UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

TESIS

"EVALUACION DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA DE PACOCCOCHA– SANTA ANA, PROVINCIA DE CASTROVIRREYNA - HUANCAVELICA 2021"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:
Bach. FLORES TAIPE LUZ MONICA
Bach. ESPINOZA AUQUI OLGER YURICH

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCAVELICA, PERÚ
2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ciencias de Ingeniería DECANO Huancavelica

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiocho días (28) del mes de diciembre del año 2021, siendo las dieciocho horas (18:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: M.Sc. Mabel Yesica Escobar Soldevilla (Presidente), Mg. Wilfredo Sáez Huamán (Secretario), Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo (Asesor), designados con Resolución de Decano Nº 376-2021-FCI-UNH, de fecha 21 de diciembre del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **"EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA DE PACOCCOCHA-SANTA ANA, PROVINCIA DE CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA 2021",** presentado por los Bachilleres **Luz Mónica FLORES TAIPE y Olger Yurich ESPINOZA AUQUI,** a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 7:05 pm; se comunicó a los sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Luz Mónica FLORES TAIPE

APROBADO	X	POR UNANIMIDAD
DESAPROBADO		

Olger Yurich ESPINOZA AUQUI

APROBADO	X	POR UNANIMIDAD
DESAPROBADO		

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Asesor

Vº Bº Decano

“EVALUACION DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA DE PACOCCOCHA– SANTA ANA, PROVINCIA DE CASTROVIRREYNA - HUANCAVELICA 2021”

AUTORES:

Bach. FLORES TAIPE LUZ MONICA

Bach. ESPINOZA AUQUI OLGER YURICH

ASESOR:

Dr. SANCHEZ ARAUJO VICTOR GUILLERMO

DEDICATORIA

LUZ

A Dios por darme la fortaleza y soporte a mi vida.
A mis padres, quienes con su paciencia y constancia me impulsaron a iniciar con una de las metas más importantes en mi vida.
A mi hermana quien, con su apoyo incondicional, valor, motivación me impulsó culminar mi carrera profesional.

OLGER

A Dios por darme la fortaleza y soporte a mi vida.
A mi padre ESPINOZA ANTEZANA, Nemecio y a mi madre AUQUI GARCIA, Melseria por dejarme la herencia más noble la educación.
A mis hermanos por su apoyo incondicional y a mis maestros por compartir su conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica que nos apoyó en la ejecución del trabajo de investigación.

A nuestro asesor de tesis, Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo, por el apoyo brindado en la ejecución del trabajo de investigación y revisión del informe final.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, ya que sin su ayuda de ellos no hubiéramos podido ejecutar con éxito el presente trabajo de investigación.

Los autores.

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

AGRADECIMIENTOS ..... **vi**
ÍNDICE GENERAL ..... **vii**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **ix**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xi**
CAPÍTULO I **1**
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **1**
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Formulación del problema 4
1.2.1. Problema general 4
1.2.2. Problemas específicos 4
1.3. Objetivos 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. Justificación 5
CAPÍTULO II **6**
MARCO TEÓRICO **6**
2.1. Antecedentes 6
2.1.1. A nivel Internacional 6
2.1.2. A nivel Nacional 12
2.2. Bases teóricas 14
2.2.1. Eutrofización 14
2.3. Bases conceptuales 19
2.4. Definición de términos 36
2.5. Hipótesis 39
2.5.1. Hipótesis General 39
2.5.2. Hipótesis Específicas 39
2.6. Variables 39
2.6.1. Definición operacional 39

2.6.2. Operacionalización de la variable 39
CAPÍTULO III 41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 41
3.1. Ámbito temporal y espacial 41
3.1.1. Ámbito temporal 41
3.1.2. Ámbito Espacial 41
3.2. Tipo de investigación 42
3.3. Nivel de investigación 42
3.4. Método de Investigación 43
3.4.1. Método general 43
3.4.2. Método especifico 43
3.5. Diseño de investigación 43
3.6. Población, muestra y muestreo 44
3.6.1. Población 44
3.6.2. Muestra 44
3.6.3. Muestreo 44
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 45
3.7.1. Técnicas 45
3.7.2. Instrumentos 46
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 46
3.8.1. Técnica 46
3.8.2. Procesamiento 46
CAPÍTULO IV 47
DISCUSION DE RESULTADOS 47
4.1. Presentación de resultados 47
4.2. Prueba de hipótesis 55
4.2.1. Principios de la investigación 55
4.1.1. Prueba de hipótesis 57
4.3. Discusión de resultados 69
CONCLUSIONES 72
RECOMENDACIONES 74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75
APENDICE 79

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
WANKA WILLKA
PERU

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del índice de Carlson (TSI), según el estado trófico. 32
Tabla 2 Clasificacion de nivel trofico. 32
Tabla 3 Formulas empleadas de Carslson. 33
Tabla 4 Rangos para determinar el estado trófico según el nivel de Smith 33
Tabla 5 Rangos de porcentaje de fosforo y cloro para los distintos estados tróficos. 34
Tabla 6 Índice del estado trófico TRIX y calidad del recurso hídrico 34
Tabla 7 Nivel de eutrofia para los diferentes estados tróficos 35
Tabla 8 Operacionalización de variables. 39
Tabla 9 Cronograma de actividades para el monitoreo y procesamiento de datos. ... 41
Tabla 10 Evaluacion de los puntos de monitoreo. 45
Tabla 11 Nivel de eutrofizacion de la laguna de pataccocha 47
Tabla 12 Concentración de la clorofila (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica 48
Tabla 13 Concentración de nitratos (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica 50
Tabla 14 Concentración del fosforo total (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica 52
Tabla 15 Concentración del Transparencia (Índice) en los 5 puntos de monitoreo (P1 a P5) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica 54
Tabla 16 Test de normalidad para Estado trófico 56
Tabla 17 Prueba de T de Student nivel de eutrofización 60
Tabla 18 Prueba de T de Student para clorofila (mg/m3) 61
Tabla 19 Prueba de T de Student para nitratos (mg/m^3) 62
Tabla 20 Prueba de T de Student para fósforo total (mg/m^3) 64
Tabla 21 Prueba de T de Student para Transparencia (mg/m3) 65
Tabla 22 Matriz de Consistencia 80
Tabla 23 Registro de monitoreo de clorofila en la laguna de pacoccocha 82

Tabla 24 Registro de monitoreo de nitratos en la laguna de pacoccocha 83
Tabla 25 Registro de monitoreo de fosforo total en la laguna de pacoccocha.....84
Tabla 26 Registro de monitoreo de transparencia en la laguna de pacoccocha.....85
Tabla 26 Etiquetas para las muestras de la Laguna de pacoccocha 87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen de la laguna de pacoccocha 42
Figura 2 Concentración de clorofila (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha. 49
Figura 3 Concentración de nitratos (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pataccocha. 51
Figura 4 Concentración de fosforo total (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.....53
Figura 5 Concentración de Transparencia DS (m) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.....55
Figura 6 Campana de Gauss.....57
Figura 7 Figura de campana de Gauss 61
Figura 8 Figura de campana de Gauss - clorofila 62
Figura 9 Figura de campana de Gauss- nitratos 63
Figura 10 Figura de campana de Gauss- fosforo total 65
Figura 11 Figura de campana de Gauss- transparencia.....66
Figura 12 Ubicación de la laguna de pacoccocha. 72
Figura 13 Localizando la laguna de pacoccocha 72
Figura 14 Primer monitoreo en la laguna.....73
Figura 15 Chalecos de seguridad. 73
Figura 16 Guantes de nitrilo. 74
Figura 17 Ubicación de los puntos UTM con GPs 74
Figura 18 Frascos de vidrio 75
Figura 19 Monitoreo 2 para el recojo de las muestras.....75
Figura 20 Frascos de vidrio con sus etiquetas 76
Figura 21 Coolers y frascos de vidrio 76
Figura 22 Recojo de muestras en el punto 1 77

Figura 23 Recojo de muestras en el punto 2 77
Figura 24 Recojo de muestras en el punto 3 78
Figura 25 Recojo de muestras en el punto 4 78
Figura 26 Recojo de muestras en el punto 5 79
Figura 27 Recojo de muestras en el punto 6 79
Figura 28 Recojo de muestras en el punto 7 80
Figura 29 Recojo de muestras en el punto 8 80
Figura 30 Recojo de muestras en el punto 9 81
Figura 31 Recojo de muestras en el punto 10 81
Figura 32 Recojo de muestras en el punto 11 82
Figura 33 Ubicación de los puntos UTM 82
Figura 34 Preservación de muestras con silica gel 83
Figura 35 Lectura y ubicación de los puntos UTM 83
Figura 36 Monitoreo 3 lectura 84
Figura 37 Colección de muestras M3 84
Figura 38 Colección de muestras 85
Figura 39 Manejo de los materiales de campo 85
Figura 40 Lectura de Ph en el laboratorio. 86
Figura 41 Monitoreo 1 muestras en el laboratorio 86
Figura 42 Muestras de agua de la laguna pacoccocha 87
Figura 43 Ingreso al laboratorio Monitoreo 2 87
Figura 44 Lectura e ingreso de las muestras del monitoreo 3 88
Figura 45 Lectura del ph monitoreo 1 88
Figura 46 Lectura del ph monitoreo 2 89
Figura 47 F Lectura del ph monitoreo 3 89
Figura 48 Esterilización de materiales 90
Figura 49 Preservación de muestras 90
Figura 50 Congelación de muestras 91
Figura 51 Preservación de muestras M1, M2 y M3 91

RESUMEN

La investigación se realizó mediante la evaluación del nivel de eutrofización en la laguna de Pacoccocha– Santa Ana, Provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se ubicó 11 los puntos de monitoreo UTM. El objetivo planteado fue determinar la cantidad de clorofila "a", los nitratos y el fosforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana, que se encuentra a una altura de 4805 msnm con coordenadas generales de 13 ° 11"09' S y 75° 12"00' O. Se utilizó la escala CARLSON Y SIMPSON para comparar los parámetros analizados en la laguna de Pacoccocha los análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica en el laboratorio central.

La investigación tuvo como conclusiones que el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encuentra entre el nivel eutrófico y hipereutrófico, debido a que los valores estimados del índice de estado trófico (TSI) de Carlson y Simpson como también la relación a la clorofila "a" en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 784.85 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson >56. Los cuales indican que respecto a clorofila "a" el agua de la laguna se encuentra en estado hipereutrófico y por último la relación a los nitratos en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 738.97 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <200 Los cuales indican que respecto a nitratos el agua de la laguna se encuentra en estado hipotrofico.

Palabras claves: Eutrofización, hipertrófico, clorofila, nitratos y fosforo.

ABSTRACT

The investigation was carried out by evaluating the level of eutrophication in the Pacoccocha lagoon - Santa Ana, Province of Castrovirreyna - Huancavelica, 11 UTM monitoring points were located. The stated objective was to determine the amount of chlorophyll "a", nitrates and total phosphorus found in the Pacoccocha Santa Ana lagoon, which is located at a height of 4805 meters above sea level with general coordinates of 13 ° 11 "09' S. and 75° 12”00' W. The CARLSON AND SIMPSON scale was used to compare the parameters analyzed in the Pacoccocha lagoon. The analyzes were carried out in the laboratory of the National University of Huancavelica in the central laboratory.

The investigation concluded that the level of eutrophication of the Pacoccocha Santa Ana lagoon, province of Castrovirreyna - Huancavelica, is between the eutrophic and hypereutrophic levels, due to the fact that the estimated values of the trophic status index (TSI) of Carlson and Simpson as well as the relationship to chlorophyll "a" in the eleven monitoring points in the Pacoccocha Santa Ana lagoon, province of Castrovirreyna - Huancavelica, an average value of 784.85 mg/m3 was found, which exceeds the range of Carlson and Simpson > 56. Which indicate that with respect to chlorophyll "a" the water of the lagoon is in a hypereutrophic state and finally the relation to nitrates in the eleven monitoring points in the Pacoccocha Santa Ana lagoon, province of Castrovirreyna - Huancavelica, a average value of 738.97 mg/m3, which exceeds the range of Carlson and Simpson <200, which indicates that with respect to nitrates, the lagoon water is in a hypotrophic state.

Keywords: Eutrophication, hypertrophic, chlorophyll, nitrates and phosphorus.

INTRODUCCIÓN

La laguna de Pacoccocha es una laguna de mucha importancia, que se encuentra en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica a 130 km con una altitud de 4805 m.s.n.m.

El exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia.

La eutrofización afecta a la calidad de las aguas ya que al aumentar la podredumbre y agotarse el oxígeno, las aguas adquieren un olor nauseabundo. El olor de estas aguas puede ocasionar pérdidas económicas.

También puede afectar a la producción piscícola de una zona, ya sea esta extracción o mediante el cultivo. La acuicultura puede producir un mayor aporte de nutrientes a las aguas circundantes por lo que deben ser supervisadas y gestionadas con delicadeza.

La mayor presencia de algas puede causar que un cauce anteriormente navegable deje de serlo. Algunos de los brotes de algas producen tóxicos. Estas sustancias pueden ocasionar la muerte de animales al ser consumidas. Los animales afectados pueden actuar como vector afectando a otras especies y alcanzar a los humanos.

El presente trabajo de investigación, se estructuro de forma general en los siguientes capítulos **CAPÍTULO I**, Planteamiento del problema donde se verifico los problemas a nivel nacional y local el **CAPITULO II**, Marco teórico donde se describió los antecedentes utilizados en la investigación, **CAPITULO III**, Metodología de investigación, donde se define y sistematiza un conjunto de técnicas, métodos y procedimientos durante el desarrollo de la investigación, **CAPITULO IV** Discusión de resultados, es donde se realizó la interpretación de los resultados y conclusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Hoy en día, los problemas de contaminación ambiental en el Perú así como la contaminación de los ríos, lagunas y otras fuentes naturales de recurso hídrico así como la laguna de Titicaca se está convirtiendo en una razón más para dar inicio a huelgas lideradas por ciertos sectores de la población que protestan para exhortar a las autoridades regionales y nacionales el cuidado y recuperación de la calidad del agua, mediante la aplicación de plantas de tratamiento de aguas servidas antes de verter las aguas servidas a las fuentes naturales. No obstante lo antes señalado, la contaminación de las fuentes naturales de agua se origina por muchas otras causas importantes y complejas, entre ellas podemos mencionar a los botaderos municipales de RRSS, los pasivos ambientales mineros, la actividad minera ilegal e informal, la actividad agropecuaria y la piscicultura intensiva el cual se lleva a cabo en diferentes parte del Titicaca, el lago Arapa y la laguna Lagunillas; finalmente el problema primordial posiblemente sea la desidia de las autoridades municipales respecto a solucionar el problema de los residuos sólidos arrojados al cuerpo receptor de agua y la falta de conciencia de los pobladores del ámbito rural y urbano (Autoridad Nacional del Agua, 2017, pág. 10).

En el año 1972 se empezó a tomar medidas frente a la contaminación de esos lagos pertenecientes a Canadá y Estados Unidos realizando programas

de control que ayuden a disminuir la cantidad de nitratos y fosfatos, así como de las bacterias y sustancias dañinas de origen industrial (Fernandez, 2018, pág. 1).

Peña, Palacios, y Ospina (2005), señala que el incremento de la población antropogénica de los Estados Unidos y Canadá ha generado a que se incremente la descarga de nutrientes hacia los lagos por las diferentes actividades que realizan, el cual ha conllevado a la eutrofización de muchos lagos, un claro ejemplo el Lago Erie (25,800Km^2) el lago Ontanario (24,500 Km^2) ubicados en América del norte y pertenecientes a Estados Unidos y Canadá quienes actualmente se encuentran eutrofizadas. El parámetro químico que más interviene en la eutrofización de aguas dulces es el fosforo, a diferencia que en las aguas saladas es el nitrógeno. El incremento del vertimiento de agua residual no tratada, el suministro de detergentes los cuales contienen alta concentración de fosforo, el uso descontrolado de fertilizantes y la continua erosión de las cuencas hidrográficas son razones por las cuales hay un incremento en el vertimiento de nutrientes hacia los lagos (pág. 64).

Marino (2012), señala que muchas fuentes de agua en distintas partes del Perú aun padecen de la contaminación y por ende de la degradación de sus ecosistemas, un claro ejemplo es el gran lago Titicaca, los ríos de la selva, las lagunas altoandinas, humedades de la costa, así como El Cascajo, ubicado en Chancay, al norte de Lima. Este humedal paso por un proceso de contaminación en donde los resultados de análisis de agua estaban por encima de los límites máximos permisibles, donde la DQO: 1380.0mg/L, Nitrógenos totales: 167.0mg/L, Fósforos totales: 10.5mg/L., etc. El cual este proceso de contaminación fue desarrollándose por más de dos décadas por el vertimiento de desechos que vertían los pobladores. En consecuencia, de ello, se dio inicio a la proliferación de especies vegetales que ocuparon toda la superficie evitando la transferencia de luz y oxígeno al cuerpo de agua, el cual provocó la muerte de seres bióticos que vivía en ese ecosistema, en conclusión, el ecosistema fue cruelmente dañado hasta destruido (pág. 1).

Hasta que, en el año 2010, un científico peruano de origen japonés quien de niño había disfrutado del Cascajo cuando se encontraba en buenas condiciones, puso en marcha la descontaminación de este recurso hídrico. La primera actividad que realizo fue de retirar el vegetal de manera manual con un grupo de pobladores voluntarios, llegando a retirar un promedio de 200 toneladas de lechuga de agua quienes invadían por completo el espejo de agua del Cascajo. Luego teniendo conocimientos en la conservación del ambiente y tratamiento de agua residuales, aplico la técnica del micronanoburbujeo como bactericidas y un biofiltro para capturar a estas bacterias muertas y otros compuestos orgánicos, los cuales dieron un resultado acelerado, ya que en tan solo dos meses el agua llego a ser cristalina y los parámetros llegaron a reducir DQO: 79.5mg/L, Nitrógenos totales: 23.7mg/L, Fósforos totales: 2.5mg/L. El grado de contaminación había disminuido. Y en cinco meses el ecosistema quedo totalmente recuperado, por que volvieron a reaparecer las especies acuáticas y aves migratorias (Marino, 2012, pág. 5).

