7.8 , Chloride ± 11 ppm, hardness ± 111.8 ppm and OD ± 6.84 ppm. For the microbiological analysis, samples were taken in sterilized bags where a wide difference was observed between the sampling months from 88.65 to 1859.6 NMP/100mL. Regarding the biological analysis, a plankton net of 10 and 60 microns was used, where three species of zooplankton and eight species of phytoplankton were identified. With the values obtained, it is concluded that the waters of the Pacucha lagoon are suitable for aquaculture.

Keywords: Aquaculture, analysis, biological, species, eutrophication, parameters.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la Región de Apurímac, Provincia de Andahuaylas, Distrito de Pacucha se encuentra una de las lagunas más hermosas del Perú, la “laguna de Pacucha”, que provee de recurso hídrico a la población ribereña. Los recursos hídricos, son esenciales para la existencia de los seres vivos y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productiva; el desarrollo de estas actividades, impacta directa o indirectamente en su calidad (ANA, 2011), por tal motivo, se hace necesaria la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos que permiten evaluar su calidad para planificar e implementar acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos (ANA, 2016).

La falta de obras de saneamiento básico y/o obras inconclusas en las diferentes comunidades que están alrededor de la laguna, escorrentía urbana, escorrentía agrícola, aguas servidas, etc. ocasionarían el deterioro y degradación de este recurso impactando en la flora y fauna de este ecosistema.

La calidad de agua es un factor importante para la salud y el buen desarrollo de los recursos hidrobiológicos, es necesario conocer las principales características físico-químicas y microbiológicas para su uso en acuicultura ya que pueden ser beneficiosos o perjudiciales para la especie a cultivar. El agua ha cobrado una especial relevancia en los últimos años y se ha determinado la necesidad de valorar y conservar los recursos hídricos y estar alertas en cuanto se presente aumentos significativos en los niveles de contaminación (Ortiz, 2013).

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, que implica la intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, como fuente de



alimentación, empleo e ingresos, optimizando los beneficios económicos en armonía con la preservación del ambiente y la conservación de la biodiversidad, el uso óptimo de los recursos naturales y del territorio; garantizando la propiedad individual o colectiva del recurso cultivado (Decreto Legislativo N° 1195, 2015). Por estos tiempos las comunidades pesqueras van presentando diversos inconvenientes lo que dificulta su desarrollo armónico y sostenible, y por lo tanto no podemos apreciar su verdadera potencialidad.

La laguna de Pacucha es un sitio ideal para la realización de esta investigación donde se evaluará el impacto de las actividades antropogénicas y conocer el estado actual de dicho recurso, pues de la calidad del agua depende el bienestar de la población ribereña, además de toda la flora y fauna que están asociados en este recurso tan elemental y de contribuir con información que sirva como antecedente para futuros estudios e investigaciones.

La presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad físico-químico, microbiológico y biológico del agua de la laguna de Pacucha con fines de uso en acuicultura.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físico-químicos de la laguna de Pacucha.
- Determinar los parámetros microbiológicos en la laguna de Pacucha.
- Determinar los parámetros biológicos de la laguna de Pacucha.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Escobar (2020), el objetivo de esta investigación fue identificar los microorganismos que pueden ser considerados como bioindicadores de calidad de agua de la Laguna Huacracocha (Huancayo) y permitan determinar el grado de eutrofización, también obtuvo muestras fisicoquímicas y biológicas. Los resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos que se obtuvo, ubican a la calidad del agua de la Laguna en un nivel oligotrófico. En cuanto a los resultados de población fitoplancton también la ubican en un estado oligotrófico a mesotrófico con un valor de 1585 ind/l. (Rodríguez *et al.*, 2001), en el estudio que realizó se analizó las fluctuaciones físico-químicas, bacteriológicas y ficológicas en la laguna Suco ubicada en la Provincia de Córdoba-Argentina, con los riesgos potenciales para el hombre y el ambiente. Los resultados que obtuvo permiten inferir su aptitud para el aprovechamiento del recurso hídrico con fines pesqueros recreacionales.

Arteaga (2019), realizó su investigación en cinco (5) lagunas (Huicsococha, Maqui Contaycocha, Huacacocha y Challhuacocha) perteneciente a la Comunidad de Congas la cual está ubicada sobre los 3055 m.s.n.m., en la Región de Ancash. Donde analizó los parámetros físicos- químicos y biológicos para su propuesta en acuicultura extensiva, semiintensiva e intensiva. Donde menciona de localización, accesibilidad, parámetros físicos, químicos y biológicos de las lagunas, de la misma manera (Torres Pérez *et al.*, 2013), realizaron estudios en los distritos de Leoncio Prado, Checra y Santa Leonor; pertenecientes a la provincia de Huaura, donde hicieron análisis de parámetros físicos, químicos e identificaron especies biológicas en dichos recursos con



fines de uso en acuicultura extensiva, semiintensiva e intensiva. En este estudio se evaluó 8 recursos hídricos.

Por otro lado Portocarrero (2018), llevó a cabo sus estudios con la finalidad de evaluar la influencia de la calidad del agua y el manejo en la condición sanitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en piscigranjas de la región Amazonas se realizó el análisis físico-químico y microbiológico (Coliformes fecales) del agua en 14 piscigranjas. Por lo cual, gracias a este estudio se concluyó que existe efecto de la calidad del agua y el manejo en las condiciones sanitarias de la trucha arcoíris en piscigranjas de la región Amazonas.

Según Atanacio (2018), muestra resultados sobre el estudio en la laguna La Encantada que se encuentra en la provincia de Huaura, donde evaluó las propiedades fisicoquímicas, flora y fauna. En este estudio el autor da a conocer propuestas para mantener el estado natural de la laguna. Cuyo resultado denota una mayor carga de concentración de fosfatos y nitratos en las zonas donde hay ingreso de carga orgánica.

Por otro lado Fajardo (2018), determinó la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas superficiales y subterráneas sometidos a una intensa contaminación. Los parámetros fisicoquímicos del agua en general superaron los límites permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) 2008, 2015 y 2017 del Perú (D.S. N°002-2008-MINAN, D.S. N°015-2015-MINAN y D.S. N°004-2017-MINAN). Se concluye que toda el área de estudio está impactada por la contaminación microbiológica y fisicoquímica.

Otro estudio sobre los estándares de calidad ambiental (ECA) fue efectuado por (Blanco, 2018), esta investigación lo realizó en el Distrito de Cabanillas, ubicada a una altitud de 3885 m.s.n.m, en la Región de Puno, donde sus objetivos fueron medir los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en aguas crenales en Cohallaca,



Distrito de Cabanillas y aplicó la metodología de la Resolución Jefatural N°010 – 2016 - ANA, manual de análisis HACH (2000), y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano MINAM (2015), donde determinó que la calidad de agua no es apta para el consumo humano.

Amacifen & Guevara (2017), realizan el monitoreo de los parámetros de calidad de agua de cinco (5) granjas acuícolas. Cuyos parámetros de calidad del agua evaluados en el efluente, no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua establecidos por el D.S. N°015-2015-MINAM: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y parámetros óptimos para la crianza de peces en ambientes tropicales.

ANA (2016), publica el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”, documento que tiene por objetivo estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros considerando el diseño de las redes de puntos de monitoreo, la frecuencia, el programa analítico, la medición de parámetros de campo, la recolección, la preservación, almacenamiento, transporte de muestras de agua, el aseguramiento de la calidad y la seguridad del desarrollo del monitoreo. Asimismo (Envirolab Perú S.A.C, 2010), realizó un plan de trabajo elaborado por la empresa Envirolab Perú, basado en el requerimiento realizado por la Dirección General de Acuicultura a través de los Términos de Referencia (TdR), donde consideró varios puntos: Elaboración de Plan de monitoreo y evaluación, establecimiento y georreferenciación de estaciones de muestreo en cada laguna, determinación de parámetros del agua a tres niveles (superficial, media agua y fondo del recurso hídrico a evaluar), determinación de parámetros físicos de la laguna, entre otros. Este estudio nos servirá como guía para realizar esta investigación.



Así mismo Barreto (2010), presenta un documento donde establece los criterios fundamentales para el desarrollo de los monitoreos del agua, considerando las pautas para identificar los parámetros, las estaciones de muestreo, procedimientos de toma de muestras, preservación, conservación, envío de muestras y documentos necesarios. De igual manera, permitirá incorporar el aseguramiento y control de calidad del monitoreo. (Cavero & Manrique, 2019), realizaron un estudio en las lagunas altoandinas de Huánuco evaluadas para el desarrollo de la acuicultura en el año del 2016, aquí se efectuaron investigaciones para identificar cuerpos de agua lénticos con posible potencial acuícola, se muestrearon plancton y bentos; se registraron los parámetros físico-químico del agua como temperatura, pH, dureza, CO₂, nitritos, alcalinidad, nitrógeno amoniacal y cloruro. Los resultados permitieron la identificación de la diversidad biológica existente y la calidad del cuerpo de agua.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Acuicultura

2.2.1.1 Definición

“Por acuicultura se entiende el cultivo de organismos acuáticos como los Echinodermos, Moluscos, Crustáceos, peces, Anfibios, Reptiles, Vegetales superiores y Algas, que poseen un ciclo biológico relacionado directa o indirectamente con el agua” (Bedriñana, 2009).

En cuanto al cultivo de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), cuando fue introducido en sus comienzos como una especie de poblamiento en distintos ambientes acuáticos de aguas frías, solo se desarrollaba para el consumo local, hoy en día se desarrolla esta actividad con más éxito gracias a las excelentes condiciones que tenemos en los andes peruanos lo cual, nos permite el crecimiento de esta actividad y también obtener un producto de calidad (Ramírez *et al.*, 2018).



2.2.1.2 Importancia de la Acuicultura

Desde el punto de vista de Bedriñana (2009), el cual nos hace saber lo siguiente: es una fuente de alimento proteico, fuente de ingreso económico, revaloración de terrenos, revaloración de los cuerpos de agua, entre otros.

“La acuicultura implica la intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, como fuente de alimentación, empleo e ingresos, optimizando los beneficios económicos en armonía con la preservación del ambiente y la conservación de la biodiversidad, el uso óptimo de los recursos naturales y del territorio; garantizando la propiedad individual o colectiva del recurso cultivado” (Ramírez *et al.*, 2018).

2.2.2 El agua

2.2.2.1 Calidad y cantidad

Garza *et al.*, (1992), expresan que la calidad del agua es uno de los factores más importantes para la salud de los peces; ejerce una acción decisiva sobre los aciertos desarrollados por productos tóxicos.

“Un aspecto importante para un proyecto de truchas es el agua, pues ésta tiene que tener ciertas condiciones de calidad y cantidad. En relación con la calidad, es muy importante buscar una fuente de agua limpia, sin contaminación y con poco sedimento” (FAO, 2014).

De igual manera Orna (2015), destaca que “Para el cultivo de peces se requiere de un buen abastecimiento de agua. La cantidad y calidad determinan el éxito o el fracaso de esta actividad”.

2.2.2.2 Aguas de ambientes lénticos

Los ambientes lénticos son cuerpos de aguas cerrados que permanecen en un mismo lugar con mínimo fluir, cuyo nombre proviene de la palabra LENITUS, que



significa lento, perezoso. Son ambientes que presentan aguas estancadas ocupando una depresión en la superficie terrestre, como los lagos, lagunas, los esteros, los pantanos, etc. (Bedriñana, 2009).

2.2.3 Parámetros físicos del agua

2.2.3.1 Transparencia

Roldán & Ramírez (2008) postulan que “La transparencia es una medida de gran valor en la limnología, de tal magnitud, que sin importar el tipo de fotocelda que se posea, en toda excursión limnológica siempre el disco Secchi es una herramienta que nunca falta”.

2.2.3.2 Temperatura

“El parámetro físico del agua más importante para fines acuícolas, a partir de la cual, condiciona el efecto del crecimiento y el desarrollo normal de los recursos hidrobiológicos con fines comerciales” (FONDEPES, 2014).

2.2.4 Parámetros químicos del agua

2.2.4.1 Alcalinidad

Según Orna (2015), argumenta que la alcalinidad se refiere a la presencia de ciertos aniones (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos), los cuales causan que el agua sea alcalina o mantenga el pH alto (sobre 7), los carbonatos y bicarbonatos tamponan el agua; esto es que, tienden a mantener el pH constante. (Rodríguez et al., 2001) manifiesta que las aguas con bajos niveles de alcalinidad son pocas productivas y fuertemente ácidas por lo que no son aptas para la acuicultura.

2.2.4.2 Amoníaco

El amoníaco es un gas compuesto de un átomo de Nitrógeno y tres de Hidrógeno (NH_3) (Vidal et al., 2017). “La molécula de amoníaco no disociada es un gas negativo para los procesos de cría; son altamente tóxicos para el pez. Es una base



débil, incluso en bajas concentraciones, el amoníaco puede causar hiperplasia branquial, no se recomienda un nivel superior a 0.02 mg/l” (Orna, 2015).