El presente proyecto de investigación parte de los problemas de contaminación que padecen las lagunas en el interior de nuestro país, así como la laguna de Titicaca en donde viene realizándose estudios para su recuperación, así mismo mencionar al Humedal el Cascajo quien en un periodo estuvo eutrofizado a consecuencia de la alta carga de nutrientes y gracias a la intervención de voluntarios pudo ser recuperado; teniendo en consideración lo dicho, podemos mencionar que no es tarde para tomar acciones en el bienestar de nuestro recurso hídrico, es por ello que esta investigación busca determinar el nivel de eutrofización de la Laguna de pacoccocha, con la finalidad de conocer el estado situacional en el que se encuentra y envase a ello tomar medidas inmediatas para evitar la pérdida del ecosistema y peor aún la perdida de nuestro recurso hídrico en un futuro no muy cercano. Para lo cual se determinará la concentración de fosforo total, nitratos, clorofila y la escala de color de este recurso hídrico por ser indicadores indispensables en este estudio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué cantidad de clorofila "a" sé encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021?
- ¿Qué cantidad de nitrato se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021?
- ¿Qué cantidad de fosforo total se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021?
- ¿Qué cantidad de transparencia se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de clorofila "a" que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021
- Determinar la cantidad de nitrato que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021
- Determinar la cantidad de fosforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021

- Determinar la cantidad de transparencia que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021

1.4. Justificación

Practica: Los resultados en cuanto a la concentración de nitratos, fosforo total, clorofila “a” y el color ayudaran a determinar el nivel de eutrofización de la laguna de pacoccocha, y está a la vez será un indicador para que los gobiernos regionales, locales, concesiones etc. Puedan tomar medidas de protección y recuperación con la finalidad de evitar la destrucción de nuestro recurso hídrico.

Social: El agua es un recurso esencial de todo ecosistema, de manera cualitativa y cuantitativa, ya que una disminución de agua ya sea en calidad o cantidad llega a afectar gravemente a los ecosistemas y al ser humano. La falta de agua puede llevarte a obtener enfermedades, así como la muerte ya que es indispensable para la vida (Organizacion de las Naciones Unidas, 2003, pág. 13).

Metodológica: El proyecto de investigación es de nivel descriptivo y diseño transectorial, en donde se podrá evaluar el nivel de eutrofización mediante el método de Robert Carlson, envase a la cantidad de fosforo total, nitratos, clorofila “a” y la escala de color analizados en un laboratorio.

Teniendo esa premisa de la importancia del agua como recurso esencial para la vida presentamos este proyecto de tesis denominado “Nivel de eutrofización en la laguna de pacoccocha”, el cual será de gran aporte no solo a la sociedad sino a todo un ecosistema. Ya que busca generar conciencia en la sociedad para obtener un recurso hídrico sostenible.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

- Rodas (2013), desarrolla el trabajo de tesis que lleva por título "Evaluación del estado trófico del lago de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP" para optar el grado de maestría en ingeniería sanitaria en la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2013. Objetivo: evaluación y modelamiento matemático del estado trófico de la laguna de Ayarza, a partir de propiedades fisicoquímicas mediante el software WASP. 7.41. El método matemático y la calibración se llevaron a cabo envase a los parámetros fisicoquímicos registrados In Situ y así mismo la metodología a aplicar para los resultados del índice de eutroficación fue la ecuación de Vollenweider teniendo en consideración 7 puntos de muestreo. Como resultado del modelamiento de WASP.7.41. el TSI para fosforo total para los 7 puntos de muestreo son: 70, 81, 70, 70, 70, 81 y 70 a comparación del TSI de fosforo real que es 74, 76, 73, 72, 74, 76 Y 79 y asimismo el TSI del disco secchi fue de 34.58, 33.33, 33.08, 33.56, 33.77, 33.34 y 33.82. Se llego a la conclusión que para el periodo de octubre a febrero del 2011 el nivel trófico será mesotrofica en función a los parámetros fisicoquímicos.

- Aranda (2004), llevo a cabo el trabajo de investigación denominado "Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical" realizada en la ciudad de Zaragoza, España en mayo del 2004, para optar el grado de doctora en ciencias del Mar. El objetivo fue evaluar numéricamente las fuentes potenciales de nutrientes en una zona costera tropical. Metodología: el muestreo fue llevado a cabo in situ por un periodo de un año desde enero hasta diciembre teniendo en consideración 12 estaciones costeras y 12 estaciones dársenas como muestra, durante las mañanas las diferentes localidades los cuales fueron procesados estadísticamente por el software Statgraphics plus 5.0. Como resultado se obtuvo que los aportes de nutrientes en las diferentes actividades el ser humano es de 88.634,7 mgm-2/año de nitrógeno y 230,98 mgm-2/año de fosforo. En conclusión: la agricultura, engorde de animales y la quema de combustibles fósiles son las fuentes principales que generan nutrientes en el ambiente costero del mundo, y que en algunos lugares han producido eutrofización.

- Ledesma et al (2013). Desarrollo el informe de tesis "Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Rio Tercero, Córdova Argentina" llevado a cabo en la ciudad de Córdova – Argentina en el año 2013, para graduarse en Biología en la Universidad Nacional de Rio Cuarto. El Objetivo fue determinar la calidad del agua y el nivel trófico del embalse Rio Tercero. La metodología a aplicar para la toma de muestras fue realizada envase a la norma APHA (2000) y como población se tubo al Rio Tercero con una superficie de 4.600 hectáreas del cual se tomaron 7 puntos de muestreo ubicadas en la confluencia, canal de enfriamiento, villa Rumipal, centro, hoteles, villa del dique y murallón, el periodo de muestreo se llevó acabo de noviembre del 2003 a diciembre de 2006, en donde se realizaron 19 campañas de monitoreo de agua. Como resultado durante los periodos establecido son; el año 2003, 2004 y 2005 la cantidad de fosforo fueron 20, 23 y 41 ug/l y en

cuanto a la clorofila “a” media fue 4.5, 6.4 y 10 ug/l, y clorofila “a” máxima fue de 8, 14 y 15 ug/l y la altura de secchi de 1.3, 0.6 y 1.4 m. Conclusión: el Rio tercero se encuentra en un mal estado en cuanto a la calidad de agua y tiende a eutrofizarse ya que paso de un estado mesotrofico a un estado trófico demostrándose así el deterioro en la calidad de agua.

- Ruiz (2017), desarrollo el trabajo de investigación denominado “Análisis comparativo de índices de eutroficación en lagunas costeras del estado de Sonora, México”, en la ciudad de la Paz, Baja California sur, en abril del 2017. Para optar el grado de doctor en ciencias del uso, manejo y prevención de los recursos naturales. El objetivo fue encontrar síntomas de eutroficación y relacionar la sensibilidad de índices medio ambientales en lagunas costeras semiáridas subtropicales en el estado de Sonora, México. La Metodología que se aplicó para la determinación de los puntos de muestreo fueron equidistantes a lo largo de cada transecto. Resultados: se obtuvo que en todas las lagunas en donde se realizaron el estudio las temperaturas fueron más altos en verano y bajos en otoño e inverno. La concentración de nitrógeno inorgánico disuelto resulto ser 0.0 ya que no fue detectado por el límite de detección del instrumento y 89.9um. y de igual manera la concentración de fosforo resulto ser de 0.0 no detectado y 5.3um. en conclusión, la laguna de Lobos, Guaymas y El Tobari se encuentran en buenas a moderadas condiciones ambientales con un estado oligo y meso trófico sin embargo se ha podido mostrar síntomas de eutroficación a causa del vertimiento de aguas residuales (Ruiz, 2017).

- Gómez (2015), realizo el trabajo de investigación titulada “Evaluación del estado de eutroficación del Mar Alborán mediante el empleo combinado de imágenes satelitales y de muestreos In Situ” el cual fue desarrollado en Málaga – España 2015, para obtener el grado de doctor en la Universidad de Málaga, España. El objetivo fue determinar una metodología el cual permita la evaluación de la eutroficación aplicada

a diferentes regiones marinas. La metodología está basada en la aplicación de imágenes satelitales en la evaluación de la eutroficación. Como resultado se obtuvo que el mas del 60% de los datos registrados en las estaciones (ALBC2, ALBP2 y ALBO2) son menores a 0.75 mg.m3 a diferencia que en entre el 50 y 70% de las concentraciones en ALBCI, ALBPI y ALBOI son mayores a 0.75 mg.m3. Se lego a la conclusión que el modelo satelital ha permitido determinar las variables con mayores influencias en cuanto a la concentración de clorofila a en todas las áreas productivas contrastantes.

- Villalobos (2015), llevo el trabajo de investigación denominado "Usos de índices fotobiológicos para la evaluación del estado trófico de lagos Araucanos" realizado en la ciudad de Valdivia-Chile en el 2015. Para optar el grado de magister. Objetivo: desarrollar y evaluar índices biológicos que sean factibles de aplicar en Chile para el análisis de los (ECAs – agua), en sistemas lacustres, en base al monitoreo y análisis poblacional de las plantas acuáticas. La metodología que se aplico fue un modelo empírico y el método clúster como método estadístico de agrupamiento, asimismo se tuvo 10 puntos de monitoreo en las cuales se instalaron 10 estaciones. Los resultados con bajos porcentajes de especies fueron Cayute, Verde, Toro y Chico, quienes se encuentran en el interior de áreas protegidas, con datos de incidencia de 13.5%, 17.9%, 18.2% y 19%. Y los lagos con mayor porcentaje de vegetación son; Patagua, Peude, Ttomen y Puyehue, quienes en su totalidad son lagunas costeras con resultado de 50%, 52.4%, 55.6% y 63.9%. Conclusión: los lagos no tienen correlación significativa entre los índices y la concentración de fosforo en el agua, parámetros los cuales son las causas principales de la eutroficación a diferencia de que si hubo correlación significativa con la concentración de nitrógeno de nitrato y se demuestra que es factible utilizar estudios biocenoticos para la determinación de índices bióticos en la calidad de agua en sistemas lacustre.

- Zouiten (2012), desarrollo el informe de tesis titulado "Análisis mediante modelo avanzado de procesos de eutrofización en Lagunas Litorales: Aplicación a masas de agua Atlánticas y Mediterráneas" el cual se llevó acabo en la ciudad de Santander el año 2012, para optar el grado de doctor. Con el objetivo de realizar un modelo matemático de eutroficación específico para luego aplicarlas en lagunas litorales, el cual cuente con todas las peculiaridades que están en relación al tipo de sistema hídrico y que resultan, especialmente, de la compleja interacción entre aguas continentales, marinas y de su baja renovación hidrodinámica. La metodología que se aplico fue mediante modelos matemáticos denominado "EnvHydrEm" así como las cinéticas pertenecientes a cada una de las variables del modelo. Resultado: la concentración de clorofila-a en Victoria incrementa entre la primavera y el verano del año 2009, llegando a tener un valor aproximado de 13,5 ug/l, esto debido a las condiciones meteorológicas. Conclusión: Las elevadas concentraciones de nutriente como el fosforo y el nitrógeno en las fuentes de aguas, han dado lugar a que estas fuentes de agua superficiales y subterráneas tiendan a pasar por un proceso de eutroficación cultural en estos medios acuáticos a nivel global.
- Moreira y Sabando (2016), realizaron el trabajo de investigación "Determinación del nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballen mediante índices de estado trófico" llevado a cabo en la ciudad de Calceta de julio del 2016, para optar obtener el grado de ingeniero en medio ambiente. Con el objetivo de establecer el nivel de eutrofización del embalse Sixto Duran Ballen mediante la aplicación de índices de estado trófico. Método: el proyecto fue no experimental de carácter inductivo ya que se aplicó la observación de fenómenos, así como la aplicación del estadístico Anova. según los resultados obtenidos determina que según los resultados de la clorofila la laguna está en un nivel trófico y según los resultados del fosforo indican que el nivel es hipertrófico el cual se da por la alta cantidad o exceso de este

nutriente y el crecimiento de algas. Se llegó al a conclusión de que las concentraciones de fosforo y clorofila y transparencia son excesivos, lo cual determina que hay alta cantidad de fosforo, baja transparencia y elevadas concentraciones de clorofila-a, esto debido a que los pobladores vierten pesticidas y fertilizantes al suelo y el riego agrícola de sus cultivos y en consecuencia a ello permite que existan elevadas concentraciones de fosforo.

- Zambrano (2018), desarrollaron el proyecto de tesis denominado "Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año", el cual fue realizado en la ciudad de Calceta en mayo del 2018. Para optar el grado de ingeniero en medio ambiente. Objetivo: Evaluar el nivel de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su diagnóstico con las épocas del año. Método: el nivel de investigación fue no experimental, el cual es de carácter inductivo, ya que está basada en la observación de fenómenos para luego ser analizados, asimismo se consideró 3 puntos de monitoreo para la recopilación de datos ubicados dentro de la laguna El Carmen. Resultado: el 14 de abril del 2017 en los punto de monitoreo 1, 2 y 3 respectivamente la concentración de fosforo total fue de 0.24, 0.28 y 0.26 ug/l y la concentración de fosfatos de 0.75, 0.89 y 0.81 ug/l, clorofila "a" de 0.60, 0.52 y 0.67mg/l. y la concentración de nitratos y nitrógeno de 203, 185, 268 y 27300, 36700 y 36100 ug/l respectivamente, el 10 de julio del 2017 los se registraron concentraciones de fosforo total de 0.66, 0.98 y 1.71 y la concentración de fosfatos de 2.1, 3.1 y 5.4 respectivamente, y clorofila de 0.03, 0.8 y 0.4 mg/l, asimismo concentraciones de nitratos y nitrógeno de 67, 95 y 166 ug/l y 10, 50 y 140 ug/l respectivamente. En conclusión, la laguna natural El Carmen se encuentra en un estado oligotrófico en tiempos de lluvia con elevadas concentraciones de fosforo y fitoplancton, en tiempo seco, cambia a un nivel trófico, por la muerte de microalgas, el cual afecta a la vida que se desarrolla en este ecosistema, asimismo se

concluye que la mayor actividad de nutrientes se desarrolla en tiempos de lluvia ya que en esta época la laguna presenta un nivel trófico.

- Toapanta (2017), llevo a cabo la tesis denominado "Determinación del estado trófico de la Laguna de Yambo a través de la cuantificación de clorofila a ", para optar el grado de ingeniería ambiental en la Universidad Central del Ecuador, 2017. Objetivo: evaluar el estado eutrófico de la Laguna de Yambo mediante la cuantificación de la clorofila "a". La metodología aplicada en este trabajo de investigación fue la 10200 H "Standard Methods", asimismo se llevó acabo el muestreo mediante el protocolo del INEN NTE INEN 2169:2013, en donde se tomó como muestra a 5 puntos representativos los cuales fueron identificados mediante un GPS, en donde se utilizó el multiparámetro para determinar los parámetros fisicoquímicos de campo, así mismo se utilizó el espectrofotómetro marca HACH para la determinación de la clorofila "a". Resultado: se obtuvo una concentración de 94,34mg/m3 de clorofila y al remplazarla en la fórmula de Carlson se obtuvo un TSI de 74,37, pH entre 8.94 y 8.87, oxigeno entre 7,05 y 7,33. Conclusión: la Laguna Yambo se encuentra en un estado eutrófico a causa de las altas concentraciones de clorofila "a", a diferencia que los parámetros físicos de pH y oxígeno disuelto se encuentran por debajo de los LMPs determinados por la normativa ambiental de ecuador.

2.1.2. A nivel Nacional

- Ortega (2014), desarrollo la tesis denominado "Relación ente la carga de nutrientes y el estado trófico de la Bahía interior del Lago de Titicaca Puno 2015" realizado en el lago de Titicaca de Puno, para obtener el grado de Ingeniero Ambiental. Con el objetivo de determinar la relación entre la carga de nutrientes y el nivel trófico de la bahía interior del lago de Titicaca Puno. Metodología: se determinó 15 puntos de monitoreo mediante la fórmula estadística para la medición de oxígeno disuelto,

pH, nitrógeno, fosfato y clorofila total así mismo estos datos fueron procesados por el software Statisgraphis v.5.2. Resultado el promedio del fosforo total es de 86.25 mg/m3. En conclusión, las concentraciones de fosforo son muy elevados y una concentración de 125.2 mg/m3 de cloro total causando una eutrofización.

- Diaz y Sotomayor (2012), desarrollo el trabajo de investigación que tiene como título "Evaluación de la eutrofización de la laguna Conococha - Ancash, a agosto de 2012" realizado en la laguna de Conococha en la ciudad de Huaraz el 2012. Para obtener el grado de ingeniero ambiental. Objetivo: determinar el grado de eutrofización de la laguna de Conococha – Anchas, a agosto de 2012. Método: descriptivo y analítico para analizar el objeto de estudio y así poder obtener el grado de eutrofización en la laguna Conococha, la técnica de compilación, selección y síntesis bibliográfica, diseño analítico cualitativo no experimental. Resultado: se determina que la laguna Conococha presenta un nivel hipertrófico, esto debido a que el fosforo total es mayor a 100 ug/l el cual fue de 128,9 ug/l y 132 ug/l con un TSI = 73.8 es cual es mayor a 70. Conclusión: el nivel de eutrofización de la laguna a agosto del 2012 es de eutrófico a hipertrófico según los datos obtenidos y comparados con las metodologías de OECP, APHA y Carlson.

- Vásquez (2016), desarrollo el informe de tesis denominado "Efectos de la eutrofización en el hábitat de la bahía de Puno, en la diversidad y abundancia de Avifauna del lago Titicaca" llevado a cabo en la laguna de Titicaca en puno el 2016, para obtener el título profesional de Licenciada en biología. Objetivo: evaluar los efectos que trae la eutrofización en el hábitat de la bahía de Puno, en la diversidad y gran cantidad de avifauna del lago Titicaca. Método: se aplicó el índice de Simpson y de Shannon Weaner para la determinación de la dominancia y diversidad de especies. Resultados: se registró un total de 28 avifaunas en donde se incluyen 15 familias y 7 órdenes. Las que más se

manifiestan son las de especie Anatidae con 5 especies, Railidae, Podicipedidae y Scolopacidae con 3 especies cada uno. Según Simpson supera el nivel de 0.8 el cual indica que hay una alta diversidad. En conclusión, hay alta cantidad de especies de aves en la zona de Ojerani con 24 especies, mientras que en la bahía interior de puno solo hay 22, así mismo hay alta cantidad de fosfatos de 1.2 mg/l y clorofila – a 32.6 mg/l en la bahía interior de Puno, está conllevándolo a pasar por un proceso de eutrofización cultural.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Eutrofización

Gavira (2012), precisa que la eutrofización es un tipo de contaminación química de los recursos hídricos. Se da cuando hay una concentración excesiva de nutrientes a un ecosistema acuático, el cual termina afectado por ello. Puede producirse de forma natural (mareas rojas) pero es el humano el que más debe de preocuparnos. El fósforo y el nitrógeno son los principales causantes de la eutrofización, así mismo la presencia de potasio, magnesio y otros productos orgánicos (pág. 1).

Según Peña, Palacios, y Ospina (2005), el termino eutrofización se refiere a un incremento de la fuente de materia orgánica en un ecosistema, el cual está relacionado con el crecimiento excesivo de la carga de nutrientes principalmente el fosforo y el nitrógeno, por lo tanto, con el incremento de la producción primaria del sistema. Es un proceso lento y se da de forma natural en la historia de la geología en un cuerpo de agua: el fondo de la base se llena con sedimentos, disminuyendo su volumen el cual conlleva a un incremento en el estado trófico (pág. 64).

El proceso que un lago pase oligotrófico a eutrófico, se caracteriza por una modificación muy importante en las poblaciones, En el lago oligotrófico la producción es bajo en el cual hay presencia mayor de diversidad biótica el cual conforme este cambiando a un estado trófico, va disminuyendo la

diversidad biótica e incrementa el cociente producción o biomasa. Las algas diatomeas y cirsoficeas van siendo remplazadas por clorofíceas y cianofíceas (Martino, 1989, pág. 6).