Su existencia en el agua de cultivo tiene origen doble, por un lado, procede de los peces que eliminan por las branquias como producto de excreción metabólica y por otro lado la degradación orgánica de las heces. Su principal acción tóxica se debe a la irritación que produce sobre el delicado epitelio mucoso que recubre las branquias, donde tiene lugar los intercambios gaseosos entre el medio acuático y el pez (Orna, 2015).

2.2.4.3 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂), proviene de la respiración de los peces y plantas, así como la descomposición de la materia orgánica. En truchicultura no es recomendable que la concentración de dióxido de carbono en el agua de cultivo exceda de 2 ppm, de lo contrario, disminuiría la concentración del oxígeno disuelto y por ende el comportamiento del pH, situaciones negativas para el viable desarrollo de la crianza de truchas (FONDEPES, 2014).

2.2.4.4 Nitrito

Los nitritos, muy solubles en agua, resultan de la oxidación del amoníaco en presencia de ciertas bacterias y pueden producir efectos tóxicos en los peces al convertir la hemoglobina en metahemoglobina, que impide el transporte de oxígeno a los tejidos (Arregui, 2013).

2.2.4.5 Potencial de Hidrógeno

FONDEPES (2014), alude que “el pH está referido al carácter de acidez o basicidad del agua, es importante porque actúa como regulador de la actividad metabólica. Las aguas cuyo pH se muestra ligeramente alcalino son más convenientes para la crianza y desarrollo de la trucha, entre 7 y 8 este el óptimo, cuando el pH del



agua es mayor de 9 se debe descartar para la actividad metabólica, por no ser compatible con la vida de los peces, igualmente las aguas ácidas con pH inferior a 6.0 deben evitarse”.

2.2.4.6 Cloruro

Su abundancia varía mucho de un ecosistema a otro. Por lo regular, las aguas de los lagos y ríos de montaña presentan contenidos muy bajos de cloruros (menores de 5 ppm); en cambio, en los ríos en las partes bajas incrementan su contenido, ya que los minerales son arrastrados por las lluvias (Roldán & Ramírez, 2008).

2.2.4.7 Dureza

Se refiere a la presencia de ciertos elementos químicos, tales como sales de calcio y magnesio que contribuyen a la calidad de agua. Los rangos de dureza apropiados para el agua son de 60 a 300 ppm, los cuales permiten un mejor crecimiento de peces (FONDEPES, 2014). Si se presentan valores bajos de dureza nos indica baja productividad y valores altos pueden causar problemas en la epidermis y en las branquias (Roldán & Ramírez, 2008)

2.2.4.8 Oxígeno Disuelto

El oxígeno es un gas que es requerido para el metabolismo de los peces, su deficiencia y marcadas fluctuaciones pueden causar mortalidad o susceptibilidad a enfermedades, el nivel de oxígeno depende mucho de la especie a cultivar, por ejemplo, en caso de salmónidos que es una de las especies más exigentes el requerimiento es mayor que en tilapias. La capacidad del agua para mantener el oxígeno disuelto, se ve afectada por la temperatura y la altitud (Vidal et al., 2017)

2.2.5 Parámetros microbiológicos

La importancia de los organismos microbiológicos radica no solamente en la potabilidad del agua para uso doméstico, industrial o agrícola, sino que también tiene



enormes aplicaciones en la limnología. Muestras de agua que presentan elevadas concentraciones de coliformes totales, nos indican la entrada de aguas residuales al ecosistema y, por tanto, presenta un riesgo de eutrofización (Roldán & Ramírez, 2008).

2.2.5.1 Coliformes totales

Este grupo de bacterias pertenece a la familia enterobacteriaceae, las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, conocidos como los homeotermos, también ampliamente distribuidas en toda la naturaleza, principalmente en los suelos, semillas y también vegetales (Ccencho, 2017).

A juicio de Roldán & Ramírez (2008), indican que “es aceptable considerar los coliformes como el grupo mejor indicador de contaminación de aguas”.

2.2.6 Parámetros biológicos

2.2.6.1 Fitoplancton

Los productores primarios de plancton reciben el nombre de fitoplancton, la mayoría de ellos son organismos microscópicos que flotan en el agua a merced del movimiento del mismo; de ahí el significado de la palabra plancton: errante. El fitoplancton es un conjunto de organismos planctónicos que en su mayoría son autótrofos, es decir, que están adaptadas a la suspensión de aguas abiertas de los sistemas lénticos (Roldán & Ramírez, 2008).

2.2.6.2 Zooplancton

El zooplancton está conformado por todos los organismos microscópicos de origen animal que flotan libremente en las columnas de agua (Roldán & Ramírez, 2008).



El zooplancton de agua dulce encontramos gran diversidad de animales, el cual está constituido por tres grupos que son: rotíferos, cladóceros y copépodos que se alimentan del fitoplancton (Mendoza, 2016).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en un cuerpo lentico denominado la laguna de Pacucha, que se encuentra en la Región de Apurímac, Provincia de Andahuaylas y Distrito de Pacucha. Esta laguna se encuentra a $13^{\circ} 36'26''$ S, $73^{\circ} 29' 42''$ W, a 3095 m.s.n.m., la laguna ocupa 7.5 km^2 y tiene una profundidad máxima de 30m. (Hillyer *et al.*, 2009).

La laguna de Pacucha presenta un único afluente que alimenta todo el año a este recurso, llamado río Huaycon, ubicado en la comunidad de Anccopaccha, existen también otros pequeños afluentes los cuales son temporales. En la comunidad de Compuerta se encuentra ubicado un único efluente denominado con el mismo nombre “La Compuerta”.



Figura 1. Ámbito de estudio y disposición de los puntos de muestreo.

En el lugar se desarrollan actividades de turismo y recreación, como son los paseos en bote, visitas a islas flotantes, al mismo tiempo la laguna es receptora de escorrentías agrícolas, aguas residuales, sin ningún tipo de tratamiento, observando

este hecho aun así acuden pobladores locales y visitantes nacionales ingresando a la laguna en las embarcaciones en ocasiones también se observan bañistas.

3.1.1 Identificación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo se ubicaron en zonas específicas en la que se efectúan actividades (zonas de pesca, recreación, acuicultura, etc.) o zonas que son de importancia particular, (ANA, 2011).

Los puntos de muestreo, fueron identificados y reconocidos claramente, de manera que nos permitió su ubicación exacta en los muestreos (DIGESA, 2007). En la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS).

3.1.2 Frecuencia de monitoreo en el cuerpo de agua

La frecuencia de muestreo se estableció de acuerdo a la estacionalidad debiéndose realizar el muestreo en época de avenida y época de estiaje (DIGESA, 2007). En nuestro caso, se realizó la investigación en época de estiaje (mayo, junio, julio), donde se tomó cuatro (04) puntos por un periodo de tres (03) meses continuos, que estuvieron ubicados estratégicamente para abarcar gran parte de la extensión de la laguna.

Tabla 1. Distribución de muestras por zonas y meses de muestreo.

Meses de Muestreo Año 2022	ESTACIONES DE MUESTREO				TOTAL
	A01	A02	A03	A04	
Mayo	1	1	1	1	4
Junio	1	1	1	1	4
Julio	1	1	1	1	4
Total	3	3	3	3	12

Como se observa en la tabla 1, el muestreo se realizó por tres meses continuos (mayo, junio y julio), distribuidos en cuatro (04) estaciones, realizando una salida de campo de manera mensual, como nos muestra el cuadro se tomó muestras de 12 puntos en total.

Tabla 2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo 2022.

Estaciones de muestreo	S	W	Altitud (msnm)
A01	13°36'21.4"	73°20'11.18"	3121
A02	13°36'11.4"	73°19'34.0"	3122
A03	13°36'35.8"	73°18'24.1"	3120
A04	13°37'15.19"	73°18'43.6"	3122

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio que se realizó fue una investigación descriptiva, ya que no hubo manipulación de las variables independientes (Agudelo *et al.*, 2008).

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población estuvo conformada por las muestras de agua de la laguna de Pacucha, donde se consideró los puntos que presentan mayor o menor contaminación.

3.3.2 Muestra

Las muestras consistieron en la recolección de las aguas en los cuatro puntos de muestreo con tres repeticiones (correspondientes a cada mes), las cuales fueron utilizadas para los diferentes análisis. Para el análisis químico se tomó muestras de 500 ml y para los análisis físicos se hizo el muestreo *in situ*. Para el análisis microbiológico se recolectó las muestras en bolsas esterilizadas aproximadamente de 300 ml y, para el análisis biológico se hizo el arrastre respectivo en cada punto de muestreo.

3.4 PREPARACIÓN DE MATERIALES

Se preparó todos los equipos y materiales con dos días de anticipación, realizando a su vez gestiones para el traslado externo de los equipos y materiales (Barreto, 2010).

Los materiales que utilizamos fueron:



3.4.1 Medios de transporte

- Vehículo para el transporte terrestre.
- Embarcación con motor fuera de borda de 15 HP.

3.4.2 Materiales

- Red de plancton de 10 y 60 μm .
- Disco Secchi.
- Termómetro digital genérico.
- Cámara de Neubauer (Marienfield Superior).
- Cámara de Sedgewick Rafter (Graticules Optics).
- Micro-pipeta automática (Boeco 0.5-10 μl).
- Láminas portaobjetos.
- Láminas cubreobjetos.
- Cooler.
- Frascos para muestras.
- Bolsas esterilizadas de polietileno.
- Etiquetas impresas.
- Plano del área de estudio.
- Plumón indeleble.
- Cinta adhesiva.
- Papel secante.
- Refrigerantes (Gel Pack).
- Agua destilada.
- Pizeta.
- Pipeta Pasteur.
- Libreta de campo.



- Lapiceros.

3.4.3 Equipos

- Kit de acuicultura para agua dulce LaMotte AQ-2 (código 3633-05).
- GPS (Garmin 72H).
- Microscopio (modelo YJ-2016T, de la marca 3S Cientific).
- Estereoscopio (Euromex).
- Laptop (Acer-Core i3).

3.4.4 Indumentaria de seguridad

- Zapatos de seguridad.
- Botas de jebe.
- Chaleco salvavidas.
- Guantes de nitrilo.
- Barbijo.
- Bata de protección.

3.5 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.5.1 Determinación de los parámetros físicos

3.5.1.1 Temperatura.

La toma de muestra de temperatura se realizó *in situ* mediante un termómetro digital. La temperatura es el parámetro físico más importante para fines acuícolas. (FONDEPES, 2014).

3.5.1.2 Transparencia

Se determinó la transparencia *in situ*, usando el disco Secchi de 20 cm de diámetro, que estuvo dividido en cuadrantes pintados alternadamente de blanco y negro, atada a una cuerda que estuvo graduada cada 1m. Para registrar los datos primero se sumergió el disco por lado sombreado de la embarcación hasta que deje

de verse , momento en el que se registró la profundidad, luego se volvió a subir hasta que nuevamente se hizo visible y nuevamente se tomó registro (Benites & Martino, 2016). Este proceso se realizó en cada punto de muestreo.

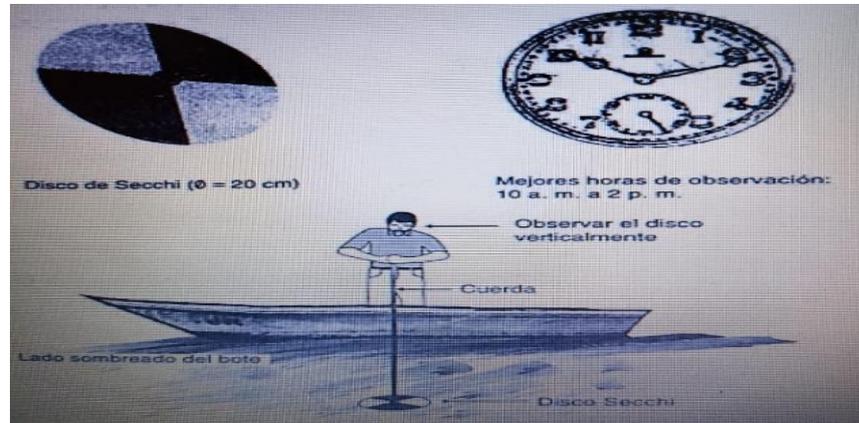


Figura 2. Forma y tiempo de medir la transparencia del agua con el disco Secchi.

Fuente: (Roldán & Ramírez, 2008)

3.5.2. Determinación de los parámetros químicos:

Para la determinación de los parámetros químicos utilizamos el Kit de acuicultura para agua dulce LaMotte AQ-2 (código 3633-05).

El monitoreo de los parámetros químicos se realizó en horas de la mañana, aprovechando las aguas calmadas. Para realizar las pruebas leímos el manual de instrucciones para luego proceder a ejecutar.

3.5.2.1 Alcalinidad

El procedimiento de prueba consiste en:

- Se llenó el tubo de ensayo (0608) hasta los 5ml con la muestra de agua.
- Agregamos 4 gotas del indicador (2311-PG). Tapar y mezclar la muestra se volverá azul verdosa.
- Llenamos el valorador de lectura directa (0382) con el *Reactivo de valoración de alcalinidad (4493-DR).
- Titulamos la muestra hasta que el color azul verdoso cambie a rosado.



- Registramos como ppm de alcalinidad (CaCO_3).

3.5.2.2 Nitrógeno amoniacal

El procedimiento de prueba lo efectuamos de la siguiente manera:

- Insertamos la barra Octa-Slide de nitrógeno amoniacal en el visor Octa-Slide (1101).
- Llenamos el tubo de ensayo (0106) hasta la línea de 5mL con agua de muestra.
- Agregamos 10 gotas del *Reactivo de salicilato de amoniaco #1 (3978WT). Tapamos y mezclamos.
- Agregamos 7 gotas de *Reactivo de salicilato de amoniaco #2 (3979WT). Tapamos y mezclamos. Esperamos 1 minuto.
- Dosificamos 7 gotas del *Reactivo de salicilato de amoniaco #3 (3982WT). Tapamos y mezclamos. Esperamos 20 minutos.
- Luego insertamos el tubo de ensayo en el visor Octa-Slide.
- Hicimos coincidir el color de la muestra con un estándar y registramos como ppm de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$).

3.5.2.3 Nitrógeno nitrito

El procedimiento de prueba se efectuó, de la siguiente manera:

- Insertamos la barra Octa-Slide de nitrógeno de nitrito en el visor Octa-Slide (1101).
- Llenamos el tubo de ensayo (0106) hasta la línea de 2.5mL con agua de muestra.
- Agregamos hasta la línea de 5mL con el *Reactivo de ácido mixto (V-6278).
- Usamos la cuchara de 0.1g (0699) para agregar 0.1g de *Reactivo de revelado (V-6281). Tapamos y mezclamos durante 1 minuto y esperamos 5 minutos.
- Insertamos el tubo de ensayo en el visor Octa-Slide.



- Registramos como ppm de nitrógeno de nitrito (NO₂-N).
- Para convertir nuestro resultado a Nitrito, multiplicamos nuestro resultado por 3.3, luego registramos como ppm de nitrito.

3.5.2.4 Potencial de Hidrogeniones (pH)

El procedimiento de prueba efectuado:

- Insertamos la barra Octa-Slide de pH de rango amplio (3483-01) en el Octa-Slide viewer (1101).
- Llenamos el tubo de ensayo (0106) hasta la línea de 10mL con muestra de agua.
- Agregamos 8 gotas de *indicador de pH de rango amplio (2218). Tapamos y mezclamos.
- Insertamos el tubo de ensayo en el visor Octa-Slide.
- Registramos como pH.

3.5.2.5 Cloruro

El procedimiento de prueba realizado fue el siguiente:

- Llenamos el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 15mL con agua de muestra.
- Agregamos 1 gota de *Indicador de fenolftaleína, 1% (2246).
- Si la muestra es incolora, continuamos con el siguiente paso. Si la muestra se vuelve rosa, agregue *Ácido sulfúrico, 0.5N (6090) una gota a la vez hasta que desaparezca el color rosado.
- Agregamos 3 gotas de *Reactivo Cloruro #1 (4504), tapamos y mezclamos, la muestra se volverá amarilla.
- Llenamos el titulador de lectura directa (0382) con *Reactivo de cloruro #2 (4505DR).
- Titulamos la muestra hasta que el color amarillo cambie a naranja o rojo anaranjado.



- Registramos como ppm Cloruro (Cl).

3.5.2.6 Dureza

El procedimiento de prueba se efectuó:

- Llenamos el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 12.9mL con la muestra.
- Agregamos 5 gotas de *Reactivo de dureza #5 (4483). Tapamos y mezclamos.
- Agregamos 5 gotas de *Reactivo de dureza #6 (4485). Tapamos y mezclamos.

La muestra se volverá roja si hay dureza, si la solución es azul, no hay una cantidad medible de dureza.

- Llenamos el titulador de lectura directa (0382) con el reactivo de dureza #7 (4487DR).
- Titular la muestra hasta que el color rojo cambie a azul claro.
- Registramos como ppm Dureza total (CaCO₃).

3.6 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

3.6.1 Frecuencia de muestreo

Los muestreos de agua para la cuantificación de coliformes totales, se desarrollaron en forma mensual en cada uno de los puntos pre establecidos (A01; A02; A03; A04) y durante los meses planificados como se indica en la tabla 1.

3.6.2 Muestreo

Para el muestreo empezamos con la preparación de materiales (cadena custodia, etiquetado y/o rotulado para la identificación de muestras, cooler, baldes, bolsas estériles de polietileno y refrigerantes) y equipo (GPS), para el muestreo se utilizó indumentaria de protección como bata de protección, barbijo, guantes de nitrilo, chaleco salva vidas y botas de jebe.

El plan de muestreo con las bolsas esterilizadas de polietileno fue el siguiente:

1. Rotulamos la bolsa.
2. Retiramos la solapa superior.
3. Abrimos la bolsa dentro del agua, tirando de las cintas de color.
4. Las bolsas no se llenaron por completo.
5. Cerramos la bolsa jalando de los extremos de ambas lengüetas de la banda.
6. Giramos y rotulamos 3 o 4 veces alrededor de la banda.
7. Plegamos las lengüetas para cerrar herméticamente.

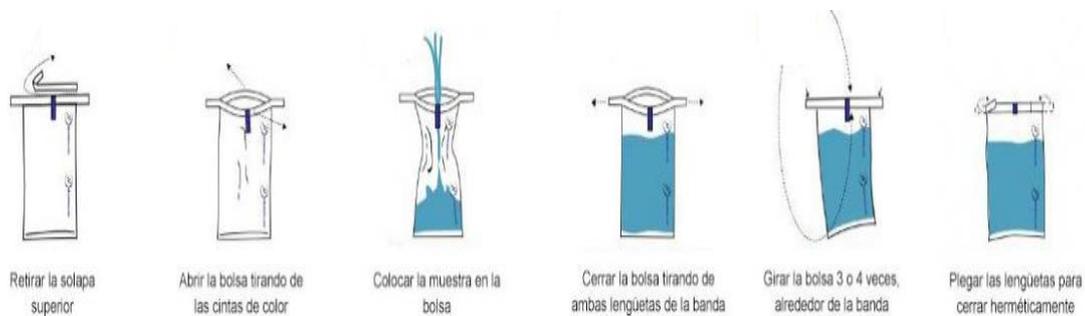


Figura 3. Modo de uso de las bolsas esterilizadas.

3.6.3 Preservación y transporte de las muestras

Para la preservación de la muestra durante el transporte al laboratorio se conservó en un cooler de 10 litros con gel de hielo, para protegerlos de los efectos de la luz y el calor. Las muestras fueron transportadas desde la laguna de Pacucha, cuyas muestras fueron debidamente protegidas y con las precauciones necesarias hasta llegar a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad José María Arguedas en donde se encuentra el “Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas”, ubicado en el Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas. Para esto se llenó la cadena de custodia, así como los códigos de identificación de cada bolsa las cuales fueron rotulados en el campo.

3.7 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS BIOLÓGICOS

3.7.1 Frecuencia de muestreo

Para el caso específico de parámetros biológicos, se hizo la colecta de fitoplancton y zooplancton en dos (02) puntos. El primer punto (A01) corresponde a un sitio donde se observa la entrada de pequeños riachuelos llevando aguas servidas, el segundo punto (A03) está ubicado justo al frente del único afluente que tiene la laguna.

Tabla 3. Ubicación de las zonas de muestreo para el análisis Biológico.

Estaciones de Colecta	S	W	Altitud (msnm)
A01	13°36'21.4"	73°20'11.18"	3121
A02	13°36'35.8"	73°18'24.1"	3120

3.7.2 Recolección y procesamiento de muestras

En cada estación de muestreo que se indica en la tabla 3, se tomaron muestras biológicas cualitativas para estudiar la comunidad planctónica. Las muestras fueron colectadas a nivel superficial, entre las 10:00 y 12:00 horas, realizando arrastres horizontales con mallas de 10um y 60um para comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas respectivamente.

Los organismos filtrados fueron colectados en un vaso colector y de ahí se pasaron a un frasco de tapa hermética de 100 ml, se etiquetó y cerró para su posterior traslado a laboratorio. Las muestras no fueron fijadas con ningún tipo de preservante ya que el laboratorio del centro piscícola de Pacucha- Andahuaylas se encuentra a 5 minutos de la laguna.



Posteriormente en el laboratorio se realizó la determinación de los organismos utilizando un microscopio óptico y un estereoscopio, acompañadas de las claves taxonómicas.

3.7.3 Fitoplancton

3.7.3.1 Análisis cuantitativo

Para el conteo de fitoplancton se utilizó la cámara de Neubauer, de 0.1 mm de profundidad, recomendado para contar algas microscópicas (2 - 30 μ) (Correa Maldonado, 2012).

Para la cuantificación se consideró la suma de dos (02) sub cámaras, cada uno con un retículo de nueve cuadrados de 1 mm por lado, los cuadros están a su vez subdivididos. La lectura que realizamos fue en un microscopio, se utilizó los objetivos de 10X en algunos casos utilizamos objetivos de 40X.

Para la cuantificación homogenizamos bien las muestras con una pipeta Pasteur y con ayuda de una micropipeta automática llenamos la cámara de Neubauer en ángulo de 45° para luego proceder a realizar el conteo.

Individuos por ml = n° de individuos / n° de cuadrantes evaluados $\times 10^4$.

3.7.4 Zooplancton

3.7.4.1 Análisis cuantitativo

Reguera et al., (2011), Para realizar el conteo de zooplancton utilizamos la cámara de Sedgewick-Rafter el cual es un método tradicional para el conteo de individuos. Consta de una base transparente, sobre la cual está montada una cámara de 50 x 20 x 1 mm, por lo que su capacidad es de $1000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$. Son idóneas para conteos de individuos de tamaño comprendido entre 20 – 500 μm .

Estas cámaras llevan tallado un retículo de 50 columnas por 20 filas, quedando un área dividida de 1000 cuadraditos de 1 mm^2 de superficie. Si se cuentan todos los

individuos que contiene la cámara, cuya capacidad es 1 ml, los valores que se obtienen son individuos por ml. Si la muestra es muy densa, se cuentan varias filas (50 cuadraditos por fila), y la estimación de densidad se hace según la ecuación:

$$D(\text{ind./ml}) = \frac{n^{\circ} \text{ de individuos contadas}}{n^{\circ} \text{ de cuadrillos barridos}} \times \frac{1000 \text{ cuadrillos}}{1 \text{ ml}}$$

donde D = densidad individuos (ind./ml)

Para la cuantificación homogenizamos bien nuestra muestra y con ayuda de una pipeta Pasteur llenamos la cámara de Sedgewick-Rafter con 1 ml de muestra, a esto se le agrego 1 a 2 gotas de tintura de yodo, luego se observó la muestra en un estereoscopio para proceder con el conteo.

3.7.5 Análisis cualitativo para fitoplancton y zooplancton

Consistió en realizar una identificación de las taxas presentes en la muestra, sin importar su cantidad. Se hicieron observaciones al microscopio con una lámina porta y cubre objeto. (Escobar, 2020), nos recomienda hacer revisiones completas de cada lámina con un mínimo de 3 a 5 repeticiones por muestra, este complementado la revisión literaria.

La identificación taxonómica de especies se realizó con la ayuda de las siguientes referencias: (Aboal, 2012; Consejería de Medio Ambiente, 2008; Gonzales & Inostroza, 2017; López et al., 2011). Los cálculos de los índices biológicos (índice de Simpson, índice de Shannon_H, índice de Margalef, y el índice de Equitatividad), todos estos índices fueron determinados por el Software denominado PAST.

3.8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los parámetros físico-químicos y los microbiológicos fueron no informáticos, ya que se basó en la comparación con los resultados obtenidos, con los Estándares de Calidad de Agua (ECA) para aguas en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras



actividades marino costeras y continentales y sub categoría C4: extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

Se determinó si los valores cumplen o no con el ECA, interpretando causas naturales o antropogénicas de las afectaciones que hubiere. En cuanto a los parámetros biológicos, para el procesamiento de los datos se utilizó el Software denominado PAST.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA LAGUNA DE PACUCHA

Para el muestreo de la calidad del agua se tomó como referencia los parámetros de cultivo para la trucha (FONDEPES, 2014) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua D. S N° 004-2017- MINAM.