El termino Eutrofia proviene del adjetivo alemán eutrophe que significa riqueza en nutrientes en un lugar determinado. Los conceptos de oligotrofia y eutrofia, fueron aplicados por Weber en 1907 y Neuman en 1919, quienes lo realizaron envase a la baja o mucha cantidad de algas planctónicas presentes en el lago el cual correspondía a oligotrófico y a diferencia de este la eutrofia que representaba la alta cantidad de algas fitoplancton. Etiológicamente la palabra oligotrófico significa baja alimentación y eutrófico mucha alimentación (RAP-AL, 2010, pág. 16).

a) Principales interacciones orgánicas e inorgánicas que intervienen en el metabolismo del fitoplancton de las lagunas oligotróficos.

b) Principales interacciones orgánicas e inorgánicas que intervienen en el metabolismo del fitoplancton.

Causas de la eutrofización

Las causas de la eutrofización pueden ser diversas, pero las más comunes se dan por la actividad humana y pocas de manera natural. A continuación, se presenta las causas más frecuentes en el mundo (Renovables verdes, 2017).

- Agricultura

Renovables verdes (2017), señalan que el uso de fertilizantes para abonar la siembra en la agricultura ha generado procesos de eutrofización de muchos recursos hídricos ya que contienen una gran concentración de nitratos, el mecanismo se da cuando estos fertilizantes se filtran hacia el sub suelo y llegan a los lagos mediante la presencia de aguas subterráneas provocando un suministro extra de nutrientes al cuerpo de agua y generándose la

eutrofización. Este tipo de contaminación es de tipo difuso ya que en el vertimiento se distribuye en concentraciones diferentes.

- Ganadería

  La ganadería es una de las actividades que más produce la eutrofización en las zonas altoandinas en donde los excrementos de los animales tienen alta concentración de nutrientes, sobre todo en nitrógeno. Los lagos más cercanos a la ganadería tienden a ser contaminados y más aún cuando no hay un control sobre las heces de estos animales (Renovables verdes, 2017).

- Residuos urbanos

  En las zonas urbanas la eutrofización se genera a causa del vertimiento de detergentes quienes contienen alto contenido de fosfatos. El fosfato es uno de los nutrientes que requiere las plantas para su desarrollo y si se vierten de manera excesiva la proliferación de las plantas se realizaran de manera acelerada provocando la eutrofización del lago (Renovables verdes, 2017).

- Actividad industrial

  Renovables verdes (2017), señala que la actividad industrial también ha generado eutrofización de tipo puntual en cuerpos de agua ya que vierten productos nitrogenados como fosfatos y otros elementos químicos los cuales son tóxicos para el recurso hídrico.

- Contaminación atmosférica

  Las emisiones que se emanan cada día contienen óxidos de nitrógeno y azufre, las cuales producen lluvias acidas. El 30% de nitrógeno presente en el agua proviene por vía atmosférica (Renovables verdes, 2017).

- Actividad forestal

Los residuos forestales tienden a llegar a las aguas cuando estas se degradan, y aportan grandes cantidades de nutrientes contenidas en las plantas, el cual genera con el tiempo la eutrofización (Renovables verdes, 2017).

La causa principal de la eutrofización es el incremento de la carga de nutrientes por diferentes vías de transporte, principalmente de las diferentes fracciones de fosforo y nitrógeno (Mazeo, y otros, pág. 1).

Como los nutrientes son los causantes directos de la proliferación de algas y micrófitos, el enriquecimiento de nutrientes constituye la raíz principal del problema de eutrofización (Martino, 1989, pág. 11)

Martino (1989), señala que las algas necesitan un conjunto de elementos minerales para su crecimiento: carbono hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, fosforo, azufre, potasio, magnesio, calcio, hierro, etc.

Hay un conjunto de consideraciones que se debe de tener en cuenta para las formas de nitrógeno, fosforo y sus relaciones en el medio acuático (Martino, 1989, pág. 11)

- Al fosforo podemos encontrarlo en las aguas de manera natural en distintos tipos de fosfatos, las cuales pueden clasificarse como ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos complejados orgánicamente.
- Asimismo, al nitrógeno podemos encontrarlo en las aguas de manera natural en varias formas de oxidación. Las más comunes en las que se encuentra es en amonio (NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3) y en grandes cantidades de compuestos de nitrógeno orgánico.

Martino (1989), menciona que los diferentes usos del terreno son de mucha importancia en la eutrofización, ya que al alteran las rutas de transporte de nutrientes del ambiente. En su gran mayoría de las

cuencas, los nutrientes en ingresan al recurso hídrico pueden ser derivados de fuentes naturales y artificiales.

Es muy importante determinar las rutas y formas de transporte para estimar el flujo de nutrientes a partir de fuentes dispersas, ya que pueden exportarse continuamente por distintas rutas y transportes por distintas formas; agua superficial (ríos, arroyos), escorrentías, precipitación, aves acuáticas, fijación del nitrógeno, etc (Martino, 1989, pág. 11).

2.2.1.1. Consecuencias de la eutrofización

Martino (1989), señala que la importancia del fenómeno de la eutrofización se da cuando al evaluamos sus consecuencias negativas. El deterioro del agua y el crecimiento de algas afectan los principales usos del medio acuático, suponiendo incluso un peligro para la salud humana.

El primer efecto de la eutrofización es el desequilibrio ecológico, el cual se pasa a detallar en el siguiente flujo:

Exceso de nutrientes

↓

Generación de biomasa vegetal

↓

Decantación de materia organica muerta

↓

Aumento de la demanda bioquímica de oxigeno (DBO)

↓

Estado anaerobio en el hipolimnion

↓

Alta cantidad predominante de bacterias anaerobias, facultativas y en un estrato algal superficial

Los efectos en el recurso hídrico se podrían englobar en tres categorías los cuales son:

- Impactos en la calidad del agua
- Impactos en la operación de utilidad del agua

- Impactos en el usuario del agua

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. *Impactos en la calidad del agua*

Las alteraciones en cuanto a la calidad del agua se establecen en:

- Aumento en la concentración de materia orgánica particulada como fitoplancton, zooplancton, bacterias y detrito.
- Sustitución de algas diatomeas y crisofíceas por especies clorofíceas y cianofíceas los cuales representan a las algas verdes y azules las cuales suministran sustancias toxicas al recurso hídrico (Martino, 1989, pág. 12).
- Aumento de compuestos orgánicos disueltos los cuales producen:
  - Olores y sabores amargos
  - Incremento en el color del agua
  - Precursores potenciales de compuestos halogenados
  - La formación de sustrato para el crecimiento de bacterias en las plantas de tratamiento de agua y en las líneas de distribución.
  - Problemas de corrosión.
- La falta de oxígeno en el área de contacto agua-sedimento conllevan a una mineralización incompleta de las sustancias orgánicas. En la cual se emiten sustancias toxicas tales como: gas metano, ácido sulfúrico, amoniaco, fosforo, hierro, manganeso, y otros metales, llegando a alterar las características fisicoquímicas del recurso hídrico (Martino, 1989, pág. 12).

2.3.2. *Impactos en las operaciones de utilidad del agua*

Martino (1989), precisa que los cambios que se generan en la calidad del agua tienen efectos directos en las operaciones y costos del tratamiento para categoría I que corresponde a agua potable.

- Efectos en la floculación por el incremento de los costos en cuanto a los floculantes y en la operación para el control continúo del pH.
- Los efectos en la filtración se dan por la obstrucción de los filtros por las algas filamentosas y estas generan pérdidas de agua y los costos de energía de la operación.
- Los efectos en la desinfección se dan por el incremento de suministro de cloro por la presencia de alta cantidad de materia orgánica.

2.3.3. Impactos en los usuarios del recurso

Los impactos en los usuarios al consumir el agua generarían problemas de salud pública y efectos económicos adversos (Martino, 1989, pág. 13):

- Riesgo de la salud por exposición a algas, cianobacterias toxicas.
- Riesgo a la salud por exposición a compuestos orgánicos potencialmente tóxicos y cancerígenos.
- Formación de trihalometanos en la red de distribución por la combinación de la desinfección y la alta concentración de materia orgánica.

2.3.4. Proceso de la eutrofización

Moreno, Quintero, y Lopez (2010), señalan que, además, el fitoplancton crece y se multiplica de manera rápida. En condiciones óptimas, su masa puede duplicarse en un día. Así, el fitoplancton alcanza su máxima crecimiento poblacional y este crecimiento alcanza su estado estable para finalmente entrar en decaimiento siguiendo el comportamiento logístico. El fitoplancton muerto se sedimenta y produce en el fondo depósitos espesos de detritos como se observa la siguiente figura.

Este proceso oligotrófico es el estado normal en donde la calidad del agua es buena y saludable. En donde la presencia de nutrientes es balanceada y suficiente para mantener vivas a los seres vivos que habitan en este

ecosistema, con una cantidad de algas suficientes como para realizar la fotosíntesis de manera regular. En este tipo de aguas la transparencia del agua es considerable y ella habitan animales que respiran y filtran el oxígeno sin ningún problema (Renovables verdes, 2017).

El material orgánico muerto en el fondo del lago pasa por un proceso de descomposición para lo cual las bastereas requieren alta cantidad de oxígeno para hacerlo, provocando a que a los demás seres vivos les falte oxígeno y tiendan a morir a falta de ella, mucho peor las bacterias en ese proceso emiten sustancias toxicas para las plantas y animales. Por ello en este proceso la eutrofización es muy pronunciada por el crecimiento excesivo de alagas en el fondo del lago (Renovables verdes, 2017).

2.3.5. *Parámetros que intervienen en la eutrofización*

El crecimiento de las plantas está limitado por algunos factores ambientales, como la temperatura, la luz y disponibilidad de nutrientes. Estos nutrientes vienen de fuentes urbanas como la agricultura, municipales e industriales, los cuales causan un excesivo crecimiento de algas y plantas micrófitos y por ende reducen la penetración de la luz. El incremento del crecimiento podría ser útil en aguas oligotróficas, en donde el crecimiento está limitado por nutrientes; pero no en aguas eutróficas, mesotrofica so hipertróficas en donde el crecimiento se da de manera acelerada.

- *Fosforo total del agua*

  Lida y Shock, (2009), señalan que el fosforo es un componente esencial para todos los seres vivos, pero el exceso de este componente y en combinación con elevadas temperaturas y luz solar, estimula el crecimiento de algas.

  Carlson (1977) precisa que es un indicador de la calidad de agua y del estado trófico en lagos, ya está relacionado con parámetros como la clorofila, nitrógeno y biomasa algar. Ha sido denominado como el

nutriente limitante de la generación de fitoplancton en lagos, en la mayoría de los casos, el fósforo es el factor que genera la eutrofización.

Peña, Palacios, y Ospina (2005), precisan que una de las principales fuentes que genera la eutrofización es el fosforo mediante escorrentía de tierras agrícolas, detergentes y residuos metabólicos. El incremento de la cantidad de fosforo vertido en el agua se da por causas antropogénicas el cual ha sido considerado como el factor más importante en el balance del crecimiento de algas en el agua dulce.

Lida y Shock (2009), precisan que la concentración de fósforo que existe en las aguas superficiales proviene de dos fuentes: fuentes puntuales y no puntuales. Una fuente puntual es una fuente difícil de identificar por ello es identificable y Las fuentes no puntuales representan puntos dispersos, los cuales tienden a variar según la temperatura. Los que cultivan suministran fertilizantes al suelo los cuales contienen una alta concentración de fosforo, con la finalidad de acelerar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, los suministros excesivos de fósforo aceleran el riesgo de que el fósforo se pierda. La mayoría del fósforo en el suelo se encuentra adherida a las partículas de suelo. El escurrimiento en los surcos de riego erosiona el suelo y por ello arrastra el suelo y el fósforo, llevándolos a desembocar en los cuerpos de agua y por efecto estimular el crecimiento de algas.

- *Clorofila "a" del agua*

Según Carlson y Simpson (1996), precisan que este indicador es el que provee una medida indirecta de la biomasa de algas y una indicación del estado trófico en cuerpos de agua. Clorofila "a" es el pigmento de color verde el cual es responsable de la capacidad de la planta para general de la luz solar en la energía química necesaria para fijar CO2 en hidratos de carbono.

- *Transparencia del agua*

Carlson (1977) La transparencia del agua se ve afectada por un conjunto de factores. En la mayoría de los recursos hídricos, la cantidad de sólidos suspendidos es el factor más importante: a mayor suspensión de materiales, menor será la transparencia del agua. En Lagos, la mayoría de los sólidos en suspensión en los lagos son las algas.

Moreta (2008), precisa que la transparencia es la cantidad de luz que se transmite (traspasa) en el cuerpo de agua, en donde en un lago la transmisión de luz es dificultoso ya que existe una barrera por los sólidos suspendidos y por ende el crecimiento de flora béntica generadora de oxígeno disminuye y queda en la oscuridad.

Carlson (1977), señala que se ha podido ver que cuando hay luz adecuada para el proceso de la fotosíntesis la concentración de los nutrientes (fosfatos y nitratos) es baja y es por ello que la cantidad de fitoplancton en el agua es baja.

- *Nitratos del agua*

Según Carlson & Simpson (1996), el nitrógeno es un elemento principal para el crecimiento de algas y origina un aumento en el consumo de oxígeno al ser oxidado por bacterias, disminuyendo por ende los niveles de oxígeno. De todas las formas en que presenta el nitrógeno, el nitrato está considerado como el mayor contaminante de los ecosistemas acuáticos y es típico de fuentes de contaminación difusas por actividades agrícolas.

- *Otros*

- Oxígeno disuelto

Moreta (2008), señala que la concentración del oxígeno disuelto en el agua de un lago depende de la temperatura del agua, que a su vez depende de la radiación solar y de la profundidad.

- Temperatura del agua

Según Moreta (2008), es uno de los parámetros que más influencia tiene en los lagos, juega un papel muy importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos. A temperaturas bajas demora la acción de desnitrificación de los microorganismos y por lo cual los nitratos no son metabolizados tan rápidamente y, al permanecer en el agua, son aprovechados por el fitoplancton para la generación de alimentos.

- Conductividad eléctrica

Para Moreta (2008), es la capacidad de transferencia eléctrica del agua entre dos polos. La conductividad en medios líquidos (disolución) está relacionada con la existencia de sales en solución, cuya disociación produce iones positivos y negativos capaces de transferir la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se llaman electrolitos o conductores electrolíticos.

- PH del agua

Moreta (2008), precisa que el pH es un indicador del agua, el cual determina su acidez o alcalinidad. El rango de valores es de 0 a 14 unidades de pH. Las aguas que presentan un pH inferior a 7 son ácidas y las superiores a 7 son básicas. Los lagos hipertróficos que son ricos en materia orgánica presentan valores de pH bajos (aguas ácidas) turbas, pantanos.

- *Análisis de parámetros fisicoquímicos*

- Análisis de fosforo total

➢ Toma de muestra y preservación de la muestra

IDEAM (2004), señala que la recolección de las muestras de agua para análisis de fosforo total se realizan en botellas de plástico o de vidrio esterilizados y preservados con ácido sulfúrico concentrado

hasta un pH menor a 2. Una vez preservada la muestra tiene que ser analizada antes de los 28 días después del muestreo (pág. 5).

- Instrumentos, reactivos y materiales
  - Aparatos: El análisis de fosfatos se llevará a cabo mediante el espectrofotómetro UV-VIS en donde la marca del instrumento depende del laboratorio (IDEAM, 2004, pág. 6).
  - Reactivos: Los reactivos a utilizar para la preparación de la muestra de agua serán los siguientes (IDEAM, 2004, pág. 6).:
    - Agua ultra pura, el cual se obtiene mediante un equipo el cual contiene filtros y microfiltros.
    - Ácido sulfúrico concentrado H_2S0_4
    - Ácido nítrico concentrado HN03
    - Fenolftaleína en solución alcohólica
    - Hidróxido de sodio NaOH
    - Ácido sulfúrico H_2S0_4, 5 normal
    - Solución de tartrato de antimonio y asimismo potasio
    - Ácido ascórbico, 0.1 molar
    - Solución de molibdato de amonio
    - Reactivo combinado
    - Patrones de fosfato: los cuales ayudan a que los datos sean válidos
  - Materiales:
    - Balones de clase A de 50, 100, 200 y 250 ml.
    - Balones clase B de 100 y 1000 ml.
    - Erlenmeyers de 100, 200 y 250 ml.
    - Espátulas
    - Papel toallas
    - Celdas de vidrio
    - Soporte para filtración

- Embudos de plástico o de vidrio
- Pipetas y micropipetas
- Probetas de 25 y 50 ml

- Procedimiento del análisis de fosforo total

a) Preparación del estándar de la curva de calibración del espectrofotómetro.

A partir de la solución concentrada de fosfato, se preparan los estándares de 1, 0.5, 0.1 y 0.05 mg P/L, con los cuales se tienen que armar la curva de calibración de espectrofotómetro UV-VIS (IDEAM, 2004, pág. 8).

b) Estándares de control

IDEAM (2004), señala que los estándares de control ya tienen concentraciones conocidas de fosfato y por lo cual para garantizar que la lectura de absorbancia y concentración de las muestras sean las correctas, se tiene que leer estos estandartes de control por ejemplo cada 10 muestras se corre un estándar de control (pág. 9).

c) Digestión de las muestras

(2004) Para el análisis de fosfatos se tiene que tener en consideración; blancos, estandartes, muestras, duplicados y patrones. Los cuáles serán digestados por un microondas o planchas Schott con la finalidad de degradar en pequeñas micropartículas para que el espectrofotómetro lo capture sin ningún problema (pág. 9).

d) Curva de calibración del equipo

Dentro de la curva de calibración se tiene que preparar blancos y estandartes en diferentes concentraciones, los cuales nos ayudaran a calibrar el espectrofotómetro UV-VIS (IDEAM, 2004, pág. 10).

e) Procesamiento de la muestra procesamiento de datos y cálculo de los resultados

Una vez que las muestras, blancos, duplicados, patrones ya hayan sido digestadas, pasamos a analizarlas directamente con el espectrofotómetro de UV-VIS, el cual nos dará una concentración con su respectiva absorbancia (IDEAM, 2004, pág. 12).

La concentración de fosfato = pendiente x Absorbancia (mg/ L/P)

f) Control de calidad y aseguramiento de la calidad

IDEAM (2004).El control de calidad debe de realizarse en el momento de realizar la curva de calibración el cual es aceptada cuando el coeficiente de correlación sea mínimo de 0.99 (pág. 13).

- *Análisis de nitrato*

➢ Recolección y preservación de la muestra

IDEAM (2007), precisa que en la recolección de muestras se debe de tener en cuenta la preservación, la cual se realizará en una botella plástica de 500 mL, previa esterilización de esta y enjuagado con H_2SO_4, solo puede llegar a almacenarlo por un periodo de 24 horas, pasado ese tiempo se tiene que preservar con 2 ml de H_2SO_4 concentrado por cada litro a temperatura de 4° C. Nota: si la muestra se preservo con ácido, ya no se podrá determinar $N0_3$- y $N0_2$- como especies individuales (pág. 3).