A continuación, se presentará el registro de parámetros por estaciones.

4.1.1 Medición de parámetros químicos

Tabla 4. Registro de parámetros de la Estación A01.

PARÁMETROS	ESTACIÓN A01		
	1 MUESTREO (26/05/2022)	2 MUESTREO (27/06/2022)	3 MUESTREO (19/07/2022)
Alcalinidad (ppm)	108	104	92
Amoníaco (ppm)	0	1.8	0.6
CO2 (ppm)	3	3	2
Nitrito (ppm)	0.17	0.17	0
pH	8	8	8
Cloruro (ppm)	8	8	12
Dureza (ppm)	100	112	124
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.68	6.96	6.96

La tabla 4 muestra los valores obtenidos que se realizó en la estación A01, la cual se realizó a 100 metros de la orilla, entre las 9:40 am y las 10:20 am. Este punto de muestreo se encuentra en las orillas del distrito de Pacucha donde se ubican la mayoría de los restaurantes turísticos que albergan a los diferentes visitantes, también se observa buen número de embarcaciones turísticas.

Al compararlos con los ECAs categoría 2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costera y continentales), Sub categoría C4, podemos observar que el parámetro que no se encuentran dentro del rango aceptable para la acuicultura es el

amoníaco en el segundo y tercer muestreo con 1.8 ppm y 0.6 ppm respectivamente, los demás parámetros están dentro del rango aceptable por los ECAs.

Otro autor que realizó similar estudio en cuerpos lenticos fue (Huamancayo, 2019), en Huancayo en la laguna de Los Milagros, esta investigación se llevó a cabo en los años de 2015 a 2017 evaluando parámetros físico-químicos como: pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, todos estos parámetros que evaluó se encontraron dentro de los estándares establecidos por los ECAs. Por otra parte, se realizó un estudio en la laguna de La Encantada en la Región de Huánuco, en la que se evaluó las propiedades físico-químicas, donde tomó puntos de menor a mayor contaminación (Atanacio, 2018).

Tabla 5. Registro de parámetros de la estación A02.

ESTACIÓN A02			
PARÁMETROS	1 MUESTREO (26/05/2022)	2 MUESTREO (27/03/2022)	3 MUESTREO 19/07/2022)
Alcalinidad (ppm)	110	100	100
Amoníaco (ppm)	0	1.8	0.3
CO₂ (ppm)	2	3	3
Nitrito (ppm)	0	0	0
pH	8	8	8
Cloruro (ppm)	12	12	12
Dureza (ppm)	108	108	112
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.68	6.96	6.96

La tabla 5 muestra los valores obtenidos que se realizó en la estación A02, la cual se realizó a 100 metros de distancia de la orilla, entre las 10:00 am hasta las 11:00 am. Este punto se encuentra en la comunidad de Compuerta donde se ubica el único efluente que presenta la laguna de Pacucha, por eso mismo la comunidad tiene ese nombre “Compuerta”. Al compararlos con los ECAs Categoría 2, Sub categoría C4, podemos observar los parámetros que no se encuentran dentro del rango aceptable para la acuicultura son: el amoníaco en el segundo muestreo con 1.8 ppm, el CO₂ en el

segundo y tercer muestreo con 3 ppm, el resto de los parámetros están conforme al rango aceptable de los ECAs.

Lazarte (2018), realizó un estudio en la laguna Lecjempa, ubicada en el Distrito de Lari, Provincia de Caylloma en la Región de Apurímac, a una altitud de 3269 m.s.n.m., cuyo estudio fue efectuado durante ocho meses y evaluó características físico-químicas, los valores que obtuvo fueron: temperatura 11.56 °C, ausencia de estratificación térmica, transparencia 0.80 m, color pardo – verdoso, acentuándose dicho color en el mes de Febrero, oxígeno disuelto 8.88 mg/l, anhídrido carbónico 17.13 mg/l, pH 8.5, alcalinidad 26.44 mg/l, dureza 247.5 mg/l, amoníaco 0.049 mg/l y nitrito 0.03 mg/l. termino con la siguiente conclusión; la laguna de Lecjempa reúne los requerimientos básicos para desarrollar acuicultura.

Tabla 6. Registro de parámetros de la estación A03.

ESTACIÓN A03			
PARÁMETROS	1 MUESTREO (26/05/2022)	2 MUESTREO (27/06/2022)	3 MUESTREO (19/07/2022)
Alcalinidad (ppm)	112	100	104
Amoníaco (ppm)	0.06	0.3	0.06
CO2 (ppm)	3	4	3
Nitrito (ppm)	0	0	0
pH	8	7.5	8
Cloruro (ppm)	12	12	12
Dureza (ppm)	112	118	116
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.54	6.96	6.96

La tabla 6 nos muestra los valores obtenidos realizados en la estación A03, esta estación se encuentra a 100 metros de distancia a partir de la orilla, entre las 11:00 am hasta las 11:30 am. Este punto se encuentra ubicado en la comunidad de Ancopaccha, donde se ubica el único afluente llamado río Huaycon, éste alimenta todo el año a la laguna. Al compararlos con los ECA Categoría 2, Sub categoría C4, donde podemos observar en la tabla los parámetros que no se encuentran dentro del rango aceptable

para la acuicultura son: se observa el CO₂ en las tres estaciones por encima de 2 ppm, los demás parámetros están correctamente aceptable por los ECAs.

La investigación que realizó Brito *et al.*, (2016), muestra que los análisis físico-químico de la laguna Grande en el país de Venezuela, donde obtuvo valores de 7.35 a 8.35, nos menciona también que los altos niveles de pH se deberían a las carreteras con grava de piedra caliza, la agricultura, los suelos alcalinos y la producción y eliminación de asfalto, en cuanto al oxígeno disuelto obtuvo valores 1.37 y 10.5 ppm con una concentración promedio 7.43 ppm, el autor nos aduce también que las variaciones de oxígeno disuelto son el resultado de las condiciones ambientales y biológicas, su valor depende de la naturaleza del ecosistema también nos menciona que los valores bajos de oxígeno disuelto puede deberse a los vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales, arrastres significativos de sedimentos y caudales relativamente pequeños.

Tabla 7. Registro de parámetros de la estación A04.

ESTACIÓN A04			
PARÁMETROS	1 MUESTREO (26/05/2022)	2 MUESTREO (27/06/2022)	3 MUESTREO (19/07/2022)
Alcalinidad (ppm)	96	100	92
Amoníaco (ppm)	1.2	0.06	0.3
CO₂ (ppm)	2	4	2
Nitrito (ppm)	0	0	0
pH	6.5	8	8
Cloruro (ppm)	8	12	16
Dureza (ppm)	116	104	112
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.54	6.96	6.96

La tabla 7 nos muestra valores obtenidos realizados en la estación A04, esta estación se encuentra ubicado a 100 metros de distancia de la orilla, entre las 10:40 am hasta las 11:45am. Este punto se encuentra en la comunidad llamada José Olaya, en

esta comunidad está la escuela de sub oficiales (PNP) es necesario decir que la escuela policial y la mayoría de las casas aledañas no cuentan con desagüe.

Observando el cuadro con los resultados obtenidos y compararlos con los ECAs, podemos observar los parámetros que no se encuentran dentro del rango aceptable para la acuicultura son: el amoniaco en el primer muestreo con 1.2 ppm, el CO₂ en el segundo muestreo con 4 ppm, los demás parámetros están dentro del rango aceptable.

Iquise (2017), realizó estudios limnológicos en la bahía interior y exterior del lago Titicaca, de enero a junio del 2016 donde estableció 6 puntos para los muestreos, evaluando factores físico-químicos y otros factores, con los resultados que obtuvo en esta investigación dedujo que la bahía interior de Puno presenta un grado de eutrofización alto en comparación a la bahía exterior, los resultados que obtuvo en la bahía interior no cumplieron con los ECAs y la bahía exterior destaco por presentar una mejor calidad de agua.

4.1.2 Promedio de los valores químicos

Tabla 8. Promedio de los valores obtenidos en los tres meses de muestreo.

ESTACIÓN A01-A02-A03-A04					
PARÁMETROS	1 MUESTREO (26/05/2022)	2 MUESTREO (27/06/2022)	3 MUESTREO (19/07/2022)	PROMEDIO	ÓPTIMO DESARROLLO
Alcalinidad (ppm)	106.5	101	97	101.3	80-180
Amoniaco (ppm)	0.31	0.99	0.31	0.5	0.715
CO₂ (ppm)	2.5	3.5	2.5	2.8	≤2
Nitrito (ppm)	0.04	0.04	0	0.02	0.055
pH	7.6	7.9	8	7.8	6.0-9.0
Cloruro (ppm)	10	11	12	11	250
Dureza (ppm)	109	110.5	116	1118	60-300
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.61	6.96	6.96	6.84	≥5



En la tabla 8 se visualiza los promedios de todos los parámetros medidos en la laguna comparados con los ECA-categoría 2 y FONDEPES 2014. En cuanto al primer parámetro que es la alcalinidad que tiene la capacidad de efecto de amortiguación, tampón o buffer que tiene el agua, es decir su habilidad de mantener estable el pH de 7.0 o mayor, es importante que la alcalinidad no baje de 80 ppm (Orna, 2015), en esta investigación se observa que la alcalinidad está dentro del rango aceptable con un promedio de 101.3 ppm.

El amoníaco se considera la más tóxica para los organismos acuáticos, ya que causa lesiones a nivel branquial ocasionando hiperplasia a este tejido y por consiguiente la reducción en la capacidad de captar oxígeno disuelto (Chavacán & Castro, 2008), en la laguna de Pacucha se registró 0.5 ppm de amoníaco con este valor este parámetro se encuentra dentro del rango permisible.

El CO₂ con 2.8 ppm se halla fuera del límite permisible, este parámetro podemos definirlo como el producto de la respiración de los peces y plantas como de la descomposición de la materia orgánica (FONDEPES, 2014).

El nitrito es un elemento que con su presencia indicaría que existe la descomposición orgánica en el agua por lo que generalmente suele ser nulo, se obtuvo un valor de 0.02 ppm este se encuentra dentro de los límites permisibles.

El pH con 7.8 de promedio se encuentra dentro del rango aceptable para el cultivo de peces, este parámetro es importante ya que actúa como regulador de la actividad metabólica.

El cloruro no está contemplado en la categoría 2 de los ECAs, por lo que lo comparamos con la categoría 1 de los ECA y vemos que el valor promedio de 11 ppm es ínfimo por lo que no afectaría a la especie en cultivo. Para la acuicultura las mejores aguas son las que tienen valores similares de alcalinidad y dureza, cuando existe mucha



diferencia el pH varia considerablemente (Orna, 2015), en este caso tenemos un valor de 111.8 ppm de dureza y alcalinidad un promedio de 101.3 ppm, como vemos estos valores no tienen mucha diferencia entre sí, por lo cual podemos deducir que las aguas de la laguna de Pacucha son aptas para la acuicultura.

En cuanto al oxígeno disuelto el cual es un parámetro importante para la sobrevivencia de los peces, es importante mencionar que la cantidad de oxígeno disuelto esta influenciado por la temperatura del agua y de la presión atmosférica, en esta investigación se obtuvo un valor promedio de 6.84 ppm el cual es un resultado óptimo para la crianza de peces.

Benites & Martino (2016) realizo su estudio en la laguna Llamacocha ubicada a 3180 m.s.n.m, registró un pH de 7.6, los valores de nitrito que registró en todas las estaciones fue 0.3 mg/l, en cuanto al OD obtuvo datos menores a 5 mg/l la cual, se considera no apta para el cultivo de peces. De igual modo, (Esparza, 2019), realizó estudios en la laguna de Sausacocha ubicada a una altitud de 3200 m.s.n.m, en los meses de agosto a diciembre en el año del 2018, donde obtuvo valores de 6.2 mg/l de oxígeno disuelto y un pH de 7.7 con una conductividad eléctrica de 33.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con estos parámetros básicos se pudo determinar que esta laguna es apta para la subsistencia de especies hidrobiológicas.

En la investigación que realizó Tumialan (2017), en la laguna de Pumacocha, ubicado a una altitud promedio de 3308 m.s.n.m en Región de Ayacucho, presentó una concentración de oxígeno disuelto de 6.3 a 7 mg/l durante invierno la primavera respectivamente, se obtuvo un promedio de 7.5 mg/l, respecto a la dureza obtuvo un valor de 55 mg/l en invierno y en primavera un valor de 82 mg/l, en cuanto al nitrito, nitrato, fosfato y cloruro obtuvo valores nulos. En comparación con los valores

obtenidos en la laguna de Pacucha se puede notar una pequeña diferencia ya que estas lagunas estudiadas se encuentran aproximadamente en la misma altitud.

4.1.2 Medición de parámetros físicos

4.1.2.1 Temperatura

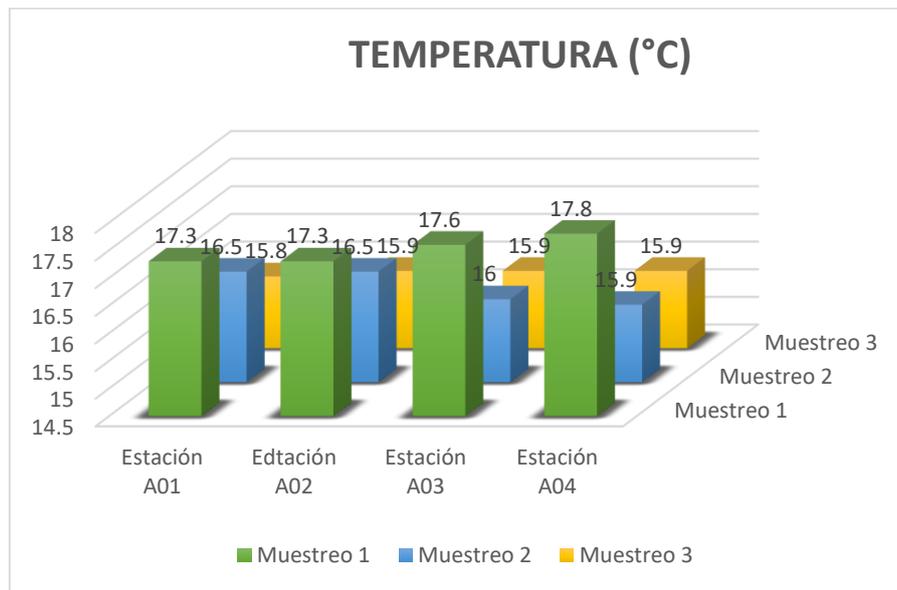


Figura 4. Análisis de la Temperatura en las cuatro estaciones.

La figura 4, nos muestra los valores de temperatura obtenidos en los meses de mayo, junio y julio donde el rango es de 15.8°C a 17.8°C, las cuales se tomaron entre las 9:40 am a 11:45 am. Como se observa en la tabla, los valores más altos se presentaron el primer muestreo que se dio en el mes de mayo, con su valor más alto de 17.8°C, en el segundo muestreo que se dio en el mes de junio las temperaturas bajaron entre 1.9 a 0.8, y en el mes de julio la temperatura siguió bajando ligeramente y en un punto la temperatura se mantuvo, con su valor más bajo que fue 15.8°C.

Esparza (2019) registró en la laguna de Sausacocha una temperatura de 17.96 °C, esta se encuentra ubicada en la Región La Libertad- Perú, a una altitud de 3200 m.s.n.m. Por otra parte, (Envirolab Perú S.A.C, 2010), realizó la evaluación limnológica de la laguna de Pomacanchi (Cusco), ubicado a una altitud de 3680 m.s.n.m, esta laguna registró una temperatura de 17.33°C.

El promedio de temperatura de la laguna Llamacocha (Ancash), ubicada a 3180 m.s.n.m fue de 14.4°C (Benites & Martino, 2016). En comparación con los resultados obtenidos en la laguna de Pacucha, donde se obtuvo en el mes de mayo un promedio de 17.5°C, en el mes de junio 16.22°C y por último en el mes de julio un promedio de 15.87°C, señalado por (FONDEPES, 2014), el rango permisible de la temperatura para un crecimiento óptimo, buena incubación y reproducción es de 9°C a 14°C. Afirmamos que las lagunas que evaluamos por comparación, están por encima de los 3000 m.s.n.m y superiores a los valores permisibles.

4.1.2.2 Transparencia

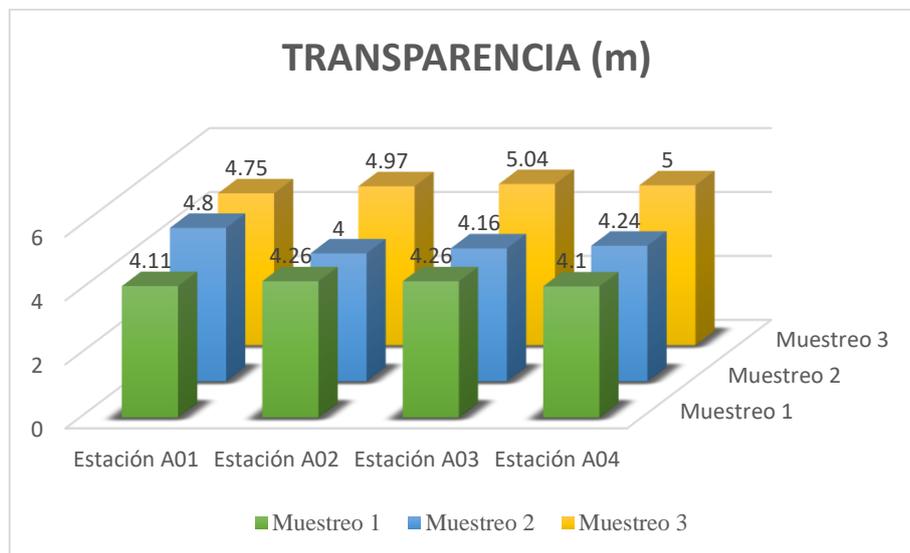


Figura 5: Análisis de la transparencia en las cuatro estaciones.

La figura 5, nos muestra valores de transparencia obtenidos en los meses de mayo, junio y julio donde el valor más alto fue 5.04 m y el más bajo fue 4 m, el muestreo se realizó entre las 09:40 a.m. a 11:45 a.m. En el primer muestreo que se dio en el mes de mayo los valores fueron entre 4.10 m a 4.26 m, y para el segundo muestreo que se realizó en el mes de junio los subieron en 2 puntos y en otros 2 bajaron ligeramente, para el tercer muestreo en el mes de julio los valores subieron considerablemente con su valor más alto de 5.04 m.

Minaya (2017) en su estudio realizado en la laguna de Moronacocha ubicada al oeste de la ciudad de Iquitos, la transparencia presentó un valor promedio de 1.13 m. Por otra parte, (Cavero & Manrique, 2019), realizó estudios en la laguna de Mancapozo, ubicado en la Región de Huánuco a una altitud de 3737 m.s.n.m, esta laguna presenta una profundidad de 42.00 a 43.60 m, adicionalmente, presentó una transparencia promedio anual de 5.00 m. Al ser las lecturas del disco Secchi mayores a 1 m, se clasifica las aguas de la laguna como claras (Minaya, 2017). En efecto, podemos decir que la laguna de Pacucha y las mencionadas anteriormente son lagunas de tipo oligotróficas, ya que generalmente poseen transparencias altas (Roldán & Ramírez, 2008).

4.1.2.2.1 Rangos de estados tróficos de cuerpos de agua

Tabla 9: Estado trófico de un cuerpo de agua léntico a partir de la transparencia (Roldán & Ramírez, 2008).

Transparencia (D_{sd}) en metros	Estado Trófico
≥ 1.60	Oligotrófico
Entre 0.81 y 1.59	Mesotrófico
≤ 0.80	Eutrófico

4.2 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Las muestras fueron tomadas en bolsas esterilizadas; posteriormente, éstas se llevaron al Laboratorio de Investigación de Control y Análisis de Aguas de la Universidad “José María Arguedas”, cuyos resultados obtenidos fueron los siguientes: Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua D. S N° 004-2017- MINAM, el cual establece un límite de 200 NMP/100ml de bacterias, esto para aguas que van a ser utilizadas para la acuicultura.

4.2.1 Primer resultado de coliformes totales

Estos resultados que se presentarán a continuación se obtuvieron en la primera salida de campo que se realizó el 26 de mayo (26/05/2022), para posteriormente llevar las muestras obtenidas al laboratorio y que se realice su respectivo análisis.

Tabla 10. Información de la muestra del mes de mayo.

Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de Agua	Hora de Muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	10:28
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:54
A03	A03	Refrigerada	AS*	11:14
A04	A04	Refrigerada	AS*	11:48

AS*: Agua superficial

Tabla 11. Resultados de las muestras del mes de mayo.

Muestras	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes totales (NMP/100ml)
A01	165.2
A02	101.3
A03	65.9
A04	22.2
Método	NMP

En la primera salida de campo que realizó en el mes de mayo se observa que los resultados de los parámetros microbiológicos no superan el límite que se dispone en los ECAs. El valor máximo obtenido fue de 165.2 NMP/100mL y un mínimo de 22.2 NMP/100mL.

Minaya (2017), realizó su estudio en la laguna Moronacocha (Iquitos), donde evaluó el parámetro microbiológico y obtuvo un promedio de 1260 NMP/100mL, el cual supera los ECAs, con los resultados obtenidos en esta investigación supone que la concentración de coliformes aumenta conforme se aproxima la época de vaciante.

4.2.2 Segundo resultado de coliformes totales

Estos resultados se obtuvieron en la segunda salida de campo que se realizó el 27 de junio (27/06/2022).

Tabla 12. Información de la muestra del mes de junio.

Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de Agua	Hora de Muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	10:29
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:41
A03	A03	Refrigerada	AS*	11:11
A04	A04	Refrigerada	AS*	11:31

AS*: Agua superficial

Tabla 13. Resultados de la muestra del mes de junio.

Muestras	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes totales (NMP/100ml)
A01	248.9
A02	204.6
A03	200.5
A04	275.5
Método	NMP

En la segunda salida de campo que se realizó en el mes de junio podemos observar que los valores obtenidos superan el límite que disponen los ECAs que es de 200 NMP/100ml. El valor obtenido más alto fue de 275.5 NMP/100 ml y el más bajo fue en el punto A03 con 200.5 NMP/100 ml.

Un análisis realizado en el río Ragra ubicado en la Región de Pasco, nos da un claro ejemplo de un ecosistema antropizado, para esta investigación tomó 02 puntos, el primero que se tomó río arriba donde el valor máximo fue de 2000 NMP/100 ml y el segundo punto río abajo, en este punto los valores obtenidos superan por 10 veces más de la permitido por los ECA (Rojas, 2018), con los resultados que obtuvo el autor de esta investigación deduce que este incremento se debe a la población ribereña y al

incremento de la actividad minera, las cuales vierten sus aguas industriales y residuales a este ecosistema.

4.2.3 Tercer resultado de Coliformes totales

El tercer y último muestreo microbiológico se realizó el 19 de julio (19/07/2022).

Tabla 14. Información de la muestra del mes de julio.

Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de Agua	Hora de muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	09:40
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:05
A03	A03	Refrigerada	AS*	10:31
A04	A04	Refrigerada	AS*	10:40

AS*: Agua superficial

Tabla 15. Resultados de la muestra del mes de julio.

Muestras	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes totales (NMP/100ml)
A01	2419.6
A02	1732.9
A03	1986.3
A04	1299.7
Método	NMP

En la tercera salida de campo la cual se llevó a cabo en el mes de julio se observa que los valores obtenidos superan ampliamente los parámetros de los ECAs que están establecidos para cultivo de especies hidrobiológicas, el punto A01 es el que presenta el valor más alto con 2419.6 NMP/100ml y el valor más bajo se le atribuye al punto A04 con 1299.7 NMP/100ml. Estos valores indican la gran cantidad de bacterias en estas zonas de la laguna, la cual impediría ser usadas para la acuicultura.

Peña (2015), el área de estudio que tomo se encuentra ubicado en el departamento de Huánuco, donde realizo estudios en la laguna de Los Milagros, tomó muestras en tres profundidades de 0.20 m hasta 1.20 m y obtuvo valores de 90

NMP/100 ml a 17 NMP/100 ml respectivamente, con estos resultados observo que los valores disminuyen mientras más profundo se tome la muestra y los valores obtenidos no son significativos.

4.2.4 Registro de coliformes totales en los meses de mayo, junio y julio

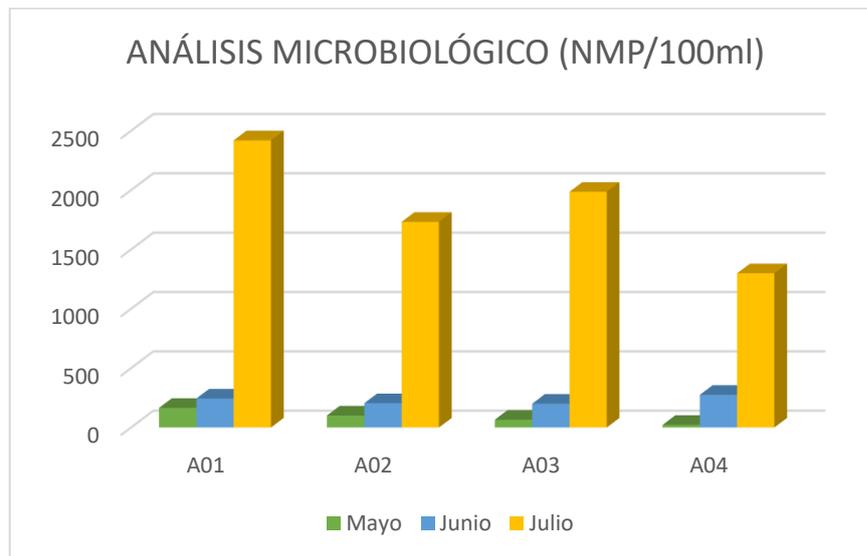


Figura 6. Coliformes totales en la laguna de Pacucha.