➢ Equipos, reactivos y materiales

- Equipo: El equipo a utilizar será el espectrofotómetro con lampará deuterio de color amarilla.
- Reactivo:
  - Agua pura libre de nitrato

- Solución madre e intermedia de nitrato
- Solución de ácido clorhídrico a 1 normal

➢ Material:

- Balones aforados de 50, 100 y 200 mL.
- Pipetas de 2, 3, 10 y 25 mL
- Erlenmeyer de 125 mL
- Pipeta graduada de 10 mL
- Celda de cuerzo de 1 cm
- Pipeta
- Vasos precipitados de 100 mL
- Probeta de 25 mL
- Filtros de acetato de celulosa de 0.45 um

➢ Procedimiento de limpieza de vidriería

IDEAM (2007), señala que la vidriería se debe de lavar con cabon alcalino, para luego dejarlo en H_2SO_4 al 10 % durante media hora y luego se debe de enjuagar con agua ultra pura o desionizada. Conservar estas vidrierías para determinar la concentración de Nitratos ya que solo se utilizarán las que hayan sido bien manipuladas mediante un control estricto de estas (pág. 5).

➢ Preparación de estándares de calibración

La preparación de estandartes para realizar la curva de calibración del espectrofotómetro se tiene que tener preparar en concentraciones de 0.03, 0.10, 0.2 y 5 mg N-NO3-/L (IDEAM, 2007, pág. 5).

➢ Preparación de la curva

IDEAM (2007), mencionan que, teniendo los estándares preparados, se pasa a calibrar el equipo para lo cual se debe de medir 25 mL de cada uno de los estándares y transvasarlos a un Erlenmeyer de 125 mL. Luego agregue 0.5 de solución de HCl a 1 normal y agitar para tener una buena mezcla (pág. 5).

- Preparación de la muestra

  La muestra antes de pasar por un proceso de lectura, se debe de filtrar con un filtro de fibra de vidrio en un promedio de 100 mL de muestra (IDEAM, 2007, pág. 6).

- Medición en el espectrofotómetro

  Encender el espectrofotómetro UV-VIS ya calibrado e instalado con la lampara de tungsteno, antes de realizar el análisis de las muestras se tiene que tener en consideración el manual de TM0166, para especificar los rangos de medición. Los valores de nitrato que determine el equipo deben de hacerse a 220 y 275 nm. e instalar la última curva de calibración realizada (IDEAM, 2007, pág. 6).

  Según IDEAM (2007), para dar inicio a la lectura de las muestras, se debe de verificar que el vidrio de las celdas este totalmente limpio y asimismo se debe de empezar dando lectura al blanco, estándares de control de manera creciente, guardar el archivo en una carpeta con la fecha indicada y dar inicio a la lectura de las muestras (pág. 6).

- Procedimiento de datos y cálculo de resultados

  El espectrofotómetro te da un resultado en mgN – No3/L, el cual debe de ser aplicado mediante una fórmula matemática para determinar la concentración de nitrato (IDEAM, 2007, pág. 7).Mg/L N-NO3 = m x ((Absorbancia 220 nm – 2(x absorbancia de 275 nm))

- Sección de control de calidad y aseguramiento de calidad

  Para garantizar la calidad de los resultados de la muestra, se debe de tener en cuenta que en el momento de realizar la curva de calibración el factor de correlación debe de haber sido 0.999 (IDEAM, 2007, pág. 7).

- *Análisis de clorofila*
  - Equipos y reactivos para la determinación de clorofila “a”
    - Centrifuga refrigerada o filtros
    - Jeringa de 10 mL
    - Espectrofotómetro de preferencia el de barrido
    - Cubeta de vidrio con tapón
    - Pipeta de vidrio de 5 mL
    - Pipeta Pasteur de vidrio con su respectivo chupete succionador
    - Papel toalla absorbente
  - Protocolo analítico de clorofila “a”

    MInisterio de agricultura, alimentacion y medio ambiente (2013), señala que la concentración de clorofila “a” es el resultado indirecto de la biomasa del fitoplancton. En donde se analiza la concentración del fitoplancton y de ella se extrae los pigmentos mediante una solución acuosa de acetona (90%); luego determinamos la absorbancia mediante el espectrofotómetro. Este procedimiento se tiene que regir a la norma internacional Estándar Methods 10200 H (pág. 10).

  - Determinación espectrofotométrica del extracto y cuantificación de clorofila “a”

    Para la medición mediante el espectrofotómetro se tiene que haber extraído el pigmento, para luego agitar las muestras para que puedan homogenizarse la concentración de clorofila “a” en todo el contenido. Luego se tiene que realizar el filtrado de la muestra y realizar la lectura en envases de vidrio o cuarzo en el espectrofotómetro de absorción atómica (MInisterio de agricultura, alimentacion y medio ambiente, 2013, pág. 11).

El resultado que emita el espectrofotómetro pasara por una fórmula matemática para la determinación de la concentración de la clorofila “a”:12

ChL “a” (mg/m^3

$$x = \frac{(11.85(A664-A750)-1.54(A647-A750)-0.08(A630-(a750)V}{V*Z}$$

Dónde:

A630, A647, A664, A750 = Densidad óptica (absorbancia) medida a las longitudes de onda indicadas (en nm)

v = volumen del extracto, en Ml

V = volumen de agua filtrada, en L

Z = Paso óptico de la cubeta, en cm

- *Índices del estado trófico de una laguna*

Para la evaluación del estado trófico de un recurso hídrico, se pueden emplear diferentes mecanismos que van desde la observación del color del lago hasta el análisis d ellos parámetros que caracterizan el lago así mismo el método isotópico de marcaje mediante isotopos radioactivos (Direccion general de agua, 2018, pág. 7).

La direccion general de agua (2018), precisa que, sin embargo, el método más adecuado para la evaluación del estado tífico de una laguna es mediante la aplicación de índices que representan dicha condición, siendo los más utilizados aquellos que engloban más de un criterio para su clasificación. Dicho ello a continuación se presenta tres índices que cumplen dicha condición.

- *Índice de Carlson (TSI)*

Según la Direccion General de Agua (2018), el índice de Carlson es uno de los índices más utilizados, el cual se determina mediante una transformación logarítmica de los valores adquiridos del disco Secchi (Ds), concentración de clorofila “a” y el fosforo total “Pt”.

El índice de Carlson se determina de un valor numérico el cual es desde 0 hasta 100.

Tabla 1

Clasificación del índice de Carlson (TSI), según el estado trófico.

Estado o condición trófica	Rango TSI	Color	Descripción
Laguna Hipertrófico	>70		Hay alta presencia de macrofitas, anoxia en hipolimnion y en consecuencia a ello hay baja productividad
Laguna Eutrófico	50-70		En el rango de 50-60: las algas azules son dominantes y hay abundante macrofitas En el rango de 60-70: hay alta cantidad de algas y existe problemas con la oxigenación en el hipolimnion.
Laguna Mesotrofico	40-50		Baja transparencia, en donde las algas empiezan a incrementarse e inicia a disminuir la oxigenación en hipolimnion.
Laguna meso oligotrófico	30-40		Incrementa la productividad primaria
Laguna Oligotrófico	<30		El agua es transparente y existe una buena oxigenación en el hipolimnion

Fuente: Dirección general de agua

Tabla 2

Clasificación de nivel trófico

Estado trófico	Transparencia Ds (m)	Nitrato (mg/m^3)	P total (mg/m^3)	Chl a (mg/m^3)
Oligotrófico (TSI<30)	>4	1 - 50	< 12	< 95
Mesotrofico (30<TSI<50)	4 - 2	60-200	12 - 24	0.95 – 7.3
Eutrófico (50<TSI<70)	2 – 0.5	>200	24 - 96	7.3 - 56
Hipertrofico TSI>70)	< 0.5		> 96	> 56

Fuente: Carlson y Simpson

Posteriormente, Aikasaki realizo unas modificaciones al índice de Carlson, incrementando coeficientes específicos para los elementos que complementa la composición del estado trófico (Direccion general de agua, 2018, pág. 8).

Tabla 3

Formulas empleadas de Carslson

Parámetros de eutrofización	Carlson	Aizaki
Transparencia del agua (DS) (m)	TSI(DS)=60-14.41Ln(DS)	TSI(Ds) = 10x((2.46 + $\frac{3.76-1.5Ln(Ds)}{Ln\ 2.5}$
Fosforo total (Ft)(mg/l)	TSI(Pt)=14.42Ln(Pt)+4.15	TSI(Ds) = 10x((2.46 + $\frac{6.68-1.15Ln(Ds)}{Ln\ 2.5}$
Clorofila "a" (mg/m^3)	TSIClorf(a)=9.81Ln(Clorf a) +30.6	TSIClorof a = 10x((2.46 + $\frac{Ln(Clorf\ a}{Ln\ 2.5}$
Índice	TSI=(T SID + TSIpt + TSI Clorf a)/3	TSI = (TSID + TSIpt + TSI Clorf a)/3

Fuente: Dirección general de agua

- Índice de Smith

El índice de Smith calcula la condición trófica a través de la concentración de clorofila "a", transparencia o disco de Secchi, concentración de nitrógeno y fosforo. La clorofila a y el disco de Secchi corresponden a los indicadores del nivel trófico del lago, y los otros dos parámetros restantes ayudan a confirmar y explicar el estado observado, debido a que se encuentran relacionados a los nutrientes inorgánicos como nitrógeno y fosforo, que determinan el crecimiento de algas (Direccion general de agua, 2018, pág. 9).

Tabla 4

Rangos para determinar el estado trófico según el nivel de Smith

Estado trófico	Fosforo total (ug/l)	Nitrógeno total (ug/l)	Clorofila "a" (ug/l)	SD (m)
Oligotrófico	<10	<350	<3.5	>4
Mesotrofico	10-30	350-650	3.5-9	2-4
Eutrófico	30-100	650-1.200	9-25	1-2
Hipertrófico	>100	>1.200	>25	>1

Fuente: Dirección general de agua

- Índice de Vollenwider

La direccion general de agua (2018), resalta que el índice del estado trófico (TRIX) llevado a cabo por Vollenweider, está determinado por un índice multivariado el cual considera dos factores principales para

determinar el estado trófico: concentración de clorofila a y el porcentaje de saturación de oxigeno (%Od). El segundo factor corresponde al nitrógeno inorgánico disuelto (NID), el fosforo reactivo soluble (PRS), K y m las cuales son constantes para realizar los ajustes en la ecuación.

$$TRIX = \frac{\text{Log((Clorfa)x|\%Od|xNIDxPRS)} + \text{K}}{\text{m}}$$

- Factores de productividad
    - Clorofila a = concentración de clorofila a µgL−1)
    - | %Od| = valor absoluto de la desviación del por ciento de saturación de oxígeno disuelto, es decir, [100 − %Od]
- Factores nutricionales
    - NID = nitrógeno inorgánico disuelto N como: [N - NO3 + N-NO2 + N-NH4], en (µg N L−1)
    - PRS = fosforo reactivo soluble (µg P L−1)

Tabla 5

Rangos de porcentaje de fosforo y cloro para los distintos estados tróficos

	Fosforo (%)	Clorofila (%)
Ultra - oligotrófico	10	6
Oligotrófico	63	49
Mesotrofico	26	42
Eutrófico	1	3
Hipertrófico	0	0
	100	100

Fuente: Janus y Vollenweider, 1981

Tabla 6

Índice del estado trófico TRIX y calidad del recurso hídrico

Escala TRIX	Calidad de agua	Descripción del agua
2 – 4	Alta	El agua es pobremente productiva, nivel trófico bajo
4 – 5	Buena	El agua es moderadamente productiva, nivel trófico medio
5 – 6	Mala	El agua está entre moderada y alta en cuanto a productividad

6 - 8	Pobre	El agua es altamente productiva, nivel trófico el más alto

Fuente: Vollenweider et al. (1998).

- Clasificación del grado de eutrofia según OCDE

Moreno, Quintero, & Lopez, (2010), señalan que al realizar un estudio por un periodo de 5 años el cual abarco a 200 ambientes en 22 países de Europa occidental, el Comité de Eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE) realizo la propuesta para la clasificación del nivel de eutrofia de lagos envase a los valores de clorofila, secchi y fosforo.

Tabla 7

Nivel de eutrofia para los diferentes estados tróficos envase a los valores de clorofila, transparencia y fosforo

Nivel de eutrofia	Clorofila (mg/m^3)	Profundidad secchi (m)	Fosforo (mg/ m^3)
Ultraoligotrofico	<1	>12	<4
Oligotrofico	1 - 2.5	12 - 6	4 - 10
Mesotrofico	2.5 - 7-9	6 - 3	10 - 35
Eutrofico	8 - 25	3 – 1.5	35 - 100
Hipereutrofico	>100	<1.5	>100

Fuente: Dirección general de agua

- *Tipos de lagos*
  - Lagos eutróficos

Según Moreta (2008), son masas de agua con concentraciones elevadas de nutrientes que aportan en gran manera la proliferación de las algas (plantas acuáticas). Cuando las algas mueren son descompuestas por los microorganismos en procesos aeróbicos para el cual requieren de oxígeno, por lo que la vida de los organismos aeróbicos no existe. Ala ausencia del oxígeno muchos restos orgánicos quedan depositados en el fondo sufriendo procesos anaeróbicos que emiten H_2S (Sulfuro de Hidrógen) el cual tiene un olor desagradable y otros gases, dando un aspecto muy fétido a las aguas en los casos de eutrofización extrema.

En estos lagos hay poca transferencia de luz ya que penetra con mucha dificultad en el agua y los seres vivos que existen en estos lagos son los característicos de las aguas pobres en oxígeno (barbos, tencas, gusanos, etc.). Este tipo de lagos abundan en áreas bajas y cálidas

- Lagos Oligotróficos

Estos lagos son típicos de montaña y sus aguas tienen mínimas concentraciones en cuanto a nutrientes y, por tanto, las algas no generan excesivamente, las aguas son transparentes o claras y la luz penetra con total facilidad al agua, hay oxígeno en grandes cantidades, la flora (abundante flora béntica) y la fauna es típica de aguas bien oxigenadas (truchas, larvas de libélulas, etc.)

Moreta (2008), señala que en la actualidad muchos lagos presentan problemas de la eutrofización artificial. Son receptores de lo que vierten los humanas por las actividades que realizan, lo que origina un una gran proliferación de algas y de muchos organismos heterotróficos que hacen disminuir el oxígeno, generándose procesos de anaerobiosis. La eutrofización ocurre cuando existe alta cantidad de materia orgánica en el fondo del lago, de modo que los organismos anaerobios (más primitivos y menos eficientes) se encargan de la descomposición de la materia orgánica, extrayendo energía por medios menos eficientes y provocando gases desagradables o incluso venenosos para los seres aerobios como el ser humano.

2.4. Definición de términos

a) Biomasa

Es el material orgánico que se genera en un proceso biológico, de manera natural o provocado, el cual es útil como fuente de energía dentro de un ecosistema (Real academica española, 2014).

b) Carga de nutrientes

La importancia de nutrientes como el fósforo, en un proceso de eutrofización, es estimulante para que existan variaciones importantes en un cuerpo de agua, las concentraciones de nutrientes que se incrementan de un lago modifican el número y tipo de biota presente en el mismo, por lo tanto, representa la concentración de nutrientes llamados carga de nutrientes.

c) Disco secchi

Es un instrumento que mide la penetración luminosa, y por ello de la turbidez, en cuerpos de agua como ríos, lagos y mares

d) Mesotroficos

Son sistemas acuáticos que contienen concentraciones medias de nutrientes las cuales están referenciadas entre oligotróficos y eutróficos (Martino, 1989, pág. 6).

e) Estado trófico

Representa el nivel en el que se encuentra una masa de agua, en relación a la carga de nutrientes y contaminación que decepcionan estas masas de agua, determinando en qué condición de eutrofización se encuentra (Ortega , 2014, pág. 43).

f) Nivel trófico

Es un conjunto de especies, o de organismos, de un ecosistema los cuales comparten su hábitat y que ocupan en el flujo de energía y nutrientes o que estas son parte de la cadena alimenticia.

g) Lemna

Es un género de plantas acuáticas de libre flotación quienes pertenecen a la familia de las lentejas de agua Araceae.

h) Fosfato

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo los cuales están rodeados por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio (Ortega , 2014, pág. 43).

i) Nutrientes

Es un producto químico que proviene del exterior de la célula y que ésta necesita para realizar sus funciones vitales. Es tomado por la célula y formando en constituyente celular a mediante un proceso metabólico de biosíntesis denominado anabolismo, o bien, es destruido para la obtención de otras moléculas y de energía.

j) Limnología

Rodriguez, Muñoz, y Ezpinoza (2005), señalan que es la ciencia que estudia las características fisicoquímicas y biológicas de ríos y lagos (pág. 1).

k) El epilimnio

Es el nivel más alto o superior de un lago (Rodriguez, Muñoz, & Ezpinoza, 2005, pág. 1).

l) El metalimnio

Rodriguez, Muñoz, y Ezpinoza (2005), precisan que es el nivel medio de un lago, donde se produce la termoclina, donde la temperatura y el oxígeno tienden a reducirse de manera acelerada (pág. 1).

.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

El nivel de la eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021

2.5.2. Hipótesis Específicas

- La cantidad de clorofila "a" que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021 es mayor a 7.3 mg/m^3.
- La cantidad de nitrato que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021 es mayor a 200 ug/l
- La cantidad de fosforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021 es mayor a 24 mg/m^3.
- Nivel de transparencia que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021 es mayor a 0.5 a 2 DS.

2.6. Variables

2.6.1. Definición operacional

Eutrofización de la laguna de Patoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2021

2.6.2. Operacionalización de la variable

Tabla 8

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Unidad
Eutrofización de la laguna Pacoccocha	Está relacionado a un lago o laguna, hoy en día esta palabra se refiere a una fertilización excesiva de un recurso hídrico que da por resultado	Carga de nutrientes como el fosforo total, nitratos, clorofila y el color del cuerpo de agua los cuales van a determinar el	Fosforo Total	Oligotrófico	<6	Mg/L
				Mesotrofico	0.95-7.3	
				Eutrófico	7.3-56	
				hipertrófico	>56	
			Nitratos	Oligotrófico	1-50	Mg/L
				Mesotrofico	60-200	

el crecimiento perjudicial de plantas acuáticas, tales como algas y micrófitos.	estado trófico de la laguna		Eutrófico hipertrófico	>200	
		Clorofila	Oligotrófico	<0.95	Mg/L
			Mesotrofico	0.95-7.3	
			Eutrófico	7.3-56	
			hipertrófico	>56	
		Color	Oligotrófico	>8	DS/L
			Mesotrofico	8-2	
			Eutrófico	2-0.5	
			hipertrófico	<0.5	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

Tabla 9

Cronograma de actividades para el monitoreo y procesamiento de datos

Actividades	2021						
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
1. Monitoreo de agua	X	X	X				
2. Análisis de datos en laboratorio	X	X	X				
3. Procesamiento de la información e interpretación de los resultados				X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Ámbito Espacial

Departamento : Huancavelica

Provincia : Castrovirreyna

Distrito : Santa Ana

Ambito De Estudio : Laguna De Pacoccocha

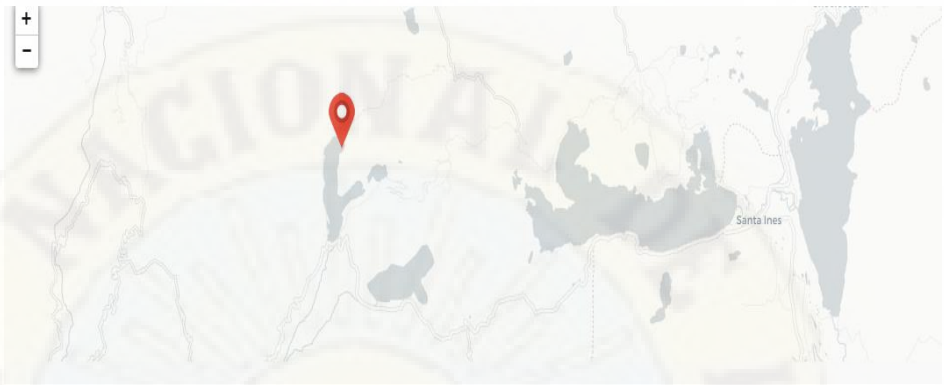
Este : 492181.66 M E

Norte : 8544433.55 M S

Altitud : 4805 m.s.n.m.

Figura 1

Imagen de la laguna de pacoccocha



3.2. Tipo de investigación

La investigación básica o fundamental busca el conocimiento de la realidad o de los fenómenos de la naturaleza, para contribuir a una sociedad cada vez más avanzada y que responda mejor a los retos de la humanidad.

La investigación se define como "un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplica al estudio de un fenómeno". (Sampieri, 2014)

3.3. Nivel de investigación

El nivel será descriptivo porque la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Sampieri, 2014)

3.4. Método de Investigación

3.4.1. Método general

Descriptivo

El método descriptivo científico es un procedimiento sistematizado que busca determinar la solución a un problema para esta ser verificada o comprobada, para lo cual implica tener variables, instrumentos válidos y confiables, según el tipo de investigación (Niño V. M., 2011, pág. 27).

El proyecto está orientado al método científico, ya que es el medio mediante el cual obtendremos nuevos conocimientos de manera ordenada, comprobada y sistematizada.

3.4.2. Método especifico

De acuerdo a Gómez (2002), el método inductivo es un procedimiento sistemático, el cual consiste de obtener resultados generales a partir de casos particulares "es el razonamiento que va de un grado o nivel bajo a un conocimiento de gran envergadura".

El método especifico a aplicar será el método inductivo, el cual nos ayudará a inducir el nivel de eutrofización de La Laguna de Pacoccocha partir de los 8 puntos de muestro que se desarrollaran en el estudio

3.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental transversal o transeccional donde se obtiene información sobre determinadas variables, para describir o analizar sus relaciones o incidencias de unas sobre otras, en un mismo momento o lapso. (Chavez, 2007)

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

La población a ser estudiada en este trabajo de investigación es la Laguna de Pacoccocha ubicada en los Distritos de Santa Ana de la Provincia de Castrovirreyna, Departamento de Huancavelica

Ubicación Geográfica

- Región: Cordillera de los Andes
- Coordenadas: 13 ° 11”09' S y 75° 12”00' O
- Altitud: 4805 msnm

3.6.2. Muestra

Es una parte que representa a un todo, el cual consiste en seleccionar una porción del total de la población de un determinado estudio (Niño V. M., 2011, pág. 55).

Se determinó por conveniencia 8 puntos representativos para monitoreo de agua en la laguna de pacoccocha, para la recolección de datos.

3.6.3. Muestreo

Según Niño (2011), el muestreo no probabilístico por conveniencia busca acceder a muestras de manera intencional envase a un criterio el cual sea conveniente para el estudio.

Las muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras dirigidas, en donde la selección de muestras es orientada por las características de la investigación más que teniendo en consideración un criterio estadístico. (Hernandez, Metodologia de la investigacion, 2014, pág. 222)

La laguna de Pacoccocha cuenta aproximadamente con 28 kilómetros cuadrados de espejo de agua, el cual será divido en 4 sub áreas en donde ubicaremos en cada una de ellas 11 puntos de monitoreo tal como lo muestra la siguiente imagen.

Tabla 10

Evaluación de los puntos de monitoreo

Área	Puntos De Monitoreo	E	N
Pacoccocha	P1	492630.00	8542397.00
	P2	491604.00	8542846.00
	P3	492201.00	8543130.00
	P4	491480.00	8543516.00
	P5	491604.00	8542846.00
	P6	492201.00	8543130.00
	P7	491480.00	8543516.00
	P8	491829.00	8544242.00
	P9	492211.00	8543130.00
	P10	491433.00	8543516.00
	P11	491801.00	8544240.00

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

La recolección de datos se llevará acabo envase al protocolo de monitoreo establecido por la Autoridad Nacional del Agua aprobada por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA denominado "Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales".

Del alcance y aplicación del protocolo detalla que para el monitoreo de la calidad de aguas superficiales es de uso obligatorio a nivel del Perú, tanto en (ríos, lagos, lagunas y otros) (Autoridad Nacional del Agua, 2016, pág. 17).

La observación es necesario para determinar in situ los fenómenos, sujetos, objetos, contenidos, cualidades, comportamientos, interacciones. El cual para llevarla a cabo donde de ser planifica y considerada dentro del cronograma de recolección de datos (Niño V. M., 2011, pág. 95).

3.7.2. Instrumentos

Los instrumentos a utilizar en campo para la recolección de datos serán las fichas técnicas, en donde están considerados las cadenas de custodia y la ficha de registro de monitoreo del agua tal como lo señala el protocolo.

Las muestras enviadas al laboratorio serán analizadas mediante el instrumento llamado" Espectrofotómetro" el cual será válido y confiable ya que dicho laboratorio estará acreditado por INACAL.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.8.1. Técnica

La técnica a presentar es la estadística descriptiva de los datos, se empleó la estadística descriptiva, se desarrolló tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos medidas de tendencia central, dispersión y asimetría.

3.8.2. Procesamiento

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4 donde se realizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro wilk. El estadígrafo de la Prueba T cuyo objeto es determinar la existencia de la hipótesis nula o la hipótesis de investigación, con una confiabilidad de 95% y el programa Microsoft Office Excel 2017.

CAPÍTULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

En la presente investigación se observa el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se determinó con los datos obtenidos como resultados de análisis de la concentración de Clorofila "a", nitratos y fósforo total

A continuación, se muestran las tablas, graficas, e interpretaciones de los resultados de la investigación

4.1.1. Análisis del nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Tabla 11

Nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha

Puntos	Clorofila (Clorf a) TSI (Clorf a) = 9.81 * Ln (Clorf a) + 30.6	Nitratos (N) TSI (N) = 54.45 + 14.43 Ln (N)	Fosforo total (Pt) TSI (Pt)=14.42 *Ln (Pt)+4.15	Transparencia TSI (DS) =60-14.41Ln(DS)	Índice de Estado trófico (TSI)
P1	95.89	149.84	90.01	66.62	Eutrófico Hipereutrófico
P2	96.37	150.19	90.95	67.50	Eutrófico Hipereutrófico
P3	97.04	150.00	90.98	65.47	Eutrófico Hipereutrófico
P4	96.86	149.34	92.16	65.14	Eutrófico Hipereutrófico
P5	96.47	150.29	92.17	62.14	Eutrófico Hipereutrófico
P6	95.82	148.73	89.61	63.93	Eutrófico Hipereutrófico

P7	95.14	149.67	90.80	64.60	Eutrófico Hipereutrófico
P8	95.32	150.24	91.12	67.73	Eutrófico Hipereutrófico
P9	95.32	149.13	90.86	69.44	Eutrófico Hipereutrófico
P10	95.80	150.17	90.96	70.18	Eutrófico Hipereutrófico
P11	95.45	149.58	92.17	68.57	Eutrófico Hipereutrófico
X_T	95.95	149.74	91.07	66.48	

Nota. *X_T* = Promedio total

Interpretación:

En la presente variable se observa el nivel de eutrofización en la laguna de Pacoccocha presenta un nivel Hipereutrófico debido a que los valores presentes se encuentran un nivel por debajo de los límites por lo que el valor de TSI está dentro de los valores permitidos

Esto se debe también a que presentan efectos de contaminación por factores que perturben los factores físicos y químicos del agua

4.1.1. Análisis del nivel concentración de clorofila “a” en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Tabla 12

Concentración de la clorofila (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Puntos	Monitoreo en laboratorio (mg/L)	Valor transformado a la UM (mg/m3)	Rango Carlson y Simpson	Clorofila (CHL a) TSI (CHL)=9.81 *Ln(Chla)+30.6	Índice Estado trófico (TSI)
P1	0.78	780.00	>56	95.89	Hipereutrófico
P2	0.82	816.67	>56	96.37	Hipereutrófico
P3	0.88	876.67	>56	97.04	Hipereutrófico
P4	0.86	860.00	>56	96.86	Hipereutrófico
P5	0.83	826.67	>56	96.47	Hipereutrófico
P6	0.77	773.33	>56	95.82	Hipereutrófico
P7	0.72	720.00	>56	95.14	Hipereutrófico

P8	0.73	733.33	>56	95.32	Hipereutrófico
P9	0.73	733.33	>56	95.32	Hipereutrófico
P10	0.77	770.00	>56	95.80	Hipereutrófico
P11	0.74	743.33	>56	95.45	Hipereutrófico
X_T	0.78	784.85		95.95	

Nota. X_T = Promedio total.

Interpretación:

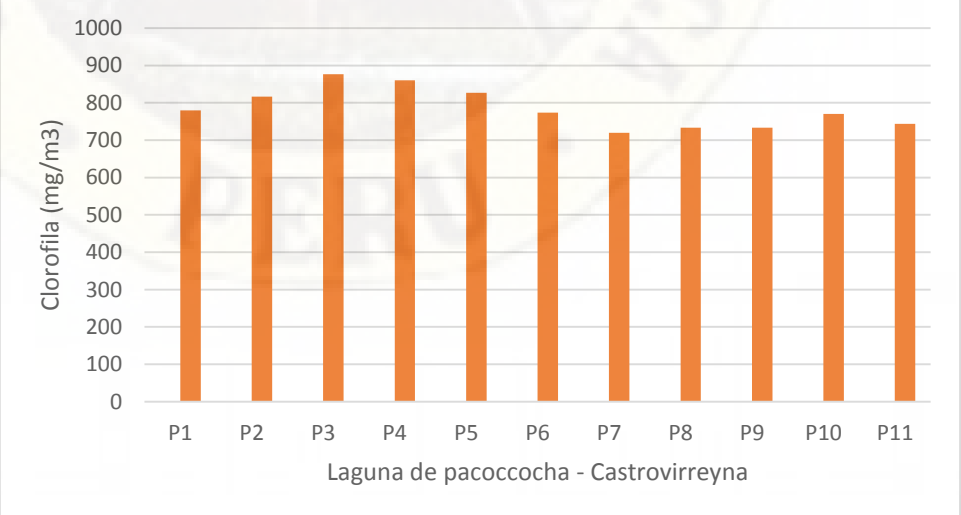
En relación a los valores obtenidos se observa que el valor de Clorofila en base a los puntos obtenidos se menciona que para el primer punto se obtuvo P1; 95.89 mg/m3 y en el punto once P11; 95.45 mg/m3, se observa que los valores superan el rango de Rango Carlson y Simpson debido a que el rango estipula que > 56 mg/m3

También se observa que se realizó 3 monitoreos dentro de los cuales se observa que se obtuvo una media de 95.95 mg/m3 este valor se debe a que no hay mucha recuperación del agua

El parámetro de clorofila es de mucha importancia porque permitió determinar un nivel Hipereutrofico.

Figura 2

Concentración de clorofila (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.



Interpretación:

En la presente figura 2 se observa que el valor de clorofila supera el rango de Rango Carlson y Simpson > 56 mg/m3 por lo que el agua de la laguna de Pacoccocha presenta un valor hipertrófico y esto se presume a factores y agentes perturban.

4.1.2. Análisis del nivel de concentración de nitratos en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Tabla 13

Concentración de nitratos (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Puntos	Monitoreo en laboratorio (mg/L)	Valor transformado a la UM (mg/m3)	Rango Carlson y Simpson	Nitrógeno total (Ptotal) tsi (tn) = 54.45 +14.43ln(tn)	Índice de Estado trófico (TSI)
P1	0.74	743.33	<200	149.84	Hipotrófico
P2	0.76	761.33	<200	150.19	Hipotrófico
P3	0.75	751.67	<200	150.00	Hipotrófico
P4	0.72	719.33	<200	149.34	Hipotrófico
P5	0.77	766.67	<200	150.29	Hipotrófico
P6	0.69	689.67	<200	148.73	Hipotrófico
P7	0.73	734.33	<200	149.67	Hipotrófico
P8	0.76	764.00	<200	150.24	Hipotrófico
P9	0.71	708.33	<200	149.13	Hipotrófico
P10	0.76	760.33	<200	150.17	Hipotrófico
P11	0.73	729.67	<200	149.58	Hipotrófico
X_T	0.74	738.97		149.74	

Nota: X_T = Promedio total.

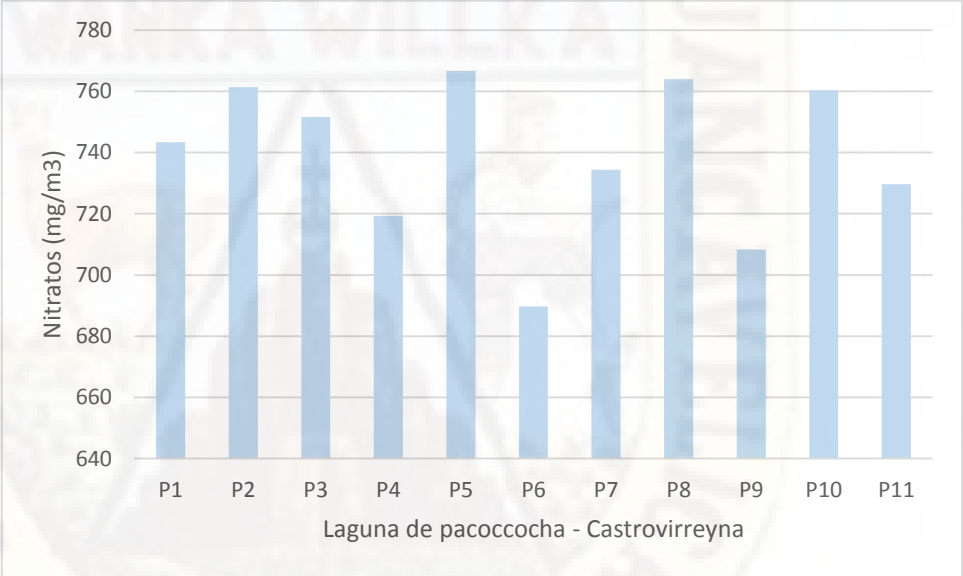
Interpretación:

Debemos de mencionar que en relación a esta tabla se determinó los resultados en valor de nitratos se observa que el valor del primer punto se obtuvo 149.84 mg/m3 y en el punto 11 se observa un valor de 149.58

mg/m3, donde se llega a observar que los valores no superan el rango de Rango Carlson y Simpson debido a que el rango estipula que > 200 mg/m3

El agua de la laguna de pacoccocha presenta la categoría de hipotrofico, por lo que no supera el rango de Carlson y Simpson
También se observa que los valores de nitratos son de mucha importancia en la laguna de pacoccocha debido a factores provocados por la actividad del hombre.

Figura 3
Concentración de nitratos (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.



Interpretación:

En la figura N° 3 se observa que los valores de los 11 puntos de monitoreo se superan los valores del índice, también se menciona que este valor se debe a las propiedades propias de la laguna de Pacoccocha en el centro poblado de Pueblo libre – Huancavelica

4.1.3. Análisis del nivel de concentración de fósforo total en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Tabla 14

Concentración del fosforo total (mg/m3) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Puntos	Monitoreo en laboratorio (mg/L)	Valor transformado a la UM (mg/m3)	Rango Carlson y Simpson	Fosforo total (Ptotal) TSI (Ptotal)=14.42 *Ln(Ptotal+4.15	Estado trófico (TSI)
P1	0.39	387.00	24-96	90.01	Eutrófico
P2	0.41	413.00	24-96	90.95	Eutrófico
P3	0.41	414.00	24-96	90.98	Eutrófico
P4	0.45	447.67	24-96	92.16	Eutrófico
P5	0.45	448.00	24-96	92.17	Eutrófico
P6	0.38	375.33	24-96	89.61	Eutrófico
P7	0.41	409.67	24-96	90.80	Eutrófico
P8	0.42	418.67	24-96	91.12	Eutrófico
P9	0.41	411.33	24-96	90.86	Eutrófico
P10	0.41	414.33	24-96	90.96	Eutrófico
P11	0.45	448.00	24-96	92.17	Eutrófico
X_T	0.42	417.00		91.07	

Nota: X_T = Promedio total.

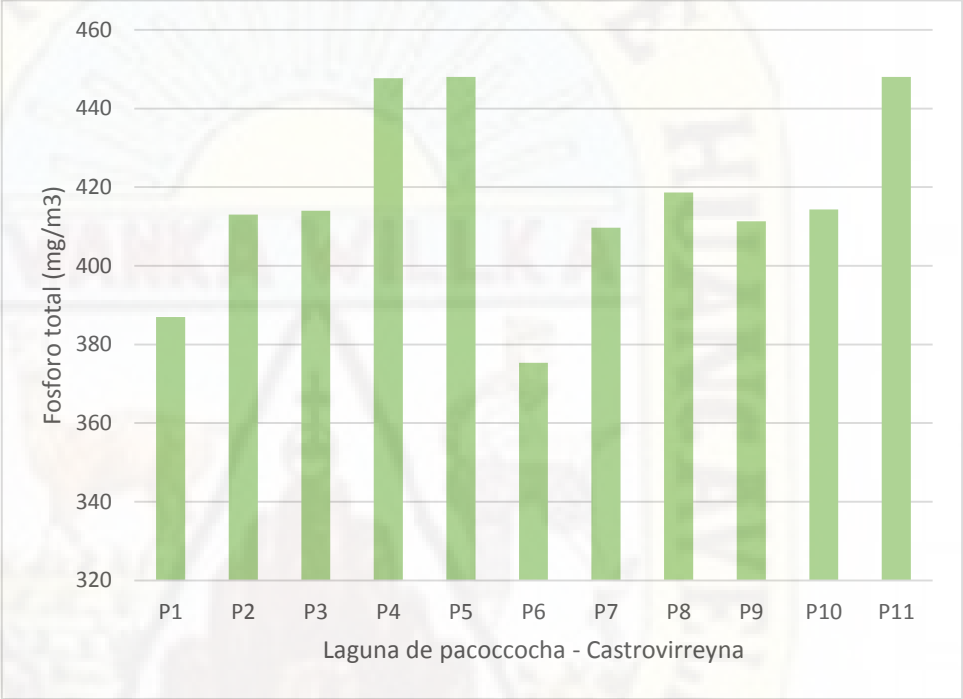
Interpretación:

En relación al siguiente parámetro, se observa que el fosforo total los valores de los monitoreos realizados en el punto uno se observa un valor de 90.01 mg/m3 y en el punto 11 se observa un valor medio de 92.17 mg/m3 por lo que se llegó a la conclusión que no superan los valores del índice de Carlson y Simpson debido a que el rango estipula que > 96 mg/m3

También se menciona que los valores medios son representando por 03 monitoreos.

Figura 4

Concentración de fosforo total (mg/m3) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.



Interpretación:

En la figura 4 se observa que en los 11 puntos de monitoreo no sobrepasa en valor de Carlson y Simpson debido a que se encuentra dentro del rango de 24 a 96 mg/m3, se presume que se debe a la época de estiaje, mayor presencia de animales (vacunos y ovinos) y también a la presencia de algas por lo que presenta un estado eutrófico.

4.1.4. Análisis del nivel de transparencia en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Tabla 15

Concentración del Transparencia (Índice) en los 11 puntos de monitoreo (P1 a P11) en la laguna de Pacoccocha de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica

Puntos	Valor transformado a la UM (Indice)	Rango Carlson y Simpson	Transparencia (DS) =60-14.41Ln(DS)	Estado trófico (TSI)
P1	0.63	2-0.5	90.01	Hipereutrófico
P2	0.60	2-0.5	90.95	Hipereutrófico
P3	0.70	2-0.5	90.98	Hipereutrófico
P4	0.70	2-0.5	92.16	Hipereutrófico
P5	0.87	2-0.5	92.17	Hipereutrófico
P6	0.77	2-0.5	89.61	Hipereutrófico
P7	0.73	2-0.5	90.80	Hipereutrófico
P8	0.60	2-0.5	91.12	Hipereutrófico
P9	0.53	2-0.5	90.86	Hipereutrófico
P10	0.50	2-0.5	90.96	Hipereutrófico
P11	0.57	2-0.5	68.57	Hipereutrófico
X_T	0.65		66.48	

Nota: X_T = Promedio total.

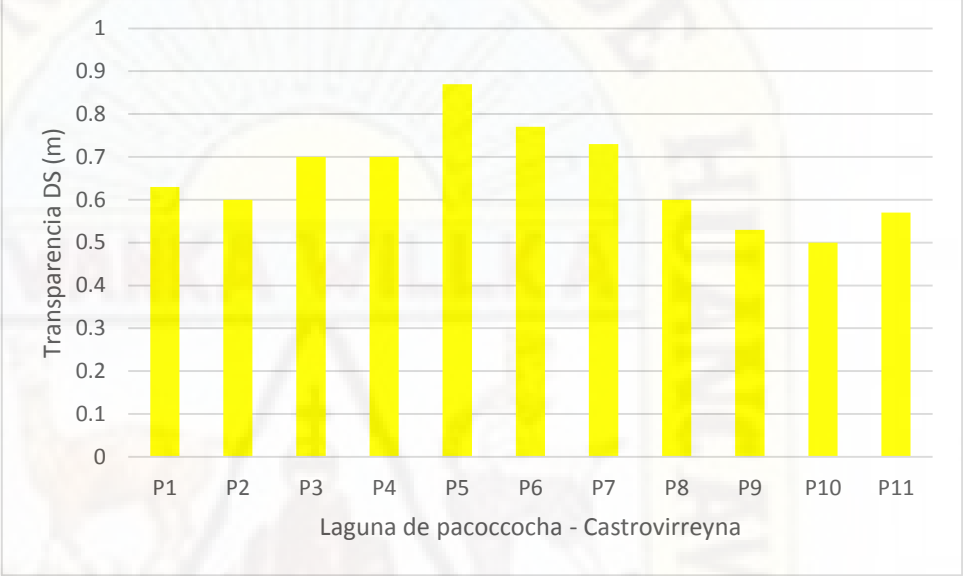
Interpretación:

En relación a este parámetro se observa particularidades propias que se observan que el parámetro transparencia los valores de los monitoreos realizados en el punto uno se observa un valor de 66.62 DS y por último en el punto 11 se observa una media de 68.57 DS por lo que

se llegó a la conclusión que no superan los valores del índice de Carlson y Simpson debido a que el rango estipula que 2-0.5 DS

Figura 5

Concentración de Transparencia DS (m) con 11 puntos en la laguna de Pacoccocha.



Interpretación:

En la presente figura 5, se observa que en los 11 puntos de monitoreo sobrepasa en valor de Carlson y Simpson debido a que se encuentra dentro del rango de 2 a 0.5 DS, se presume que se debe a la época de estiaje, mayor presencia de animales (vacunos y ovinos) y también a la presencia de algas por lo que presenta un estado eutrófico

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Principios de la investigación

A través de la historia se ha tratado de encontrar un método confiable y eficaz, es por ello que la investigación científica tiene principios básicos para poder garantizar un correcto muestreo y un adecuado análisis de los datos obtenidos. La distribución normal es

utilizada en muchos campos ya que es el supuesto básico de algunas herramientas estadísticas tales como para las pruebas T de Student, que son pruebas de hipótesis de medias, utilizadas para datos muéstrales menores a 50, empleadas para observar los resultados, para los objetivos definidos, al ser modelados mediante esta prueba; de esto han surgido varias pruebas de normalidad que toman la información de la muestra para generar un valor que establezca un parámetro de decisión, por ello utilizamos la prueba de normalidad (Hernández, Fernández, y Baptista, 2006).

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk,** porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos (n < 50).

Test de normalidad para estado trófico de los 11 puntos de monitoreo.

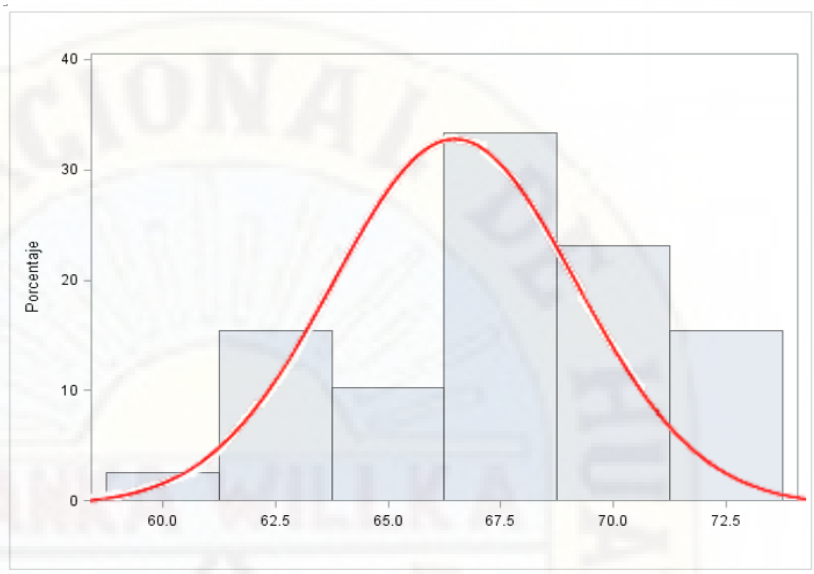
Tabla 16

Test de normalidad para Estado trófico

Test para normalidad Test Shapiro-Wilk					
Parametros	N	Estadístico		p valor	
	33	W	0.8716	Pr < W	0.1554
Estado trofico	33	W	0.9998	Pr < W	0.1852
Clorofila	33	W	0.7163	Pr < W	0.1551
Nitratos	33	W	0.8763	Pr < W	0.1652
Fosforo total	33	W	0.1546	Pr < W	0.1352
Transparencia	33	W	0.8475	Pr < W	0.1252

Figura 6

Campana de Gauss



4.1.1. Prueba de hipótesis

Como señala Hernández et al. (2014), la contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo “α”.
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n”.

6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula (H_o) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

1. Formulación de la hipótesis nula y alterna

a) Formulación de hipótesis general

Ho: El nivel de eutrofización de la laguna de pacoccocha de la provincia de castrovirreya Huancavelica 2021 no presenta un nivel eutrófico a hipertrófico.

$$Ho: P \leq 60 \text{ TSI}$$

Ha: El nivel de eutrofización de la laguna de pacoccocha de la provincia de castrovirreya Huancavelica 2021 presenta un nivel eutrófico a hipertrófico.

$$Ha: P > 60 \text{ TSI}$$

b) Formulación de la primera hipótesis nula y alterna

Ho: La cantidad de clorofila "a" que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es menor a 56 mg/m^3.

$$Ho: P \leq 56 \text{ mg/m}^3$$

Ha: La cantidad de clorofila "a" que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es mayor a 56 mg/m^3.

$$Ha: P > 56 \text{ mg/m}^3$$

c) Formular de la segunda hipótesis nula y alterna

Ho: La cantidad de nitrato que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es menor a 200 mg/m^3

$$Ho: P \leq 200 \text{ mg/m}^3$$

Ha: La cantidad de nitrato que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es mayor a 200 mg/m^3

$$Ha: P > 200 \text{ mg/m}^3$$

d) Formular de la tercera hipótesis nula y alterna

Ho: La cantidad de fósforo total que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es menor a 48 mg/m^3.

Ho: $P \leq 48\ mg/m^3$

Ha: La cantidad de fósforo total que se encuentra en la Laguna de pacoccocha es mayor a 96 mg/m^3.

Ha: $P > 48\ mg/m^3$

e) Formular de la cuarta hipótesis nula y alterna

Ho: La escala de color de la Laguna de pacoccocha es menor 2 m

Ho: $P \leq 2$ Ds (m)

Ha: La escala de color de la Laguna de pacoccocha es mayor 2 m

Ha: $P > 2$ Ds (m)

2. Nivel de significación

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir:

$\alpha = 0.05$, por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con $1- \alpha = 0.095$.

3. Estadístico de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue el "T de Student" para proporciones debido a que los datos analizados son menores a 30 datos y se encuentran en porcentajes, por cada parámetro para analizar el comportamiento de los datos (Sampieri, 2010).

4. Valor crítico y regla de decisión

A partir de la hipótesis planteada la Ha (>), indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando Ha (<), indica que tendrá una cola

hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error α = 0.05 en la tabla de T de Student tenemos los valores críticos de T de tabla y α error.

T_{tabla} = 1/33 = 1.6046

Gl= 33 – 1; porque se tiene 11 puntos por 3 monitoreos.

T_{cal} < = que el valor T de la tabla se acepta la hipótesis nula

T_{cal} > = que el valor T de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

5. Cálculo de los estadígrafos de prueba

a) T de Student para nivel de eutrofización de la laguna de pacoccocha

Tabla 17

Prueba de T de Student nivel de eutrofizacion

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	740.40
Valor hipotético (μ)	200
Muestra (n)	11
Desviación estándar (S)	34.599
T de tabla (valor crítico)	1.6046
T de Student calculado	**8.56**

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba

de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

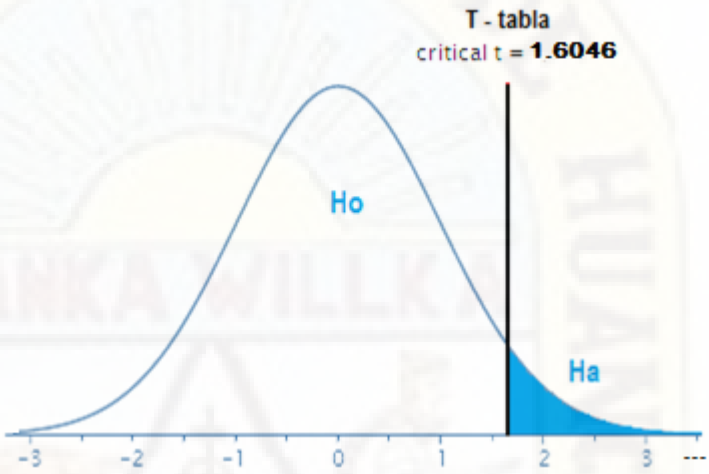
S = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 7

Figura de campana de Gauss



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 8.56

Con T de tabla = 1.6046

b) T de Student para clorofila (mg/m3) en la laguna de pacoccocha.

Tabla 18

Prueba de T de Student para clorofila (mg/m3)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	95.96
Valor hipotético (µ)	56
Muestra (n)	11
Desviación estándar (S)	0.808
T de tabla (valor crítico)	1.6046
T de Student calculado	**163.98**

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

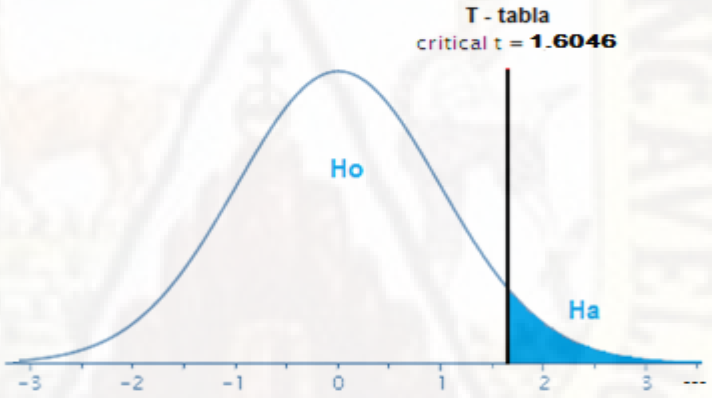
S = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 8

Figura de campana de Gauss



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 163.98

Con T de tabla = 1.6046

c) T de Student para nitratos (mg/m^3) en la laguna de pacoccocha.

Tabla 19

Prueba de T de Student para nitratos (mg/m^3)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	149.74
Valor hipotético (μ)	200

Muestra (n)	11
Desviación estándar (S)	0.761
T de tabla (valor crítico)	1.6046
T de Student calculado	**51.80**

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

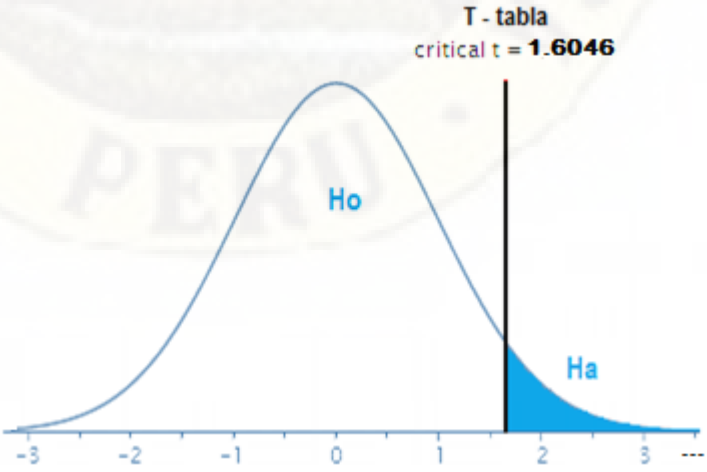
S = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 9

Figura de campana de Gauss



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 51.80

Con T de tabla = 1.6046

d) T de Student para fósforo total (mg/m3) en la laguna de pacoccocha.

Tabla 20

Prueba de T de Student para fósforo total (mg/m^3)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	91.09
Valor hipotético (μ)	48
Muestra (n)	11
Desviación estándar (S)	1.455
T de tabla (valor crítico)	1.6046
T de Student calculado	**98.23**

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

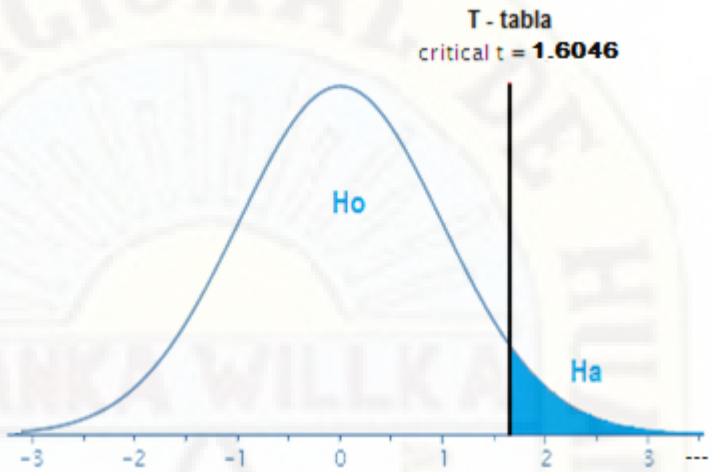
S = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 100

Figura de campana de Gauss



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 98.23

Con T de tabla = 1.6046

e) T de Student para transparencia (Ds m) en la laguna de pacoccocha.

Tabla 1

Prueba de T de Student para Transparencia (mg/m3)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	72.67
Valor hipotético (μ)	2
Muestra (n)	11
Desviación estándar (S)	11.444
T de tabla (valor crítico)	1.6046
T de Student calculado	**22.26**

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

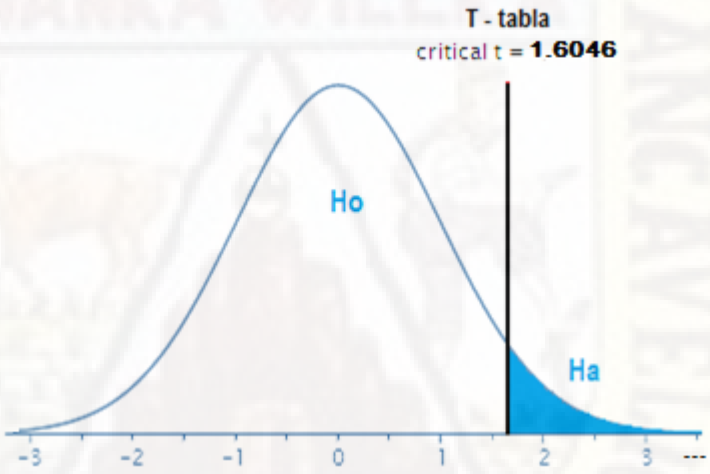
S = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 11

Figura de campana de Gauss



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 22.26

Con T de tabla = 1.6046

6. Decisión estadística

a) Decisión estadística

✓ Decisión estadística para nivel de eutrofización (TSI)

Rechazo la hipótesis nula (Ho) y acepto la hipótesis alterna (Ha) Debido a que el valor de T calculado es 8.56 > que el valor de T de la tabla 1.6046, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de

rechazo para Ho, entonces la hipótesis nula (Ho) se rechaza, y concluimos que: El nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha, provincia Castrovirreyna - Huancavelica 2020 presenta un nivel eutrófico a hipertrófico superior a 60 TSI, a un nivel de significancia de 0.05

b) Decisión estadística

- ✓ Decisión estadística para clorofila (mg/m3)

Rechazo la hipótesis nula (Ho) y acepto la hipótesis alterna (Ha) Debido a que el valor de T calculado es 163.98 > que el valor de T de la tabla 1.6046, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para Ho, entonces la hipótesis nula (Ho) se rechaza, y concluimos que: La cantidad de clorofila "a" que se encuentra en la laguna de Pacoccocha, provincia Castrovirreyna – Huancavelica, es mayor a 56 mg/m^3.se encuentra en un nivel Hipertrófico, a un nivel de significancia de 0.05.

c) Decisión estadística

- ✓ Decisión estadística para nitratos (mg/m^3)

Rechazo la hipótesis nula (Ho) y acepto la hipótesis alterna (Ha) Debido a que el valor de T calculado es 51.80 > que el valor de T de la tabla 1.6046, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para Ho, entonces la hipótesis nula (Ho) se rechaza, y concluimos que: La cantidad de nitrato que se encuentra en la laguna de Pacoccocha, provincia Castrovirreyna – Huancavelica, es mayor a 200 mg/m^3 se encuentra en un nivel Hipertrófico, a un nivel de significancia de 0.05.

d) Decisión estadística

- ✓ Decisión estadística para fósforo total (mg/m3)

Rechazo la hipótesis nula (Ho) y acepto la hipótesis alterna (Ha), debido a que el valor de T calculado es 98.23 > que el valor de T de la tabla 1.6046, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para Ho, entonces la hipótesis nula (Ho) se rechaza, y concluimos que: La cantidad de fósforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha, provincia Castrovirreyna – Huancavelica, es mayor a 48 mg/m^3, se encuentra en un nivel Hipertrófico, a un nivel de significancia de 0.05.

e) Decisión estadística

- ✓ Decisión estadística para Transparencia (Ds m)

Rechazo la hipótesis nula (Ho) y acepto la hipótesis alterna (Ha) Debido a que el valor de T calculado es 22.26 > que el valor de T de la tabla 1.6046, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para Ho, entonces la hipótesis nula (Ho) se rechaza, y concluimos que: La escala de color de la laguna de Pacoccocha, provincia Castrovirreyna – Huancavelica, es mayor > 2 Ds (m) se encuentra en un nivel Eutrófico, a un nivel de significancia de 0.05.

Conclusiones de la prueba de hipótesis**.**

Resumen

Según el análisis estadístico T de Student, para el objetivo general, se asegura la laguna de pacoccocha se encuentra en un nivel de eutrofización ***hipertrófico***. Debido a que, en todos de todos los objetivos específicos planteados, en

términos nitratos, fósforo total, clorofila y Transparencia no superan los límites máximos del rango de CARLSON Y SIMPSON en la laguna de pacoccocha.

4.3. Discusión de resultados

Los resultados de la presente investigación muestran que la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encuentra entre el nivel eutrófico y hipereutrófico, debido a que los valores estimados del índice de estado trófico (TSI) de Carlson y Simpson, concordamos con el autor, Rodas (2013), donde obtuvo el trabajo de tesis que lleva por título "evaluación del estado trófico del lago de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP" para fosforo total para los 7 puntos de muestreo son: 70, 81, 70, 70, 70, 81 y 70 a comparación del TSI y llegó a la conclusión que para el periodo de octubre a febrero del 2011 el nivel trófico será mesotrofica en función a los parámetros fisicoquímicos.

También podemos mencionar que en el parámetro clorofila "a" se encontró un valor promedio de 784.85 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson >56 en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica debido a factores que alteran las propiedades físicas químicas del agua también podemos mencionar a Aranda (2004), llevo a cabo el trabajo de investigación denominado "Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical" 88.634,7 mgm-2/año de nitrógeno y 230,98 mgm-2/año de fosforo. En conclusión: la agricultura, engorde de animales y la quema de combustibles fósiles son las fuentes principales que generan nutrientes en el ambiente costero del mundo, y que en algunos lugares han producido eutrofización.

En relación a los valores obtenidos en nitratos se observó un valor promedio de 738.97 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <200 los cuales indican que respecto a nitratos el agua de la laguna se encuentra en estado hipotrofico en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de

Castrovirreyna – Huancavelica, valores encontrados debido a factores que perturban los factores propios del agua de la laguna también podemos mencionar a Ledesma *et al* (2013), desarrollo el informe de tesis "Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Rio Tercero, Córdova Argentina" la cantidad de fosforo fueron 20, 23 y 41 ug/l y en cuanto a la clorofila "a" media fue 4.5, 6.4 y 10 ug/l, y clorofila "a" máxima fue de 8, 14 y 15 ug/l y la altura de secchi de 1.3, 0.6 y 1.4 m. llego a la conclusión que en el Rio tercero se encuentra en un mal estado en cuanto a la calidad de agua y tiende a eutrofizarse ya que paso de un estado mesotrofico a un estado trófico demostrándose así el deterioro en la calidad de agua.

En relación al parámetro fosforo total se encontró un valor promedio de 417.00 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <24-96 Los cuales indican que respecto a fosforo total el agua de la laguna se encuentra en estado eutrófico, en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, discrepo con este autor porque los valores encontrados superan los valores permitidos, Ruiz (2017), desarrollo el trabajo de investigación denominado "Análisis comparativo de índices de eutroficación en lagunas costeras del estado de Sonora, México" la concentración de fosforo resulto ser de 0.0 no detectado y 5.3um. en conclusión, la laguna de Lobos, Guaymas y El Tobari se encuentran en buenas a moderadas condiciones ambientales con un estado oligo y meso trófico sin embargo se ha podido mostrar síntomas de eutrofización a causa del vertimiento de aguas residuales.

Podemos mencionar en el parámetro transparencia se encontró un valor promedio de 0.65 índice, por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <2-0.5 Los cuales indican que respecto a transparencia el agua de la laguna se encuentra en estado hipertrófico en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, mencionamos también a Gómez (2015), realizo el trabajo de investigación titulada "Evaluación del estado de eutroficación del Mar Alborán mediante el empleo combinado de imágenes satelitales y de muestreos In Situ" las concentraciones en ALBCI, ALBPI y

ALBOI son mayores a 0.75 mg.m3. Se llegó a la conclusión que el modelo satelital ha permitido determinar las variables con mayores influencias en cuanto a la concentración de clorofila a en todas las áreas productivas contrastantes.

En relación al parámetro fosforo total se encontró un valor promedio de 417.00 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <24-96 Los cuales indican que respecto a fosforo total el agua de la laguna se encuentra en estado eutrófico, en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, discrepo con este autor porque los valores encontrados superan los valores permitidos, Ortega (2014), desarrollo la tesis denominado "Relación ente la carga de nutrientes y el estado trófico de la Bahía interior del Lago de Titicaca Puno 2015 En conclusión, las concentraciones de fosforo son muy elevados y una concentración de 125.2 mg/m3 de cloro total causando una eutrofización.

CONCLUSIONES

El nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encuentra entre el nivel eutrófico y hipereutrófico, debido a que los valores estimados del índice de estado trófico (TSI) de Carlson y Simpson.

En relación a la clorofila "a" en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 784.85 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson >56. Los cuales indican que respecto a clorofila "a" el agua de la laguna se encuentra en estado hipereutrófico.

En relación a los nitratos en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 738.97 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <200 Los cuales indican que respecto a nitratos el agua de la laguna se encuentra en estado hipotrofico.

En relación a los fosforo total en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 417.00 mg/m3 por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <24-96 Los cuales indican que respecto a fosforo total el agua de la laguna se encuentra en estado eutrófico

En relación a los transparencia en los once puntos de monitoreo en la laguna de Pacoccocha Santa Ana provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, se encontró un valor promedio de 0.65 índice, por lo que superan el rango de Carlson y Simpson <2-0.5 Los cuales indican que respecto a transparencia el agua de la laguna se encuentra en estado hipertrófico

RECOMENDACIONES

Se debe de realizar estudios de eutrofización en las lagunas para conocer los vectores que afectan los niveles de eutrofización.

Evaluar las lagunas o cuerpos acuáticos considerando los parámetros como la clorofila “a”, nitratos, fósforo total, transparencia entre otros, en épocas de precipitación y épocas de estiaje.

Se debe de recuperar y promover la conservación de los recursos hídricos o de ambientes acuáticos. Ya que el agua es de mucha importancia para la humanidad, animales y plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arohuanca, C. A. (2016). *Evaluacion de la carga de nitrogeno y fosforo en los principales fuentes puntuales que vierten al Lago Titicaca como fuente de eutrofizacion Puno 2015.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hidricos superficiales.* Ministerio de agricultura y riego.

Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Fuentes de contaminantes en la cuenca del Lago Titicaca.* Puno: Ministerio de agricultura y riego.

Behar, D. S. (2008). *Metodologia de la investigacion.* Shalom.

Belen , M., & Cabrera, A. (2010). *Procesamiento de datos y analisis estadistico utilizando el SPSS.* Porto Alegre: Pontificia Universidade Catolica do Rio Grande do Sul.

Carlson, R. (1977). *Un indice de estado trofico de lago. Limnologia y oceanografia*. Kent Stute University: Departament of Biological Sciences.

Carlson, R., & Simpson, J. (1996). *Una guia del coordinador de metodos de monitoreo de lagos voluntarios.* Obtenido de http://www.secchidipin.org/index.php/monitoring-methods/trophic-state-equations/

Chavez. (2007). *Metodologia de la investigacion.*

Cortes, M. E., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre metodologia de la investigacion.* El Carmen: Universidad Autonoma del Carmen.

Diaz, A. C., & Sotomayor, L. F. (2012). *Evaluacion de la eutrofizacion de la laguna Conococha - Ancash, a agosto de 2012.* Huaraz: Universidad Nacional de Santiago Antunez de Mayolo.

DIRAE. (2007). *DIRAE*. Obtenido de Diccionario manual e ilustracion de la lengua española: https://dirae.es/palabras/oligotr%C3%B3fico

Direccion general de agua. (2018). *Proteccion de recursos hidricos.* Santiago de Chile: Ministerio de obras publicas.

Fernandez, I. (08 de Agosto de 2018). *Greenteach*. Obtenido de https://www.greenteach.es/eutrofizacion/

Gavira, J. M. (27 de Septiembre de 2012). *Eutrofizacion - causas y efectos.* Obtenido de https://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-efectos/

Gomez, F. J. (2015). *Evaluacion del estado de eutrofizacion del Mar Alboran mediante el empleo combinado de imagenes satelitales y de muestreos In Situ.* Malaga: Universitas Malacitana.

Gomez, S. (2002). *Metodologia de la investigacion.* Mexico: Red tercer milenio S.C.

Hernandez, R. (2014). *Metodologia de la investigacion.* Mexico: Camara nacional de la industria.

Hernandez, R. (2014). *Metodologia de la investigacion.* Punta de Santa Fe: S.A. DE C.V.

IDEAM. (2004). *Fosforo total en agua por digestion acida - Metodo del acido ascorbico.* Republica de Colombia: Instituto de Hidrologia, Metrorologia y estudios ambientales.

IDEAM. (2007). *Nitrato en agua por espectrofotometria ultravioleta*. Republica de Colombia: Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales.

Ledesma, C., Bonansea, M., Rodriguez, C. M., & Sanchez, A. R. (2013). *Determinacion de indicadores de eutrofiacion en el embalse Rio Tercero, Cordiva - Argentina*. Cordova: Universidad Nacional de Rio Cuarto.

Lida, C., & Shock, C. (enero de 2009). *El dilema del fosforo.* Obtenido de file:///C:/Users/CIT%20BrosSOLUTION/Downloads/em8939-s-e.pdf

Marino, M. S. (2012). *Tratamiento y transferencia tecnologica para la recuperacion de agua y conservacion del medio ambiente en el Humedal Cascajo en la Republica del Peru.* Obtenido de http://www2.congreso.gob.pe/sicr/comisiones/2012/com2012ciencia.nsf/0/0e4a37d3270f8de105257acd006e78c3/$FILE/Resumen_proyecto.pdf

Martino, P. (1989). *Curso basico sobre eutrofizacion.* Washington: Centro panamericano de ingenieria sanitaria y ciencias del ambiente CEPIS.

Mazeo, N., Clemente, J., Garcia , F., Gorga, J., Kruk, C., Larrea, D., . . . Scasso, F. (s.f.). *Eutrofizacion: causas, consecuencias y manejo.* Grupo de ecologia y rehabilitacion de sistemas acuaticos someros, seccion Limnologia.

MInisterio de agricultura, alimentacion y medio ambiente. (2013). *Protocolo de analisis y calculo de metricas de fitoplancton en lagos y embalses.* España: NIPO.

Moreira, J. Y., & Sabando, B. V. (2016). *Determinacion del nivel de eutrofizacion del embalse Sixto Duran Ballen mediante indices de estado trofico.* Calceta: Escuela superior Politecnica Agopecuaria de Manabi Manuel Felix Lopez.

Moreno, D. P., Quintero, J., & Lopez, A. (2010). Meotodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. 32.

Moreta, J. C. (2008). *La eutrofizacion de los lagos y sus consecuencias, Ibarra 2008.* Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.

Niño, V. M. (20011). *Metodologia de investigacion; diseño y ejecucion.* Bogota: Ediciones la U .

Niño, V. M. (2011). *Metodologia de la investigacion.* Bogota: Ediciones de la U.

Organizacion de las Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos, agua para la vida.* UNESCO.

Ortega , G. F. (2014). *Relacion entre la carga de nutrientes y el estado trofico de la Bahia interior del lago Ttiticaca Puno-2015.* Puno: Universidad privada San Carlos - Puno.

Paqui, H. V. (2015). *La valorización del Idioma Kichwa en las Niñas y Niños de sexto y séptimo grado de Educación General Básica del Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe ¨Àngel María Ávila Quizhpe¨ del Barrio Gurudel, Cantón Saraguro, Provincia de Loja, periodo.* Canton Saraguro: Universidad Nacional de Loja.

Peña, E., Palacios, M., & Ospina, N. (2005). *Algas como indicadores de contaminacion.* Cali. Colombia: Universidad del valle.

RAP-AL. (2010). *cONTAMINACION Y EUTROFIZACION DEL AGUA.* Montevideo-Uruguay: Alimentacion al mundo sin venenos.

Real academica española. (octubre de 2014). *diccionario de la asociacion de academia lengua española*. Obtenido de https://dle.rae.es/?id=5YtOE4H

Renovables verdes. (4 de septiembre de 2017). *Medio ambiente-Eutrofizacion*. Obtenido de https://www.renovablesverdes.com/eutrofizacion/

Rodas, A. E. (2013). *Evaluacion del estado trofico del lago de Ayarza utilizando el modelo de simulacion WASP*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodriguez, D., Muñoz, R., & Ezpinoza, C. (2005). *Limnologia y eutrofizacion.* Obtenido de https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/1/CI41B/1/material_docente/bajar?id.

Ruiz, T. M. (2017). *Analisis comprativo de indices de eutrofizacion en lagunas costeras del estado de Sonora, Mexico.* La Paz, Baja California : Centro de investigaciones biologicas del Noroeste, S.C.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la Investigacion.* Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Toapanta, M. E. (2017). *Determinacion del estado trofico de la laguna de Yambo a travez de la cuantificacion de Clorofila "A".* Quito: Universidad Central del Ecuador.

Valles, R. H. (2017). *Factores causales de la Eutrofizacion y calidad del agua de la laguna de Sauce - Tarapoto, 2017.* Lima: Instituto Cientifico y Tecnologico del Ejercito .

Vasquez, Y. F. (2016). *Efectos de la eutrofizacion en el habitat de la bahia de Puno, en la diversidad y abundancia de Avifauna del lago Titicaca.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Villalobos, S. (2015). *Uso de indice fitobiologico para la evaluacion del estado trofico de lagos Araucanos.* Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Zambrano, A. R. (2018). *Evaluacion del grado de eutrofizacion de la laguna natural El Carmen y su situacion con las epocas del año.* Calceta: Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabi Mnuel Felix Lopez.

Zouiten, H. (2012). *Analisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofizacion en Lagunas Litorales: Aplicacion a masas de agua Atlanticas y Mediterraneas.* Santander: Universidad de Catabria.

APENDICE

Apéndice 1

“EVALUACION DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN EN LA LAGUNA DE PACOCCOCHA – SANTA ANA, PROVINCIA DE CASTROVIRREYNA - HUANCAVELICA 2020”

Tabla 2

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables E Indicadores	Metodología	Muestra	Técnicas E Intrumentos
Problema General ¿Cuál es el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 **Problemas Específicos:** ¿Qué cantidad de nitrato se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 ¿Qué cantidad de fosforo total se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 ¿Qué cantidad de clorofila “a” sé encuentra en la laguna de	**Objetivo General:** Evaluar el nivel de eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 **Problemas Objetivos Específicos:** Determinar la cantidad de nitrato que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 Determinar la cantidad de fosforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 Determinar la cantidad de clorofila “a” que se encuentra en la laguna	**Hipótesis General:** El nivel de la eutrofización de la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020es un estado eutrófico. **Hipótesis Específicas:** La cantidad de nitratos que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 es mayor a 200 ug/l La cantidad de fosforo total que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 es mayo a 24 mg/m^3.	**Variable 1:** La eutrofización Nitratos Fosforo total Clorofila Transparencia	**Tipo de Investigación:** Básica **Nivel de Investigación:** Descriptivo **Método General:** Descriptivo **Diseño:** No - experimental trasversal	**Población:** Laguna de Pultocc **Muestra:** 4 puntos de muestreo por cada área **Muestreo:** No probabilístico	**Técnicas:** Observación Protocolo de monitoreo de agua **Instrumentos:** Espectrofotómetro UV Multiparámetro Cadena de custodia Ficha de registro de

Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020	de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020	La cantidad de clorofila “a” que se encuentra en la laguna de Pacoccocha Santa Ana Castrovirreyna – Huancavelica, 2020 es mayor a 7.3 mg/m^3.	

Apéndice 2

Tabla 3

Registro de monitoreo de clorofila en la laguna de pacoccocha

CLOROFILA (mg/m3)						
Numero De Monitoreo	Puntos De Monitoreo	Resultados De Monitoreo En Laboratorio(Mg/L)	Valor Transformado A La Unidad De Medida Requerida (Mg/M3)	Rango Carlson Y Simpson	CLOROFILA (CHL a) TSI (CHL)=9.81* Ln(Chla)+30.6	ESTADO TROFICO (TSI) SEGÚN CARLSON Y SIMPSON
M1	P1	0.88	880	>56	97.11	Hipereutrofico
	P2	0.77	770	>56	95.80	Hipereutrofico
	P3	0.98	980	>56	98.17	Hipereutrofico
	P4	0.94	940	>56	97.76	Hipereutrofico
	P5	0.88	880	>56	97.11	Hipereutrofico
	P6	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
	P7	0.71	710	>56	95.01	Hipereutrofico
	P8	0.73	730	>56	95.28	Hipereutrofico
	P9	0.75	750	>56	95.54	Hipereutrofico
	P10	0.76	760	>56	95.67	Hipereutrofico
	P11	0.77	770	>56	95.80	Hipereutrofico
M2		0.81	810.00		96.24	
	P1	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
	P2	0.85	850	>56	96.77	Hipereutrofico
	P3	0.84	840	>56	96.65	Hipereutrofico
	P4	0.83	830	>56	96.54	Hipereutrofico
	P5	0.86	860	>56	96.89	Hipereutrofico
	P6	0.85	850	>56	96.77	Hipereutrofico
	P7	0.73	730	>56	95.28	Hipereutrofico
	P8	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
	P9	0.71	710	>56	95.01	Hipereutrofico
	P10	0.78	780	>56	95.93	Hipereutrofico
	P11	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
M3		0.79	788.18		96.01	
	P1	0.72	720	>56	95.14	Hipereutrofico
	P2	0.83	830	>56	96.54	Hipereutrofico
	P3	0.81	810	>56	96.30	Hipereutrofico
	P4	0.81	810	>56	96.30	Hipereutrofico
	P5	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
	P6	0.73	730	>56	95.28	Hipereutrofico

	P7	0.72	720	>56	95.14	Hipereutrofico
	P8	0.73	730	>56	95.28	Hipereutrofico
	P9	0.74	740	>56	95.41	Hipereutrofico
	P10	0.77	770	>56	95.80	Hipereutrofico
	P11	0.72	720	>56	95.14	Hipereutrofico
		0.76	756.36		95.61	

Apéndice 3

Tabla 4

Registro de monitoreo de nitratos en la laguna de pacoccocha

NITROGENO TOTAL EN FORMA DE NITRATOS (mg/m3)						
Numero De Monitoreo	Puntos De Monitoreo	Resultados De Monitoreo En Labotatorio	Valor Transformado A La Unidad De Medida Requerida (Mg/M3)	Rango Carlson Y Simpson	NITROGENO TOTAL (Ntotal) TSI (TN)=54.45 +14.43Ln(TN)	ESTADO TROFICO (TSI) SEGÚN CARLSON Y SIMPSON
M1	P1	0.757	757	>200	150.11	Hipereutrofico
	P2	0.788	788	60-200	150.69	Hipereutrofico
	P3	0.713	713	>200	149.25	Hipereutrofico
	P4	0.652	652	>200	147.96	Hipereutrofico
	P5	0.736	736	>200	149.71	Hipereutrofico
	P6	0.736	736	>200	149.71	Hipereutrofico
	P7	0.759	759	>200	150.15	Hipereutrofico
	P8	0.781	781	60-200	150.56	Hipereutrofico
	P9	0.725	725	>200	149.49	Hipereutrofico
	P10	0.751	751	>200	150.00	Hipereutrofico
	P11	0.734	734	60-200	149.67	Hipereutrofico
M2		0.74	739.27		149.75	
	P1	0.762	762	>200	150.21	Hipereutrofico
	P2	0.763	763	>200	150.23	Hipereutrofico
	P3	0.765	765	>200	150.26	Hipereutrofico
	P4	0.762	762	>200	150.21	Hipereutrofico
	P5	0.765	765	>200	150.26	Hipereutrofico
	P6	0.622	622	>200	147.28	Hipereutrofico
	P7	0.721	721	>200	149.41	Hipereutrofico
	P8	0.744	744	>200	149.86	Hipereutrofico

	P9	0.655	655	>200	148.02	Hipereutrofico
	P10	0.743	743	>200	149.84	Hipereutrofico
	P11	0.723	723	>200	149.45	Hipereutrofico
M3		0.73	729.55		149.55	
	P1	0.711	711	>200	149.21	Hipereutrofico
	P2	0.733	733	>200	149.65	Hipereutrofico
	P3	0.777	777	>200	150.49	Hipereutrofico
	P4	0.744	744	>200	149.86	Hipereutrofico
	P5	0.799	799	>200	150.89	Hipereutrofico
	P6	0.711	711	>200	149.21	Hipereutrofico
	P7	0.723	723	>200	149.45	Hipereutrofico
	P8	0.767	767	>200	150.30	Hipereutrofico
	P9	0.745	745	>200	149.88	Hipereutrofico
	P10	0.787	787	>200	150.67	Hipereutrofico
	P11	0.732	732	>200	149.63	Hipereutrofico
		0.75	748.09		149.93	

Apéndice 4

Tabla 5

Registro de monitoreo de fosforo total en la laguna de pacoccocha

FOSFORO TOTAL (mg/m3)						
Numero De Monitoreo	Puntos De Monitoreo	Resultados De Monitoreo En Laboratorio(Mg/L)	Valor Transformado A La Unidad De Medida Requerida (Mg/M3)	Rango Carlson Y Simpson	FOSFORO TOTAL (Ptotal) TSI (Ptotal)=14.42*Ln(Ptotal)+4.15	ESTADO TROFICO (TSI) SEGÚN CARLSON Y SIMPSON
M1	P1	0.436	436	>96	91.79	Hipoeutrofico
	P2	0.412	412	>96	90.97	Hipoeutrofico
	P3	0.423	423	>96	91.35	Hipoeutrofico
	P4	0.421	421	>96	91.28	Hipoeutrofico
	P5	0.423	423	>96	91.35	Hipoeutrofico
	P6	0.403	403	>96	90.65	Hipoeutrofico
	P7	0.412	412	>96	90.97	Hipoeutrofico
	P8	0.435	435	>96	91.76	Hipoeutrofico
	P9	0.411	411	>96	90.94	Hipoeutrofico
	P10	0.422	422	>96	91.32	Hipoeutrofico
	P11	0.424	424	>96	91.39	Hipoeutrofico
M2		0.42	420.18		91.25	
	P1	0.368	368	>96	89.34	Hipoeutrofico

	P2	0.369	369	>96	89.38	Hipoeutrofico
	P3	0.364	364	>96	89.19	Hipoeutrofico
	P4	0.465	465	>96	92.72	Hipoeutrofico
	P5	0.463	463	>96	92.66	Hipoeutrofico
	P6	0.367	367	>96	89.31	Hipoeutrofico
	P7	0.464	464	>96	92.69	Hipoeutrofico
	P8	0.463	463	>96	92.66	Hipoeutrofico
	P9	0.466	466	>96	92.75	Hipoeutrofico
	P10	0.467	467	>96	92.78	Hipoeutrofico
	P11	0.463	463	>96	92.66	Hipoeutrofico
M3		0.43	429.00		91.47	
	P1	0.357	357	>96	88.91	Hipoeutrofico
	P2	0.458	458	>96	92.50	Hipoeutrofico
	P3	0.455	455	>96	92.40	Hipoeutrofico
	P4	0.457	457	>96	92.47	Hipoeutrofico
	P5	0.458	458	>96	92.50	Hipoeutrofico
	P6	0.356	356	>96	88.87	Hipoeutrofico
	P7	0.353	353	>96	88.74	Hipoeutrofico
	P8	0.358	358	>96	88.95	Hipoeutrofico
	P9	0.357	357	>96	88.91	Hipoeutrofico
	P10	0.354	354	>96	88.79	Hipoeutrofico
	P11	0.457	457	>96	92.47	Hipoeutrofico
		0.40	401.82		90.50	

Apéndice 5

Tabla 6

Registro de monitoreo de transparencia en la laguna de pacoccocha

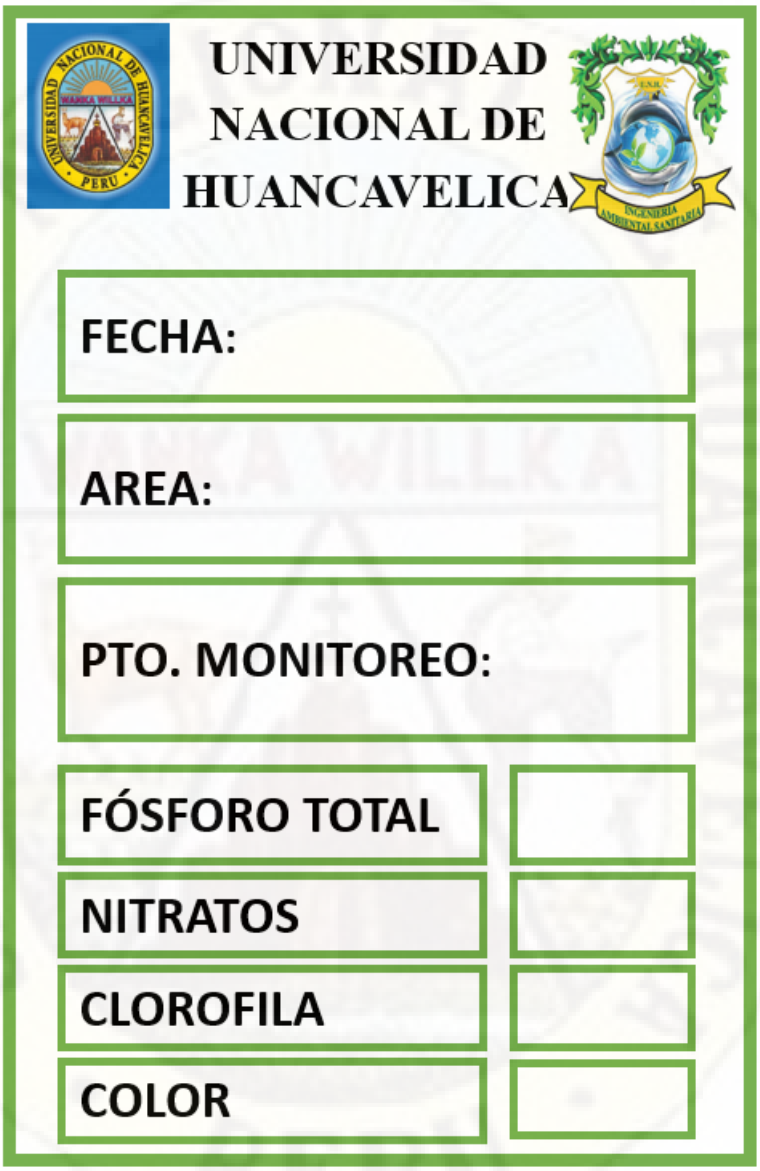
TRANSPARENCIA Ds (m)					
Numero De Monitoreo	Puntos De Monitoreo	Resultados De Monitoreo De Campo	Rango Carlson Y Simpson	TRANSPARENCIA TSI (DS)=60-14.41Ln(DS)	ESTADO TROFICO (TSI) SEGÚN CARLSON Y SIMPSON
M1	P1	0.20	<0.50	83.19	Eutrofico
	P2	0.10	2-0.5	93.18	Eutrofico
	P3	0.10	<0.50	93.18	Eutrofico
	P4	0.20	2-0.5	83.19	Eutrofico
	P5	2.00	2-0.5	50.01	Eutrofico
	P6	0.10	2-0.5	93.18	Eutrofico
	P7	0.10	2-0.5	93.18	Eutrofico
	P8	0.20	<0.50	83.19	Eutrofico

	P9	0.20	2-0.5	83.19	Eutrofico
	P10	0.20	<0.50	83.19	Eutrofico
	P11	0.10	2-0.5	93.18	Eutrofico
M2		0.32		84.72	
	P1	0.60	2-0.5	67.36	Eutrofico
	P2	0.70	2-0.5	65.14	Eutrofico
	P3	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P4	0.70	2-0.5	65.14	Eutrofico
	P5	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P6	0.70	2-0.5	65.14	Eutrofico
	P7	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P8	0.50	<0.50	69.99	Eutrofico
	P9	0.50	2-0.5	69.99	Eutrofico
	P10	0.40	2-0.5	73.20	Eutrofico
	P11	0.40	2-0.5	73.20	Eutrofico
M3		0.63		67.16	
	P1	0.60	2-0.5	67.36	Eutrofico
	P2	0.60	2-0.5	67.36	Eutrofico
	P3	0.50	2-0.5	69.99	Eutrofico
	P4	0.70	2-0.5	65.14	Eutrofico
	P5	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P6	0.90	2-0.5	61.52	Eutrofico
	P7	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P8	0.80	2-0.5	63.22	Eutrofico
	P9	0.70	2-0.5	65.14	Eutrofico
	P10	0.60	2-0.5	67.36	Eutrofico
	P11	0.60	2-0.5	67.36	Eutrofico
		0.69		65.53	

Apéndice 4

Tabla 7

Etiquetas para las muestras de la Laguna de pacoccocha



Panel fotográfico

Figura 12

Ubicación de la laguna de pacoccocha

Figura 13

Localizando la laguna de pacoccocha

Figura 14

Primer monitoreo en la laguna

Figura 15

Chalecos de seguridad

Figura 16

Guantes de nitrilo

Figura 17

Ubicación de los puntos UTM con GPs

Figura 18

Frascos de vidrio

Figura 19

Monitoreo 2 para el recojo de las muestras

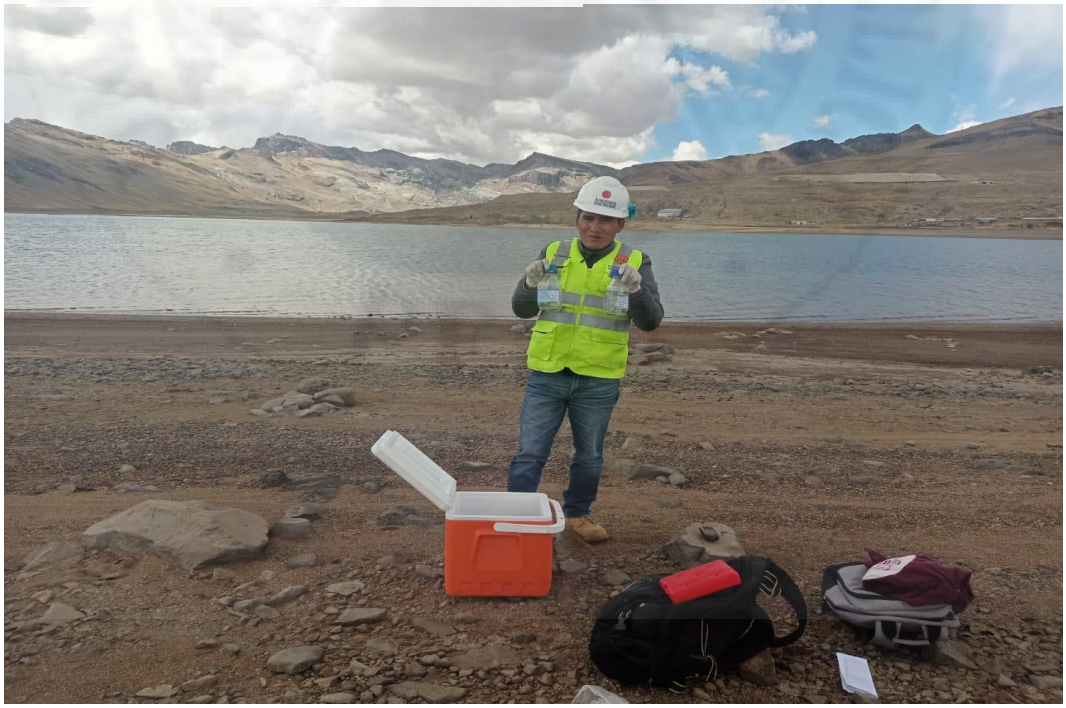


Figura 20

Frascos de vidrio con sus etiquetas

Figura 21

Coolers y frascos de vidrio

Figura 22

Recojo de muestras en el punto 1

Figura 23

Recojo de muestras en el punto 2

Figura 24

Recojo de muestras en el punto 3

Figura 25

Recojo de muestras en el punto 4

Figura 26

Recojo de muestras en el punto 5

Figura 27

Recojo de muestras en el punto 6

Figura 28

Recojo de muestras en el punto 7

Figura 29

Recojo de muestras en el punto 8

Figura 30

Recojo de muestras en el punto 9

Figura 31

Recojo de muestras en el punto 10

Figura 32

Recojo de muestras en el punto 11

Figura 33

Ubicación de los puntos UTM

Figura 34

Preservación de muestras con silica gel

Figura 35

Lectura y ubicación de los puntos UTM

Figura 36

Monitoreo 3 lectura

Figura 37

Colección de muestras M3

Figura 38

Colección de muestras

Figura 39

Manejo de los materiales de campo

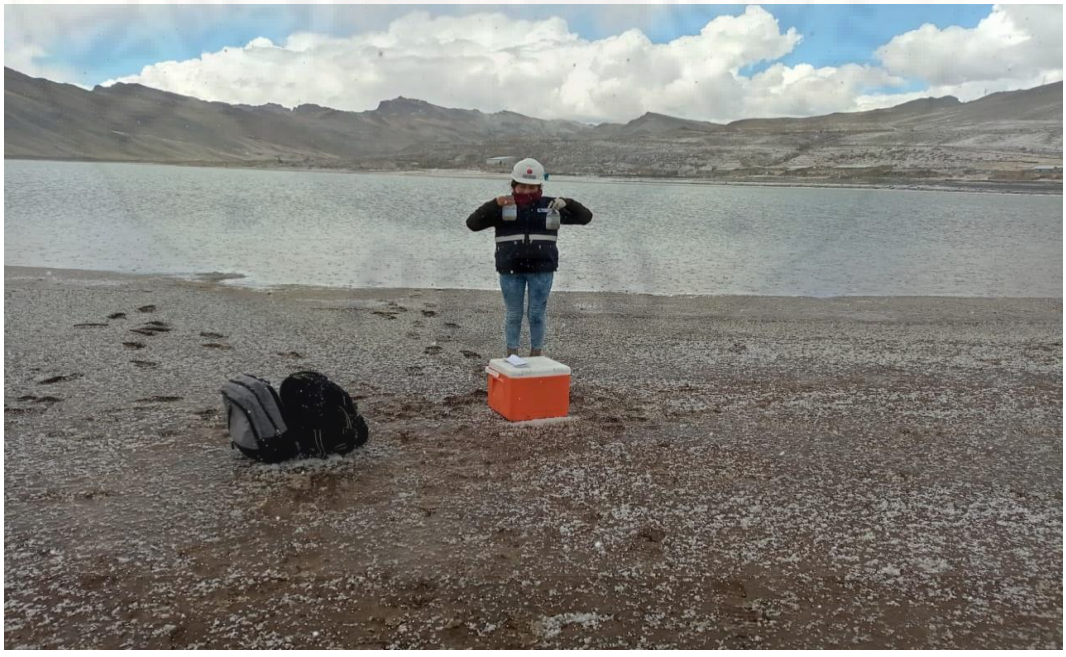


Figura 40

Lectura de Ph en el laboratorio

Figura 41

Monitoreo 1 muestras en el laboratorio

Figura 42

Muestras de agua de la laguna pacoccocha

Figura 43

Ingreso al laboratorio Monitoreo 2

Figura 44

Lectura e ingreso de las muestras del monitoreo 3

Figura 45

Lectura del Ph monitoreo 1

Figura 46
Lectura del ph monitoreo 2

Figura 47
Lectura del ph monitoreo 3

Figura 48
Esterilización de materiales

Figura 49
Preservación de muestras

Figura 50
Congelación de muestras

Figura 51
Preservacion de muestras M1, M2 y M3