Como se observa en la figura se puede ver claramente una amplia diferencia de mayo a julio, en el mes de mayo se obtiene un promedio de 88.65 NMP/100 ml, en el mes de junio un promedio de 232.3 NMP/100 ml y en el mes de julio un promedio de 1859.6 NMP/100 ml.

Brito *et al.*, (2016) tomaron muestras en la laguna de Grande (Argentina) donde tomo cuatro estaciones de muestreo y obtuvo promedios de 6933.33 y 11621.67 NMP/100ml, por estos resultados obtenidos concluyo de la laguna Grande es un ecosistema en total desequilibrio. Por ende, se puede decir que los valores obtenidos de coliformes totales, evidencian que las lagunas anteriores están por encima de los límites máximos permitidos que es 200 NMP/100mL.

Tisalema (2019), estudio parámetros físico-químicos y microbiológicos de la laguna de Langos de la zona central de Ecuador, realizo un recuento de coliformes

totales obteniendo un valor promedio de 318 UFC/ml, la cual está fuera del rango permisible por tanto indica que representa un peligro potencial para la salud, ya que estas bacterias provienen del tracto intestinal y materia fecal del hombre y animales.

Las bacterias coliformes no son patógenas, pero se asocian a menudo con organismos que, si lo son, convirtiéndose en un claro índice de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua. Las bacterias coliformes viven normalmente en el intestino del hombre y otros organismos de sangre caliente. Estas bacterias son más resistentes que las bacterias patógenas; por ello su ausencia en el agua es un índice de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana (Roldán & Ramírez, 2008).

4.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

4.3.1 Fitoplancton

Se identificaron 08 especies de fitoplancton comprendidas en divisiones: Bacilliarophyta, Pyrrhophyta, Streptophyta y Chlorophyta.

Tabla 16. Composición de especies de fitoplancton.

DIVISIÓN	ESPECIE	A01			A03		
		1 M	2 M	3 M	1 M	2 M	3 M
Bacilliarophyta	Fragilaria sp.	X	X	X	X	X	X
	Rhizosolenia setigera	X	X	X	X	X	X
	Asterionella formosa	X			X		
Pyrrhophyta	Ceratium sp.	X	X	X	X	X	X
Streptophyta	Staurastrum sp.	X	X	X	X	X	X
Chlorophyta	Oocystis sp.	X	X	X	X	X	X
	Pseudopediastrum sp.		X	X		X	X
	Cosmarium sp.	X	X		X	X	

En cuanto a las comunidades fitoplanctónicas, en este estudio se encontró baja variedad taxonómica, un total de 08 especies divididas en tres divisiones, comparado con otros estudios realizados en diferentes recursos hídricos del país. Como es el caso

de (Envirolab Perú S.A.C, 2010), la investigación se realizó en la laguna de Loriscota, ubicada geográficamente en la Región de Puno, donde identifico 19 especies comprendidas en tres divisiones: Bacillarophyta, Chlorophyta y Cyanophyta.

De igual manera Lazarte Ponce (2018), realizó su investigación en la laguna de Lecjempa (Apurímac), donde logro identificar un total de 23 especies divididas en tres divisiones: Cyanophyta, Chlorophyta y Chrysophyta. Por otra parte (Tumialan, 2017), hizo su investigación en la laguna de Pumacocha (Ayacucho), en esta laguna identifico 42 especies divididas en seis divisiones las cuales fueron: Bacillariophyta (diatomeas), Chlorophyta (algas verdes), Chrysophyta (algas doradas), Cyanophyta (algas verde azules), Pyrrophyta (dinoflagelados) y Euglenophyta (euglenidos).

4.3.1.1 Cuantificación del fitoplancton

Tabla 17. Número de individuos hallados en los meses de mayo, junio y julio.

ESTACIÓN	1 MUESTREO (ind./ml)	2 MUESTREO (ind./ml)	3 MUESTREO (ind./ml)
A01	1.7×10^5	2×10^5	1.2×10^5
A03	1.9×10^5	2.1×10^5	1.4×10^5

El análisis de similitud o diferencia entre las estaciones se dio a partir de a partir de los 02 puntos tomados, que fueron: A01, que fue tomado justo al frente del único afluente de la laguna de Pacucha, que es el río Huaycon, el cual alimenta todo el año a este recurso hídrico y el punto A02, ubicado orillas de la población Pachana, este es el punto principal que atrae a los turistas ya que se encuentra el único muelle de la laguna, este fue tomado a 100 metros de distancia de la orilla.

Como figura en la tabla 17, se puede observar que en el punto A03 es donde se presenta los valores más altos, siendo en mayo el mes de mayor abundancia con 2.1×10^5 ind./ml y el mes de julio presento el valor más bajo con 1.3×10^5 ind./ml. En el punto A01, en donde se vio mayor abundancia fue en el primer muestreo con $1.7 \times$

10^5 ind./ml y el más bajo obtenido fue de 1.2×10^5 ind./ml. En el mes de mayo se observó mayor abundancia y el mes de julio fue el mes con menor abundancia.

En sistemas contaminados como por ejemplo en la desembocadura del río Aguas, ubicado en los humedales de Andalucía (ESPAÑA), el fitoplancton se vio mermado (Consejería de Medio Ambiente, 2008). Es lo que podemos observar en esta tabla, que en el punto A01 es donde hubo menos abundancia de individuos, porque es donde se observa mayor actividad Antrópica. (Roldán & Ramírez, 2008), nos menciona, que los embalses reciben por medio de sus afluentes una determinada carga de nutrientes que el solo fitoplancton no alcanza a disipar, entonces podemos deducir que en el punto A03 es por esa razón por la que se ve mayor abundancia.

4.3.1.2 Determinación de los índices biológicos de diversidad

Tabla 18. Índices Biológicos de Diversidad.

INDICES DE DIVERSIDAD	1 MUESTREO		2 MUESTREO		3 MUESTREO	
	A01	A03	A01	A03	A01	A03
Taxa_S	6	6	7	7	6	6
Simpson_1-D	0.6255	0.6936	0.7509	0.8076	0.7754	0.7672
Shannon_H	1.303	1.468	1.583	1.768	1.64	1.604
Margalef	1.181	1.292	1.175	1.227	1.034	1.012
Equitabilidad J	0.7271	0.8194	0.8133	0.9087	0.9153	0.8951

El número de especies encontrados en la laguna de Pacucha fue de seis (06) en el primer y tercer muestreo, y siete (07) especies en el segundo muestreo. A continuación, se muestra una gráfica de los índices de diversidad.

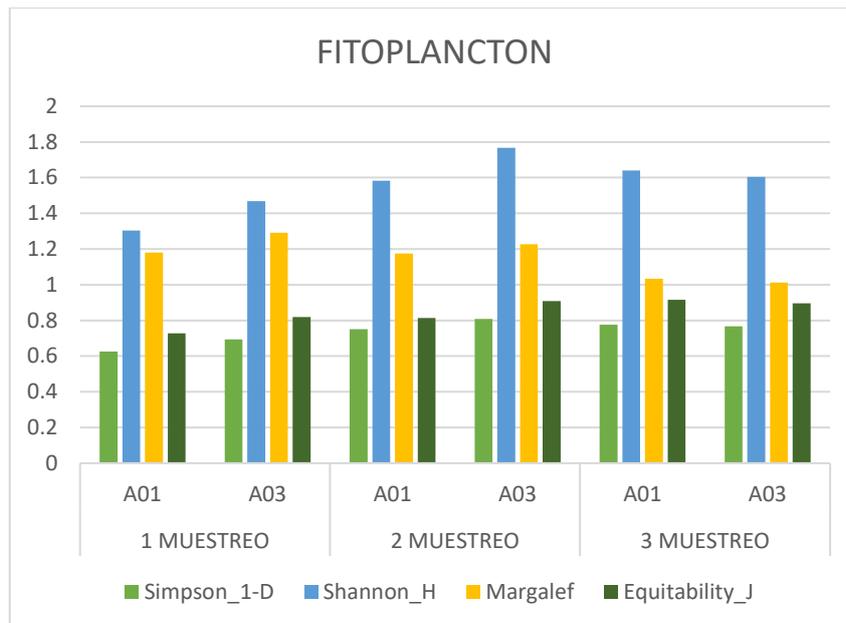


Figura 7. Índices Biológicos de Diversidad del fitoplancton.

Los análisis de los índices de diversidad indicaron que, el índice de Simpson nos indica si en un área determinada hay especies muy dominantes y le da poca importancia a las especies raras o menos abundantes (Barrera, 2015), por lo que podemos decir que hubo mayor dominancia el mes de junio, con 0.75 y 0.80 en los puntos A01 y A03 y en el mes de mayo es donde se observó las menores puntuaciones, en general los resultados nos dieron valores entre 0.62 y 0.80 con una diferencia de 0.12 que se nota mínima.

El índice de Shannon el cual es independiente del tamaño de la muestra, los valores van de 0.0 a 5.0, los valores de 0 a 1.5 indican aguas muy contaminadas de 1.5 a 3.0 indican aguas medianamente contaminadas y de 3.0 a 5.0 aguas muy limpias (Roldán & Ramírez, 2008), la mayor diversidad de especies se alcanzó en el segundo muestreo en el punto A03 con 1.768 el segundo punto con mayor diversidad se dio en el 3 muestreo (A01) con 1.64 y el mes con menos diversidad de especies se dio en el mes de mayo, por lo que podemos decir que nos encontramos con aguas medianamente contaminadas.



Otro punto es el índice de riqueza (Margalef) indica que para valores menores a 2 son zonas de baja diversidad y mayores a 5 son zonas de alta biodiversidad tomando como principio esto decimos que, todos los transeptos evaluados presentan poca biodiversidad ya que se observó valores entre 1.012 a 1.29, en el mes de mayo mostro mayores números el punto A03 con 1.29 y el punto A01 con 1.18 y los valores más bajos lo obtuvo el mes de julio.

Por último evaluamos el índice de Equitatividad, donde su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad o equitatividad (Valdez M. et al., 2018), para este índice se observó que los valores oscilaron entre 0.72 a 0.91 , el menor valor se dio en el mes de mayo (A01) y el valor más alto se obtuvo en el mes de julio (A01), las cuales nos indican que existe uniformidad en los diferentes puntos de muestreo.

Benites & Martino (2016), realizaron un estudio en la laguna de Llamacocha (Ancash), evaluaron la comunidad de fitoplanctónica e identificaron 31 especies, así mismo determinaron que esta laguna es baja en cuanto a riqueza por lo que consideraron un ambiente alterado, en cuanto al índice de Shannon-Wiener obtuvieron valores menores de 0.06 el cual indicaba el proceso eutrófico de la laguna, en este estudio concluyeron que la biomasa de fitoplancton depende de los parámetros físico-químicos, los valores que registraron superaron los límites permisibles lo que influencia en el deterioro de la calidad de agua.

De igual manera Laura *et al.*,(2018) realizaron la evaluación de fitoplancton en la laguna de La Viuda (Lima), los valores para el índice de Shannon-Wiener fueron los siguientes, el valor más alto fue de 3.30 y el más bajo de 2.10, el índice de Simpson obtuvo un valor de 0.88, en cuanto al índice de Margalef obtuvo valores entre 2.13 a 3.55, finalmente la laguna de La Viuda presenta aguas transparentes, frías y

ligeramente acidas con variedad de microelementos, en este estudio la diversidad de fitoplancton fue variable y menciona que está relacionada con la estacionalidad también nos menciona que los niveles de fosfatos y nitratos fueron aceptables.

4.3.2 Zooplancton

Se identificaron 03 especies de zooplancton comprendidas en dos divisiones: Arthropoda y Rotífera.

Tabla 19. Composición de especies de zooplancton.

DIVISIÓN	ESPECIE	A01			A03		
		1 M	2 M	3 M	1 M	2 M	3 M
Arthropoda	Daphnia sp.	x	x	x	x	x	x
	Cyclops	x	x	x	x	x	x
Rotifero	Keratella	x	x	x	x	x	x

En cuanto al zooplancton se identificó 03 especies divididas en dos divisiones. En el estudio que realizo (Envirolab Perú S.A.C, 2010), en la laguna de Yaurihuiri (Ayacucho), identifico una sola especie que fue la Boeckella sp, en la laguna de Punrún (Pasco), identificó tres especies que fueron: Daphnia pulex, Boechella sp. y Ceriodaphnia sp., en la laguna de Pomacanchi (Cusco), identificó cuatro especies: Daphnia pulex, Boechella sp., Metacyclops mendocinus y Hydrozetes sp.

Benites & Martino (2016), nos indican que los lagos grandes tienden a ser tróficos, con bajas concentraciones de iones, baja biomasa zooplanctónica, y baja riqueza de especies zooplanctónicas, mientras que los lagos chicos y lagunas tienden a ser mesotróficos o eutróficos, con valores relativamente moderados en cuanto a sus concentraciones de iones, biomasa zooplanctónica, y números de especies zooplanctónicas.

4.3.2.1 Cuantificación de zooplancton

Tabla 20. Número de individuos (ind./ml) en los meses de mayo, junio y julio.

	1 MUESTREO (ind./ml)	2 MUESTREO (ind./ml)	3 MUESTREO (ind./ml)
A01	82	38	26
A03	103	51	30

La abundancia del zooplancton osciló entre 26 ind./ml y 103 ind./ml. El punto A01 presento los valores más bajos. En el punto A03 es donde se obtuvo más individuos por ml. Los valores fueron disminuyendo mensualmente, siendo el mes de mayo en donde se presentó la mayor abundancia del estudio y julio con los valores de menor peso.

La producción de zooplancton es elevada por la abundancia del alimento, tanto por fitoplancton y detritus orgánicos (Consejería de Medio Ambiente, 2008). Los resultados obtenidos en el tema de zooplancton en la laguna de Pacucha, concuerdan con los resultados obtenidos en fitoplancton ya que en el punto A01 ambos indicadores biológicos, presentaron niveles bajos de abundancia y en el punto A03 es donde presentaron los niveles más altos en cuanto abundancia de especies.

4.3.2.2 Determinación de los índices biológicos de diversidad

Tabla 21. Índices Biológicos de Diversidad.

INDICES DE DIVERSIDAD	1 MUESTREO		2 MUESTREO		3 MUESTREO	
	A01	A03	A01	A03	A01	A03
Taxa_S	3	3	3	3	3	3
Simpson_1-D	0.5713	0.5893	0.6384	0.655	0.6427	0.631
Shannon_H	0.9531	0.9772	1.054	1.081	1.06	1.041
Margalef	0.5285	0.4969	0.5672	0.5422	0.6792	0.6068
Equitabilidad J	0.8676	0.8895	0.9594	0.9835	0.965	0.9472

En cuanto al zooplancton se hallaron tres (03) especies en cada mes de muestreo, a continuación, se muestra una gráfica de los índices de diversidad para poder observarlo de manera más didáctica.

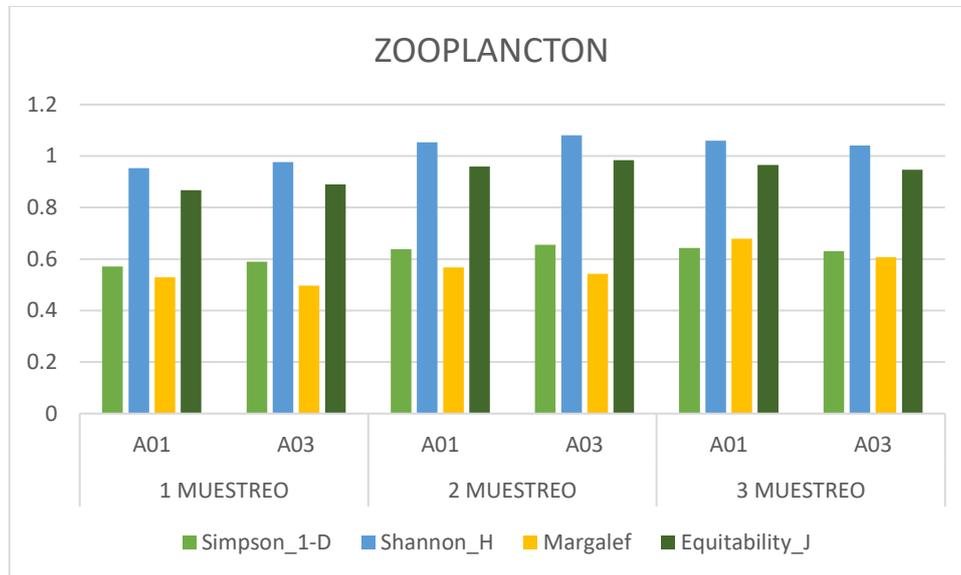


Figura 8. Índices biológicos de diversidad del zooplancton.

Los análisis de los índices de diversidad en los meses de mayo, junio y julio para zooplancton nos dieron los siguientes resultados, el índice de dominancia (Simpson) obtuvo valores entre 0.57 a 0.65, haciendo una observación de estos valores obtenidos vemos que no existe mucha diferencia entre los meses de muestreo.

Para el índice de diversidad Shannon y Wiener se observaron valores entre 0.95 a 1.08, siendo el segundo mes de muestreo con el valor más alto, también en este índice se observa que es poca la diferencia entre los valores obtenidos, con estos valores cercanos a 1 nos indica una perturbación crítica a nivel de conservación ecosistémico (Benites & Martino, 2016).

El índice de riqueza (Margalef) se observa que en los seis puntos de muestreo van desde 0.49 a 0.67, lo que nos indicaría que nos encontramos frente a un ecosistema con muy baja biodiversidad, probablemente antropizados.



Por último, el índice de equitatividad que nos muestra valores entre 0.88 a 0.98 todos estos valores muy cercanos a 1 lo que nos indica que las especies estudiadas son igualmente abundantes.

Benites & Martino (2016) realizaron una investigación en la laguna de Llamacocha (Ancash) donde identificaron ocho especies de zooplancton, en cuanto a los índices de diversidad que evaluó estuvieron: el índice de Simpson donde los valores que obtuvo fueron menores a 1, el valor mínimo fue de 0.92 el cual indica que existe completa dominancia de la comunidad, la diversidad de Shannon-Wiener fueron menores a 1 lo que indica una perturbación crítica a nivel de la conservación del ecosistema, en lo que se refiere al índice de Margalef presentó valores entre 1.245 y 1.86 lo que mostro zonas de baja biodiversidad, con estos resultados obtenidos se consideró que la laguna de Llamacocha se encuentra en proceso de eutrofización.



V. CONCLUSIONES

- Los parámetros físico-químicos evaluados en la laguna de Pacucha: alcalinidad, amoníaco, CO₂, nitrito, pH, cloruro, dureza y oxígeno disuelto, presentaron valores aptos para el desarrollo de la acuicultura, los cuales se encuentran dentro de los ECAs establecidos.
- El parámetro microbiológico de coliformes totales evaluados presenta una gran diferencia entre los meses de muestreo, que sobrepasan los ECAs, cuyo rango permisible es de 200 NMP/100 ml para la acuicultura.
- Los índices biológicos de zooplancton y fitoplancton concluyen que la laguna de Pacucha muestra uniformidad según el índice de dominancia, con perturbación crítica en índice de diversidad, cuyo índice de riqueza es bajo y un índice de equitatividad abundante.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más estudios de la calidad de agua en la laguna de Pacucha en otras épocas del año, para así complementar el presente estudio.
- Se sugiere la realización de más investigaciones en el área de estudio, la realización de campañas educativas, sensibilizando a los alumnos de nivel primaria, secundaria, a los pobladores aledaños y a los turistas con respecto al manejo de residuos sólidos, el tema de las aguas servidas y sobre todo el valor de importancia de nuestra laguna de Pacucha.
- Realizar estudios al río de Huaycoon, el cual es el único afluente que alimenta a la laguna de Pacucha durante todo el año.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aboal Sanjurjo, M. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos fitoplanctónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico* (Número March 2015).
- Agudelo, G., Aignerren, M., & Ruiz, J. (2008). Diseños De Investigación Experimental Y No-Experimental. *Centro de Estudios de Opinión*, 1-46.
http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/2622/1/AgudeloGabriel_disenosinvestigacionexperimental.pdf
- Amacifen Collantes, M. H., & Guevara Chuquimango, R. V. (2017). *"Incidencia de la crianza de «Tilapia» Oreochromis niloticus en la calidad del Agua y su impacto ambiental, en el Distrito de Moyobamba - 2015"*.
- ANA. (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial* (p. 42).
- ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. En ANA. https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/asuntos_ambientales_turisticos/Normas_Ambientales/Normas_Ambientales_Transversales/Recursos_Hidricos/RJN_010_2016_ANA.pdf
- Arregui Maraver, L. (2013). El cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). En *Cuadernos de Acuicultura* (Vol. 6). https://www.observatorioacuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf
- Arteaga Valdez, F. R. (2019). *Evaluación De La Calidad Del Agua De Lagunas Y Propuestas Para Su Uso En Acuicultura – Distrito De Congas – Provincia De Ocros - Departamento De Ancash 2017*.



- Atanacio Rojas, R. A. (2018). *Determinación de los parámetros físicos químicos para evaluar la calidad de agua en la laguna la encantada provincia de Huaura-2016.*
- Barrera Alfonso, M. F. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada La Esmeralda (Bojacá, Cundinamarca) por medio de Macro-Invertebrados Acuáticos.*
- Barreto Záenz, P. (2010). Protocolo de monitoreo del agua. *Revista Mexicana De Ingenieros Químicos*, 22(5), 713-740. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPeru.pdf%5Cnhttp://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/13504/1/ArangoMendozaJulianAndres2014.pdf%5Cnhttp://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd54
- Bedriñana Sosa, M. T. (2009). *Manual de Producción de Truchas.*
- Benites Roque, K. P., & Martino Agapito, F. P. (2016). Características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Perú). En *Universidad Nacional del Santa* (Número verano 2014). <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2573>
- Blanco Coaquira, M. (2018). *Estudio de la Calidad de Agua Potable para Consumo Humano en el Distrito de Cabanillas, Provincia de San Román, Departamento de Puno.*
- Brito, D., Rivero, J., Guevara, M., Vásquez, F., Díaz, B., & Gíl, J. (2016). Análisis físico-químico y microbiológico de la Laguna Grande, parroquia La Pica, Maturín - estado Monagas, Venezuela. *Saber*, 28(3), 502-510. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000300007&lang=pt
- Cavero Arana, J. G., & Manrique Carhuas, M. F. (2019). Lagunas altoandinas de



- Huánuco evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2016. En *Instituto del Mar del Perú* (Vol. 46, Número 2).
http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/3342/1/Informe_46-3.pdf
- Ccencho Pari, K. (2017). *Presencia de coliformes, E. coli y Staphylococcus aureus en huevo cocido de codornis (Coturnix coturnix) y la relación con las condiciones sanitarias de puestos de venta ambulatoria de los mercados del distrito de Santa Anita*. http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1444/TESIS_CCENCHO_PARI_KATTY.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Chavacán Avila, M. de la luz, & Castro Fuentes, L. A. (2008). *Manual de la asignatura de práctica de Medicina y Zootecnia Acuicola*.
- Consejería de Medio Ambiente, J. de A. (2008). *Atlas de Microorganismos Planctonicos Presentes en los Humedales Andaluces*.
- Correa Maldonado, H. E. (2012). *Estudio Del Plancton En El Estuario Del Rio Chaguana*.
- Decreto Legislativo N° 1195. (2015). Ley General de Acuicultura. *El Peruano*.
- DIGESA. (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9).
- Envirolab Perú S.A.C. (2010). *Informe Tecnico Final-Evaluación De Recursos Hidricos En Las Regiones de Pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali*. 85, 59-85.
- Escobar Cayetano, S. D. (2020). *Determinación de microorganismos considerados indicadores biológicos de eutrofización en la laguna Huacracocho Huancaayo en el período abril a septiembre del año 2019*.



- Esparza Tacanga, S. A. (2019). *Dinámica limnológica de la laguna Sausacocha de Alta Montaña, Huamachuco, Agosto a Diciembre 2018.*
- Fajardo Vidal, N. S. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla , región Callao , Perú.*
- FAO. (2014). Manual Práctico para el Cultivo de la Trucha Arcoíris. *FAO Fisheries and Aquaculture*, 44. <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- FONDEPES. (2014). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. En *Ministerio de la Producción -Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero.* https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf
- Garza Fernandez, H., Correa Lettieri, T., & Lopez Bravo, E. (1992). calidad del agua. *En parasitos y enfermedades de la trucha.*
- Gonzales Sierra, M. A., & Inostroza Delgado, I. de L. (2017). *Manual Taxonómico y Fotográfico de Géneros Fitoplanctónicos (EXCL.Diatomeas) de 7 Lagunas del Gran Concepción, Concepción, Chile.*
- Hillyer, R., Valencia, B. G., Bush, M. B., Silman, M. R., & Steinitz-Kannan, M. (2009). A 24,700-yr paleolimnological history from the Peruvian Andes. *Quaternary Research*, 71(1), 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.06.006>
- Huamancayo Garcia, G. L. (2019). Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de Los Milagros del distrito de Pueblo Nuevo. En *Facultad De Zootecnia.* <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/242/FIA-164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Iquise Apaza, S. R. (2017). *Variacion espacial del Zooplancton en tres épocas en relación a factores fisicoquímicos del agua en la Bahía interior y exterior del Lago Titicaca, Puno.*



- Laura Huanaco, J., Montoya Terreros, H., Castellanos Sánchez, P. L., & Quiroz Barraza, R. A. (2018). *Evaluación de la diversidad del fitoplancton de la laguna La Viuda (Lima , Perú) en agosto- noviembre 2016* (Vol. 25, Número 3).
- Lazarte Ponce, R. (2018). *Aspectos limnológicos y determinación de la productividad Piscícola, para la truchicultura en la laguna «Lecjempa» (Distrito de Lari, Provincia de Caylloma, región de Apurímac)*.
- López Osorio, R., Cañón Páez, M. L., & Gracia Escobar, M. F. (2011). *Catálogo de Fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía y Agua de Lastre*.
- Mendoza, Y. J. (2016). Especies de zooplancton presentes en agua contaminada con arsénico en Matehuala, San Luis Potosí, México. En *Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.*
<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/458/3/TMIPICYT M4E72016.pdf>
- Minaya Vela, R. (2017). *Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, Para Determinar La Calidad Del Agua En La Laguna Moronacocha, Época De Transición Creciente-Vaciante. Iquitos. Perú. 2016.* En *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.*
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4690%0Ahttp://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1
- Orna Rivas, E. (2015). *Manual de Acuicultura - UNA Puno.*
- Ortiz Tirado, J. (2013). *Acuicultura: Producción dulce acuícola en el Ecuador I.*
https://sites.google.com/a/iesitaca.org/juan-ortiz-ortiz/cursos-antiores/curso-2012_2013/2oeso/trabajos/trabajo-3-la-materia-y-la-energia/materia-y-energia
- Peña Ríos, L. M. (2015). *Calidad del recurso hídrico de la laguna Los Milagros-José*



Crespo y Castillo. En *Facultad De Zootecnia*.

<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/242/FIA-164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Portocarrero Villegas, S. M. (2018). Evaluación de la influencia de la calidad del agua y el manejo en la condición sanitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en piscigranjas de la región Amazonas. En *Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza* (Vol. 1).

Ramírez, J., Sandoval, N., & Vicente, K. (2018). *Sistema Nacional De Innovación En Pesca Y Acuicultura, fundamentos y propuesta 2017-2022*.

Reguera, B., Alonso, R., Moreira, Á., & Méndez, S. (2011). Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. *Intergovernmental Oceanographic Commission*, 1-46.

Rodríguez, C., Mancini, M., Prospero, C., Weyers, A., & Alcantú, G. (2001). Calidad de agua de una laguna recreacional del Centro-Oeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *AquaTIC. Revista Científica Internacional de Acuicultura en Español*, 0(12).

Rodríguez Gómez, H., Victoria Daza, P., & Carrillo Avila, M. (2001). *Fundamentos de la Acuicultura Continental* (Número 1).

Rojas Deudor, O. M. (2018). *Evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico del río ragra afluente del río san juan, para determinar la categoría de sus aguas – simón bolívar – pasco – 2018*.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000300007&lang=pt

Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. En *Editorial Universidad de Antioquia* (Vol. 2).



- Tisalema Bejarano, A. A. (2019). Caracterización Fisicoquímica Y Bacteriológica De Las Aguas De La Laguna De Langos De La Zona Central Del Ecuador. En *Repositorio UTA*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/19565?mode=full>
- Torres Perez, F., Nicho Carpio, E. D., & Leandro Roca, J. D. (2013). *Evaluación de la calidad del agua con fines de uso acuícola*.
- Tumialan Ascarza, N. C. (2017). *Comunidad fitoplanctonica de la laguna «Pumacocha» del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, Ayacucho - 2014*.
- Valdez M., C. G., Guzmán L., M. A., Valdés G., A., Forougbakhch P., R., Alvarado V., M. A., & Alejandra E., R. (2018). *Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas , México* (Vol. 66, Número December).
- Vidal, V., Olvera, M., Morales, V., Cuéllar, J., Riofrio, A., Morales, R., Barato, P., Chávez, M., García, O., & Montoya, L. (2017). Manual de Buenas Prácticas de Manejo para la Piscicultura en Agua Dulce. En *Oirsa- Ospesca*.
https://utm.edu.ec/fcv/acuicultura/images/acuicultura/pdf_revistas/Manual_de_buenas_practicas_de_manejo_para_la_acuicultura_de_agua_dulce.pdf

ANEXOS

ANEXO A: Dirigiéndonos a los puntos de muestreo, acompañados de un técnico del Ministerio de Producción – Andahuaylas (PRODUCE).



ANEXO B: Colección de muestras de zooplancton.



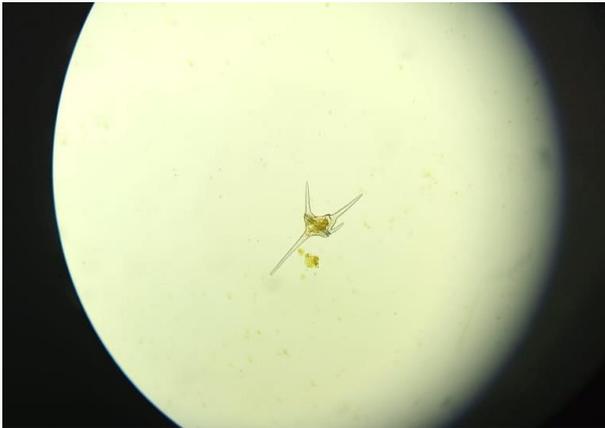
ANEXO C: Medición de los parámetros Físico- químicos en uno de los puntos de muestreo.



ANEXO D: Reconocimiento y conteo de especies de fitoplancton, en el laboratorio del centro Piscícola de Pacucha.



ANEXO E: Observación microscópica de *Ceratium* sp.



ANEXO F: Observación microscópica de una *Daphnia* sp.



ANEXO G: Observación microscópica de un *Cyclops* sp.





ANEXO J: Resultados de las muestras microbiológicas enviadas al laboratorio, mes de mayo.



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL
Y ANÁLISIS DE AGUAS**



INFORME DE ENSAYO N° 008-2022

Razón social: ---
Solicitado por: Kelly Machaca Ancco
Muestreado por: Cliente
Fecha de muestreo: 26/05/2022
Fecha de recepción de muestras: 26/05/2022
Fecha de inicio de análisis: 26/05/2022
Tipo de análisis: Laboratorio
Lugar de muestreo: Distrito de Pacucha.

Punto de muestreo: Laguna de Pacucha.
Referencia: ---
Ubicación: ---
Vol. de reservorio: No aplica
Sistema de Clorado: No aplica
Coordenadas: ---
Presión atmosférica: ---

DE LA MUESTRA

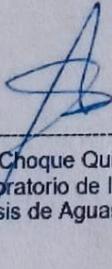
Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de agua	Hora de muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	10:28
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:54
A03	A03	Refrigerada	AS*	11:14
A04	A04	Refrigerada	AS*	11:48

* Agua superficial

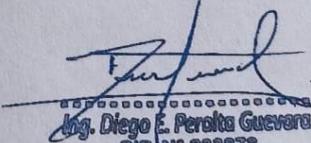
RESULTADOS

Muestra	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
A01	165.2
A02	101.3
A03	65.9
A04	22.2
Método	NMP

Andahuaylas, 30 de mayo de 2022



Ing. David Choque Quispe
Responsable Laboratorio de Investigación
en Control y Análisis de Aguas – UNAJMA



Ing. Diego E. Peralta Guerrero
CIP. N° 233876
Especialista LICAA

Servicio pagado con numero de operación 317864 con fecha 29/04/2022



ANEXO K: Resultados de las muestras microbiológicas enviadas al laboratorio, mes de junio.



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL Y ANÁLISIS DE AGUAS



INFORME DE ENSAYO N° 012-2022

<p>Razón social: --- Solicitado por: Kelly Machaca Ancco Muestreado por: Cliente Fecha de muestreo: 27/06/2022 Fecha de recepción de muestras: 27/06/2022 Fecha de inicio de análisis: 27/06/2022 Tipo de análisis: Laboratorio Lugar de muestreo: Distrito de Pacucha.</p>	<p>Punto de muestreo: Laguna de Pacucha. Referencia: --- Ubicación: --- Vol. de reservorio: No aplica Sistema de Clorado: No aplica Coordenadas: --- Presión atmosférica: ---</p>
--	--

DE LA MUESTRA

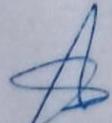
Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de agua	Hora de muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	10:29
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:41
A03	A03	Refrigerada	AS*	11:11
A04	A04	Refrigerada	AS*	11:31

* Agua superficial

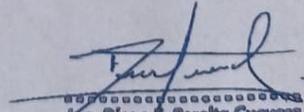
RESULTADOS

Muestra	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
A01	248.9
A02	204.6
A03	200.5
A04	275.5
Método	NMP

Andahuaylas, 11 de julio de 2022



Ing. David Choque Quispe
Responsable Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas – UNAJMA



Ing. Diego E. Peralta Guevara
CIP N° 233878
Especialista LICAA

Servicio pagado con numero de operación 717233 con fecha 04/07/2022



ANEXO L: Resultados de las muestras microbiológicas enviadas al laboratorio, mes de julio.



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL
Y ANÁLISIS DE AGUAS**



INFORME DE ENSAYO N° 013-2022

<p>Razón social: --- Solicitado por: Kelly Machaca Ancco Muestreado por: Cliente Fecha de muestreo: 19/07/2022 Fecha de recepción de muestras: 19/07/2022 Fecha de inicio de análisis: 19/07/2022 Tipo de análisis: Laboratorio Lugar de muestreo: Distrito de Pacucha.</p>	<p>Punto de muestreo: Laguna de Pacucha. Referencia: --- Ubicación: --- Vol. de reservorio: No aplica Sistema de Clorado: No aplica Coordenadas: --- Presión atmosférica: ---</p>
--	--

DE LA MUESTRA

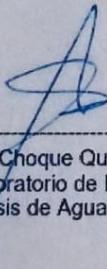
Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de agua	Hora de muestreo
A01	A01	Refrigerada	AS*	09:40
A02	A02	Refrigerada	AS*	10:05
A03	A03	Refrigerada	AS*	10:31
A04	A04	Refrigerada	AS*	10:40

* Agua superficial

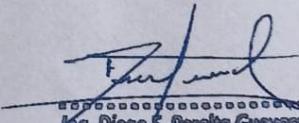
RESULTADOS

Muestra	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
A01	2419.6
A02	1732.9
A03	1986.3
A04	1299.7
Método	NMP

Andahuaylas, 21 de julio de 2022



Ing. David Choque Quispe
Responsable Laboratorio de Investigación en Control y Análisis de Aguas – UNA JMA



Ing. Diego E. Peralta Guevara
CIP. N° 233878
Especialista LICAA

Servicio pagado con numero de operación 315437 con fecha 18/07/2022



CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DE TESIS

Por la presente se deja constancia que la Srta. **Kely Machaca Ancco**, identificada con DNI N° 48837159, ha realizado en las instalaciones en el centro piscícola de Pacucha, de la Dirección Sub Regional de la Producción Andahuaylas, su trabajo de investigación titulado "Evaluación físico-química, microbiológica y biológica de la laguna de Pacucha con fines de uso en acuicultura" en los cuales realizo muestreos en la laguna de Pacucha en los meses de mayo (26/05/2022), junio (27/06/2023) y julio (19/07/2022).

Por lo que se extiende la siguiente constancia de ejecución de tesis por el periodo de tres meses, a solicitud de la interesada para ser presentado ante quien corresponda, a los 12 días del mes de abril del 2023.

GOBIERNO REGIONAL APURÍMAC
DIRECCIÓN SUB REGIONAL DE PRODUCCIÓN
ANDAHUAYLAS
Ing. **Juan Carlos Salas Sierra**
SUB DIRECCIÓN DE PESCA



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Kely Maduca Lacco
identificado con DNI 48837159 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Biología

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Evaluación físico-química, microbiológica y biológica de la calidad del agua de la Laguna de Pando con fines de uso en agricultura. Distrito de Pando - Provincia de Arequipa - Región de Arequipa"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 08 de mayo del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Kely Machaca Anco
identificado con DNI 48837159 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

de Biología
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Evaluación físico-química, microbiológica y biológica de la calidad del agua de la laguna de Pauccha con fines de uso en Acuicultura - Distrito de Pauccha - Provincia de Andabuyles"
Es un tema original. Región de Apurímac.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 08 de mayo del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella