



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Proyecto presentado para optar al título en Desarrollo de Software

Proyecto de grado presentado por:

GUZHÑAY NIVICELA DIEGO ANDRES
YANZA ZHINGRI JEYSON JOSÉ

Carrera: Desarrollo de software

Tutor académico:

MGTR. GALO PATRICIO HURTADO CRESPO

Cuenca, 2025

DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a **Guzhñay Nivicela Diego Andres**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.



www.sudamericano.edu.ec

Bolíver y Manuel Vega - San Blas ☎ 0182 71 2038122 1843679 📠 0990976449

✉ info@sudamericano.edu.ec

SUDAMERICANO

DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a **Yanra Zhingri Jeyson Jose**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.



www.sudamericano.edu.ec

• Tuluar y Manuel Vega - San Blas

• (593) 7 253732 - 2843676

• 2916915448

• Wfa@sudamericano.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, GUIZHÑAY NIVICELA DIEGO ANDRES, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la **Tecnología en Desarrollo de Software**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS"** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



GUIZHÑAY NIVICELA DIEGO ANDRES

Cédula: 0107414823





DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **YANZA ZHINGRI JEYSON JOSE**, estudiante del Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en Desarrollo de Software, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS" así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,

YANZA ZHINGRI JEYSON JOSE

Cédula: 0105450399



DEDICATORIA

A Dios por haber permitido llegar hasta este punto, haberme dado salud y sabiduría para lograr mis objetivos.

A mi madre Carmen Nivicela: por sus oraciones y poner en mí toda su fe, su confianza de ver este sueño hecho realidad. A mi padre Lui Guzhñay por los ejemplos de perseverancia y el trabajo duro que lo caracterizan y que me han influenciado siempre que todo sacrificio tiene su recompensa.

A mis hermanos Eduardo, Josué, María Paz: por su apoyo, por estar presente en cada momento. Por darme sus positivos consejos, por su apoyo y confianza de estar siempre hay un momento más difícil de que tenía en la carrera.

A mis sobrinas Camila, Emilia, Valentina: por darme la gracia de ser su tío, de compartir momentos inolvidables en familia y el amor que me dan.

A mi abuelita Rosita, que desde el cielo ha visto todo este proceso de desarrollo personal, aprendizaje y en algunas ocasiones de sufrimiento que al final se logró, gracias a ella que me guía desde el cielo.

A todos amigos que, de una u otra manera, han estado presentes en este proceso, brindándome su ayuda, motivación y confianza muchas gracias.

Diego Andrés Guzhñay Nivicela.

DEDICATORIA

A mis padres Eduardo y Patricia, quienes han sido mi guía y mi fortaleza, inculcándome con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su amor incondicional y sus palabras de aliento han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante en este camino.

A mis hermanos, compañeros de vida, con quienes he compartido alegrías y desafíos. Aprecio profundamente su apoyo constante y su presencia en los momentos en que más los he necesitado.

A mi esposa, por su paciencia infinita, su amor inquebrantable y su comprensión, por ser mi refugio en tiempos difíciles y celebrar conmigo cada logro alcanzado. Sin su respaldo, este objetivo no habría sido posible.

A mi hija, mi mayor fuente de inspiración, pues cada esfuerzo realizado tiene como propósito su bienestar. Que este trabajo sea una muestra de que, con determinación y entrega, todo es alcanzable.

A mis amigos, por estar a mi lado en cada etapa de este proceso, por sus palabras de ánimo y su apoyo incondicional, recordándome que nunca he caminado solo en esta travesía.

Con profundo cariño y gratitud, les dedico este trabajo a todos ustedes.

Jeyson Jose Yanza Zhingri

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero reconocimiento a todas las personas e instituciones que han desempeñado un papel esencial en nuestra formación profesional y en la culminación de este proyecto.

Al Ingeniero Juan Pérez, por su apoyo constante, por su presencia a lo largo de nuestro recorrido académico y por brindarnos su orientación con generosidad. Su disposición y compromiso han sido fundamentales en este trayecto, y le estaremos siempre agradecidos.

Al Magíster Galo Hurtado, un mentor excepcional, cuya vasta experiencia y conocimiento han sido invaluableles en los momentos más desafiantes. Su paciencia y guía nos permitieron encontrar soluciones a problemas que parecían insuperables, dejando una huella profunda en nuestra formación.

A todos los docentes, por su dedicación y respaldo en cada aspecto de nuestra carrera en Desarrollo de Software. Su compromiso con la educación y la excelencia ha sido clave en nuestra preparación y éxito profesional.

A cada uno de ustedes, nuestro más profundo agradecimiento

Jeyson Jose Yanza Zhingri

Diego Andrés Guzhñay Nivicela

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
Objetivos de la investigación	19
Objetivos específicos	19
Justificación.....	20
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA	23
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	25
2.1. Marco Teórico	25
2.1.1. El agua y su importancia	25
2.1.2. Agua superficial	27
2.1.3. Ecosistemas acuáticos.....	28
2.1.4. Lagos y lagunas	31
2.1.5. Calidad del agua.....	33
2.1.6. Microcontroladores	35
2.1.7. Sensores de pH.....	37
2.2. Marco Contextual.....	39
2.3. Marco Conceptual.....	43
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.1. Enfoque de investigación.....	45
3.2. Tipo de investigación	46
3.3. Instrumentos y técnicas para el levantamiento de la información.....	46
3.4. Metodología de trabajo	48
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	49
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	54
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	58

CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA - WEBGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Población parroquia Luis Cordero Vega</i>	41
Tabla 2 <i>Lista de materiales</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Importancia del agua</i>	25
Figura 2 <i>Balance del agua en el cuerpo humano</i>	26
Figura 3 <i>Factores que afectan la calidad del agua</i>	27
Figura 4 <i>Calidad del agua</i>	28
Figura 5 <i>Ecosistemas acuáticos</i>	29
Figura 6 <i>Clasificación ecosistemas acuáticos</i>	30
Figura 7 <i>Impactos del desequilibrio del pH en los ecosistemas acuáticos</i>	30
Figura 8 <i>Características principales de los lagos y lagunas como cuerpos de agua</i>	31
Figura 9 <i>Impacto del pH en la calidad del agua</i>	32
Figura 10 <i>Parámetros que condicionan la calidad del agua</i>	33
Figura 11 <i>Desafíos en la calidad del agua</i>	34
Figura 12 <i>Tipos de memoria</i>	36
Figura 13 <i>Periféricos integrados</i>	36
Figura 14 <i>Electrodos de un sensor de pH</i>	37
Figura 15 <i>Principales tipos de sensores de pH</i>	38
Figura 16 <i>Laguna Maylas</i>	39
Figura 17 <i>Vegetación cercana a la laguna</i>	40
Figura 18 <i>Laguna Maylas</i>	41
Figura 19 <i>Características del ESP32</i>	47
Figura 20 <i>Primera toma de datos</i>	49
Figura 21 <i>Segunda toma de datos</i>	50
Figura 22 <i>Tercera toma de datos</i>	51
Figura 23 <i>Cuarta toma de datos</i>	51
Figura 24 <i>Resultados totales</i>	52
Figura 25 <i>Esquema</i>	54
Figura 26 <i>Hoja de suelda. Imagen 1</i>	55
Figura 27 <i>Hoja de suelda. Imagen 2</i>	55
Figura 28 <i>Vista superior</i>	56
Figura 29 <i>Vista lateral</i>	56

ÍNDICES DE ANEXOS

Anexo A <i>Anteproyecto</i>	66
Anexo B <i>Proceso de tomas de muestra lago Maylas</i>	74

RESUMEN

Debido a diferentes problemas ambientales, la calidad del agua se ha visto comprometida, lo cual condiciona su empleo para el consumo humano u otras aplicaciones como la industria, agricultura, entre otros. Es por eso que el presente trabajo de titulación denominado “Desarrollo de un sistema de monitoreo inalámbrico de la calidad del agua para evaluar el impacto del cambio climático en ecosistemas acuáticos” tiene por objetivo medir la calidad del agua mediante la evaluación del pH, para comprender la salud del ecosistema acuático y promover la conservación de los recursos hídricos. Para tal finalidad, se ha aplicado un proceso metodológico basado en un enfoque cuantitativo, de diseño experimental, aplicando la técnica de muestreo en tres áreas emblemáticas de la laguna como la orilla, zona intermedia y el centro, en donde se midieron variables como el pH del agua. Como resultados se tiene que el sistema de medición de la calidad del agua fue exitoso, encontrando un nivel promedio de 7,22 en la escala de pH, lo que señala que el agua presenta una tendencia ligeramente alcalina, apta para la supervivencia de los diferentes organismos que en ella habitan. En conclusión, el sistema de monitoreo inalámbrico de la calidad del agua funcionó de manera exitosa, según lo previsto para la medición del pH en el lago Maylas.

Palabras clave: calidad del agua, ecosistemas acuáticos, microcontrolador, monitoreo inalámbrico.

ABSTRACT

Due to different environmental problems, water quality has been compromised, which conditions its use for human consumption or other applications such as industry, agriculture, among others. That is why the present degree work called "Development of a wireless water quality monitoring system to assess the impact of climate change on aquatic ecosystems" aims to measure water quality by evaluating pH and temperature, to understand the health of the aquatic ecosystem and promote the conservation of water resources. For this purpose, a methodological process has been applied based on a quantitative approach, with an experimental design, applying the sampling technique in three emblematic areas of the lagoon such as the shore, intermediate zone and the center, where variables such as water pH were measured. The results show that the water quality measurement system was successful, finding an average level of 7.22 on the pH scale, which indicates that the water has a slightly alkaline tendency, suitable for the survival of the different organisms that live in it. In conclusion, the wireless water quality monitoring system worked successfully, as planned for the pH measurement in Lake Maylas.

Key words. water quality, aquatic ecosystems, microcontroller, wireless monitoring.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua constituye el conjunto de características biológicas, químicas y físicas de este elemento, las cuales condicionan su empleo para fines distintos tales como para consumo del ser humano, animales, la industria, actividades agrícolas o incluso el mantenimiento de diferentes ecosistemas. En ese sentido, no se puede ver a la calidad del agua como un aspecto absoluto, sino que, por el contrario, puede variar según sus aplicaciones y sus correspondientes estándares.

En los últimos años, diferentes estudios alrededor del mundo como la que describe Khalid et al. (2023), señalan que en países como Pakistán, la calidad del agua se ha visto perjudicada debido a que se han hallado diferentes contaminantes microbiológicos y químicos, los cuales han incrementado el riesgo significativo de repercusiones en la salud de las personas que ingieren el líquido vital en dicho país. Dicho estudio descubrió altos niveles de cloruros, turbidez, E. coli, coliformes, de manera que concluyeron que tan solo la mitad del agua de las zonas de estudio, es apta para el consumo humano, lo que plantea serios riesgos para la salud de la población.

En otro estudio, Lopes et al. (2023) descubrieron que en varias zonas de Estados Unidos y Canadá, determinaron niveles altos de microorganismos como parásitos, virus y bacterias en diferentes fuentes hídricas, además de reportar varios casos de intoxicación química producto de ingesta de hidróxido de sodio, xileno, tolueno, nitrito, nitrato y cobre, presentes en el agua. Dichos brotes fueron asociados directamente a sistemas de agua comunitarios, así como en sistemas públicos, aguas superficiales y subterráneas.

En el caso de Ecuador, Zhindon Almeida et al. (2024) indagaron acerca de la calidad del agua en la ciudad de Machala, sobre el estero El Macho, en donde se determinó la presencia de oxígeno disuelto, hierro, demanda química de oxígeno y coliformes fecales, los cuales superaron los parámetros permitidos para ser considerada una agua de calidad, de manera que se llegó a

la conclusión que el agua de esta vertiente no se considera apta para la ingesta humana, por lo que es necesario realizar acciones para reducir estos elementos nocivos para la salud y de esta manera pueda ser apta.

Finalmente, en un estudio realizado en 2023 en la laguna Maylas, en el cantón Gualaceo, se analizaron diferentes parámetros a nivel microbiológico así como fisicoquímicos tales como oxígeno disuelto, clorofila, nitratos, fósforo, principalmente, encontrando que en la actualidad la laguna cuenta con un riesgo latente de contaminación lo cual puede influir para que en el mediano y largo plazo, el agua de esta laguna pueda llegar a considerarse no apta para el consumo humano (Orellana Guayllasaca & Sarango Hidalgo, 2023).

No obstante, a pesar de que el agua de dicha laguna se considere bajo niveles normales, dicho estudio no abordó el tema del pH, aspecto que condiciona directamente en la calidad del agua. Así lo consideran Coronado et al. (2023), quienes señalan en su investigación que el pH representa un factor crucial para el consumo humano del agua, además de ser clave en la preservación de los ecosistemas acuáticos, debido a que según los criterios internacionales, para considerar que el agua sea apta para el consumo de las personas, debe encontrarse entre un intervalo de entre 6,5 hasta 8,5, en tanto que si los niveles de este indicador se encuentran fuera del rango antes mencionado, es posible que el riesgo para la salud de quienes la consuma se incremente de manera notable.

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de realizar el estudio en la zona de la laguna de Maylas en el cantón de Gualaceo, ya que es considerada uno de los afluentes de mayor relevancia en la zona, y se desea conocer el nivel de pH para que, de este modo, su población se encuentre informada acerca del estado del agua de esta laguna.

Objetivos de la investigación

Medir la calidad del agua mediante la evaluación del pH y la temperatura para una mejor comprensión de la salud del ecosistema acuático y promueva la conservación de los recursos hídricos.

Objetivos específicos

- Analizar bibliográficamente acerca de la calidad del agua y el pH como parámetro que condiciona su aceptabilidad.
- Desarrollar un sistema de monitoreo y transmisión inalámbrica, basado en microcontroladores ESP32 que permita enviar información en tiempo real a una aplicación móvil o plataforma web.
- Determinar los niveles de pH en la orilla, zona intermedia y centro de la laguna Maylas, cantón de Gualaceo como medio de comprobación de la calidad de agua.

Justificación

La calidad del agua es un elemento crucial para la salud tanto ambiental como humana, jugando un papel esencial en la perpetuidad de la vida en nuestro planeta. No solo albergan una extensa biodiversidad los ecosistemas acuáticos, sino que también desempeñan roles esenciales como la regulación del clima, la purificación del agua y la provisión de este recurso esencial para las comunidades humanas. Pese a su relevancia, los cuerpos de agua experimentan una presión en aumento a causa de acciones humanas que introducen contaminantes industriales, agrícolas y domésticos en sus corrientes (Mammeri et al., 2023).

Esta situación pone en riesgo no solo la presencia de agua para uso humano, sino también la habilidad de los ecosistemas para preservar su biodiversidad y los servicios que brindan. En este escenario, el seguimiento de la calidad del agua emerge como un instrumento esencial para detectar problemas, prevenir riesgos y promover la administración sostenible de este recurso. Este seguimiento conlleva la valoración de factores físico-químicos como el pH y la temperatura, que son señales fundamentales de la condición del agua. Por ejemplo, el pH establece el nivel de acidez o alcalinidad, influyendo en la habilidad del agua para mantener procesos biológicos y químicos fundamentales (Masood et al., 2024).

Las modificaciones en estos parámetros pueden generar efectos sucesivos considerables. Un caso ilustrativo es la modificación de los ciclos de nutrientes, que puede causar fenómenos como la expansión de especies invasoras o la reducción de oxígeno disuelto, lo que pone en riesgo severamente la salud de los ecosistemas. Además, estas modificaciones no solo impactan en la biodiversidad, sino que también impactan en actividades humanas como la agricultura, la pesca y la provisión de agua potable (Naz et al., 2024).

La relevancia del seguimiento continuo no solo reside en la detección de dificultades, sino también en la puesta en marcha de medidas preventivas que posibiliten la salvaguarda de

las comunidades humanas y de los ecosistemas. En este contexto, la evolución de tecnologías vanguardistas, como la implementación de aparatos dotados de sensores IoT, ha transformado el método de recolección y análisis de datos vinculados con la calidad del agua. Estas herramientas posibilitan una valoración más exacta y en directo, favoreciendo la adopción de decisiones fundamentadas por las autoridades locales y entidades internacionales (Hussein et al., 2023).

Para el lago Mylas, situado en Gualaceo, Ecuador, la puesta en marcha de sistemas de vigilancia basados en IoT constituye una ocasión inigualable para enfrentar los retos vinculados a la calidad del agua. Este lago, al igual que numerosos cuerpos de agua en la zona, se enfrenta a riesgos asociados a la contaminación y la presión humana. Así pues, la definición de líneas de base y la producción de datos confiables son etapas fundamentales para la preservación de estos ecosistemas y asegurar su viabilidad a largo plazo (Orellana Guayllasaca & Sarango Hidalgo, 2023).

No solo la calidad del agua repercute en el medio ambiente, sino también en aspectos sociales, económicos y de salud pública. La provisión de agua para consumo, la seguridad en la alimentación y la prevención de enfermedades son solo algunos de los factores que requieren una correcta administración de los recursos acuáticos. Además, el agua de alta calidad es esencial para actividades económicas fundamentales, como el turismo y el ocio, que producen ingresos para las comunidades locales (Nawaz et al., 2023).

La vigilancia de la calidad del agua también tiene una estrecha relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente con el ODS 6, cuyo objetivo es asegurar la disponibilidad y administración sostenible del agua y el saneamiento para todos. Es esencial incorporar estrategias efectivas de seguimiento y administración para enfrentar los retos

mundiales vinculados con la calidad del agua, desde disminuir la contaminación hasta salvar los ecosistemas acuáticos (Castillo Vereau et al., 2022).

De igual manera, la aplicación de tecnologías fundamentadas en el microcontrolador ESP32, unida al empleo de sensores de vanguardia y plataformas de análisis de datos, proporciona soluciones económicas y eficaces para la supervisión constante. Estos sistemas no solo facilitan la recopilación de datos exactos, sino también su estudio y representación en plataformas web y móviles, incrementando las oportunidades de cooperación y acción entre distintos sectores (Morales Moreno, 2024).

Para concluir, la calidad del agua es un asunto de múltiples dimensiones que necesita una atención inmediata y soluciones vanguardistas. La fusión de tecnologías de vanguardia con métodos holísticos de administración puede definir la diferencia en la salvaguarda de este recurso esencial. La investigación y seguimiento de la laguna Mylas, no solo aportará al saber local, sino que también ofrecerá un modelo replicable para otros ecosistemas acuáticos que se encuentran con dificultades similares.

CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA

Uno de los principales problemas que aborda la presente investigación, radica en el hecho de que el agua representa en la actualidad un recurso altamente apreciado en todo el mundo, debido a que cada año que pasa, las reservas del líquido vital se ven disminuidas, lo cual reduce su accesibilidad, condicionando la supervivencia de las personas, así como la sustentabilidad del medio ambiente. Según datos oficiales, más del 30 % de la población mundial no puede acceder a agua potable, lo que conlleva a defunciones que supera la cifra 280.000 muertes anuales, como consecuencia de enfermedades producto de consumo de agua contaminada (Vargas, 2022).

Otro de los factores que influye en la disminución de la calidad del agua según Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba (2021), consiste en la liberación irresponsable de residuos agrícolas, industriales y domésticos, los cuales modifican las características bacteriológicas, químicas y físicas del líquido vital, lo cual provoca su no aptitud para el consumo humano. Adicionalmente, y como resultado de las diferentes actividades humanas como el vertimiento de sustancias químicas, empleo deficiente de suelos, agroquímicos, etc., la calidad del agua se ve afectada seriamente con diferentes impactos negativos, alterándola.

Otro punto a considerar, es el descrito por Pérez Martín (2023), mismo que indica que la calidad del agua también se ve condicionada por las condiciones propias de la cuenca en donde se encuentra, además de las diferentes afecciones antrópicas propias de la cuenca. Esto quiere decir que, hoy en día, el agua bajo parámetros normales, es un bien escaso de alto valor y cuenta con una disponibilidad limitada, y se prevé que, en un futuro próximo, se disminuya aún más. En consecuencia, se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los desafíos técnicos que presenta la implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico para la medición del pH en la laguna Maylas en el cantón Gualaceo?

- ¿Los niveles de pH son los adecuados para considerar el agua de la laguna Mayla apta para el consumo humano?

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

En este apartado, se describen las principales características referentes al agua, su calidad y los elementos básicos para la creación de un sistema de monitoreo inalámbrico de la calidad del agua, tomado de fuentes académicas válidas.

2.1.1. El agua y su importancia

De acuerdo con Florides et al. (2024), el agua es un compuesto que resulta fundamental para que se produzca la vida en el planeta, debido a que participa en diferentes procesos químicos y biológicos, y en la actualidad se la considera como un recurso limitado, con un alto grado de vulnerabilidad, de forma que necesita de una correcta gestión para su uso.

Por su parte, Слєcape (2021) considera al líquido vital como un sistema supramolecular que cuenta con una red única de enlaces de hidrógeno que presenta una dinámica estructural compleja, debido principalmente a su poca homogeneidad. De igual forma, Mititelu et al. (2023) indican que este líquido es el elemento que predomina en las diferentes estructuras de tejidos vegetales y animales, en donde, además de contener agua ligada y libre, presentan agua bioestructurada.

Figura 1 *Importancia del agua*



Fuente: Mititelu et al., 2023.

Gracias a su composición, el agua tiene la capacidad de aportar con estabilidad microbiológica, térmica y química a estructuras animales y vegetales, lo cual va de la mano con el equilibrio y funciones vitales, salud y esperanza de vida. Se ha comprobado, en el ser humano, que la esperanza de vida se reduce a unos pocos días, si no se ingiere agua, en tanto que, si la hidratación no es la adecuada, el cuerpo puede producir fuertes desequilibrios, y por ende, se producen diferentes enfermedades (Mititelu et al., 2023).

Figura 2 Balance del agua en el cuerpo humano



Fuente: Zikirov & Zikirov, 2022.

En la actualidad, factores como el crecimiento acelerado de la población mundial, así como efectos de residuos industriales, contaminación, cambio climático, entre otros, hacen que el recurso del agua sea considerado de forma limitada, y cada vez son más personas las que no pueden acceder para consumir este líquido de forma potable, motivo por el cual, en algunas naciones, este líquido sea considerado además como un recurso estratégico. El agua es

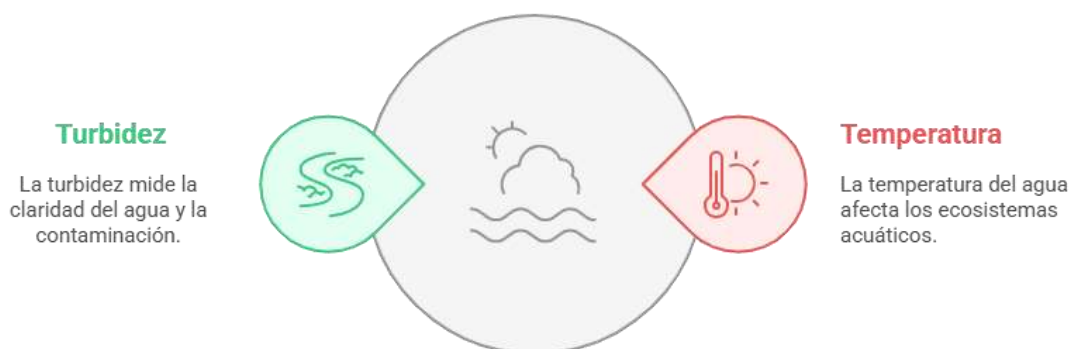
apreciada como el disolvente universal, gracias a la polaridad presente de sus moléculas, con su tendencia a la formación de enlaces de hidrógeno (Zikirov & Zikirov, 2022).

2.1.2. Agua superficial

El agua superficial es considerada como aquella presente en la parte superficial a nivel terrestre y es producto del ascenso de aguas subterráneas y lluvias. Generalmente, se la encuentra en océanos, humedales, embalses, lagos, lagunas, ríos, etc. Este tipo de agua representa un punto importante en el ciclo del hidrógeno, proceso clave en la industria, actividad agrícola y normal funcionamiento de los ecosistemas.

Debido a que se encuentra en fuentes naturales, cuenta con un alto contenido de sustancias disueltas, así como en suspensión, entre los que se destacan contaminantes, materia orgánica, fosfatos, nitratos, minerales, etc., los cuales varían su cantidad acorde a factores antropogénicos, climáticos y geológicos, principalmente. Entre los principales factores físicos que condicionan su calidad se tienen a la temperatura y turbidez, principalmente, tal como se describe a continuación:

Figura 3 Factores que afectan la calidad del agua



Fuente: Limen (2022).

Se debe tomar en consideración de que un indicador de que el agua cuenta con una calidad óptima, radica en la presencia de una gran diversidad de especies animales y organismos en general, como peces, macroinvertebrados, algas, bacterias, etc. En la misma línea, se destaca en estos sistemas el contenido representativo de oxígeno disuelto (OD), mismo

que es empleado para el proceso de respiración de estos seres vivos. Por lo tanto, la cantidad de OD en el agua superficial se ve condicionada por su actividad fotosintética y temperatura, en tanto que los nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, son elementos indispensables para que las especies vegetales se desarrollen. No obstante, el exceso de estos elementos, aumentan el riesgo de eutrofización, proceso que disminuye la calidad de las características del agua, y por ende, la biodiversidad de su entorno (Tiwari et al., 2022).

Figura 4 *Calidad del agua*



Fuente: Tiwari et al., 2022.

Para las consideraciones de Speight et al. (2021), la alteración de los niveles normales de pH puede modificar el normal desenvolvimiento de la biodiversidad, ecosistemas y la vida. En ese sentido, plantas, invertebrados y peces que habitan las aguas superficiales pueden verse afectados en cuanto a temas de crecimiento, desarrollo y supervivencia, sobre todo en el caso de macroinvertebrados y el fitoplancton, lo que conlleva a un efecto dominó en toda la cadena trófica.

2.1.3. Ecosistemas acuáticos

Para Woolway et al. (2022), los ecosistemas acuáticos hacen referencia a sistemas dinámicos en los que se encuentran océanos, estuarios, humedales, lagunas, lagos, ríos, entre

otros, los cuales son esenciales para el ciclo del agua así como para la biodiversidad en el planeta.

Figura 5 *Ecosistemas acuáticos*



Fuente: Woolway et al., 2022.

Como se menciona anteriormente, es posible encontrar ecosistemas acuáticos tanto de agua salada como de agua dulce, los cuales cumplen diferentes funciones, entre las que se destacan la regulación del clima, gracias a su capacidad de absorción de CO_2 , y por ende, la liberación de O_2 , por lo que se puede decir que los ecosistemas actúan como filtros naturales capaces de purificar tanto el aire como el agua, reduciendo la cantidad de sedimentos y elementos contaminantes, mejorando la calidad del agua (Dong et al., 2022). A continuación, se describe la clasificación de los ecosistemas:

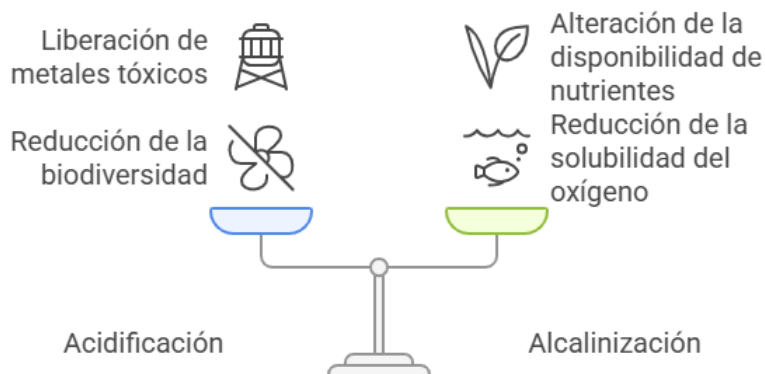
Figura 6 Clasificación ecosistemas acuáticos



Fuente: Dong et al., 2022.

En cuanto a las consecuencias producto de la modificación de los niveles de pH en estos ecosistemas acuáticos, se destaca la reducción en torno a la biodiversidad de las especies, según se acidifique o alcalinice, tal como se describe a continuación:

Figura 7 Impactos del desequilibrio del pH en los ecosistemas acuáticos

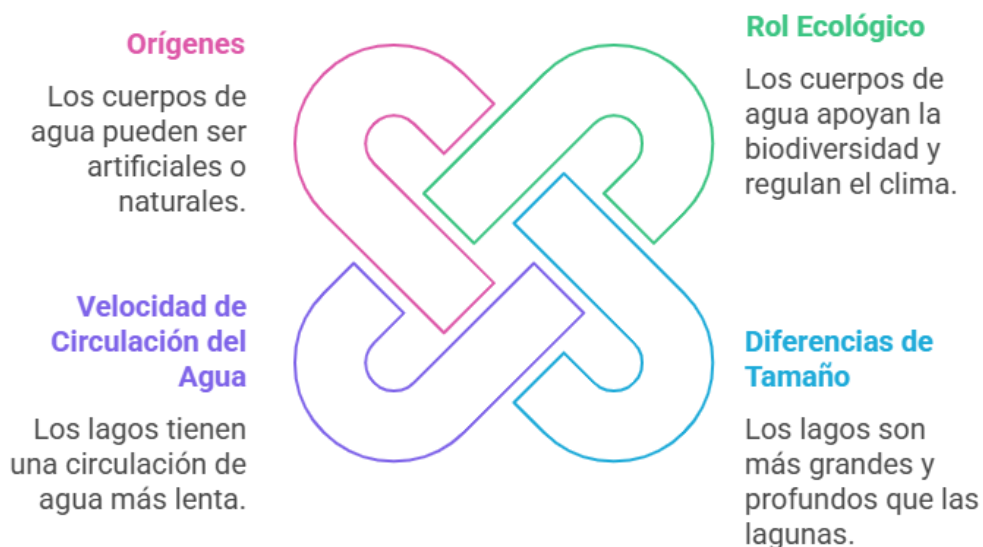


Fuente: Nash et al., 2021.

2.1.4. Lagos y lagunas

Son superficies acuíferas que presentan la característica de estar conformadas con agua superficial y tienen un papel fundamental para los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, los cuales representan hábitats de una gran variedad de especies animales y vegetales, además de tener la función de regular el clima de su entorno y servir como fuentes de agua natural. La diferencia entre los lagos y lagunas radica en su tamaño, ya que en el primer caso son más grandes en relación con las lagunas, al igual que su nivel de profundidad, además, los lagos presentan una velocidad de circulación del agua mucho más lenta que en el caso de las lagunas, teniendo, además estos pueden tener un origen tanto artificial como el caso de embalses o natural, cuando provienen de glaciales o áreas tectónicas/volcánicas (Pedreros-Guarda et al., 2021).

Figura 8 Características principales de los lagos y lagunas como cuerpos de agua



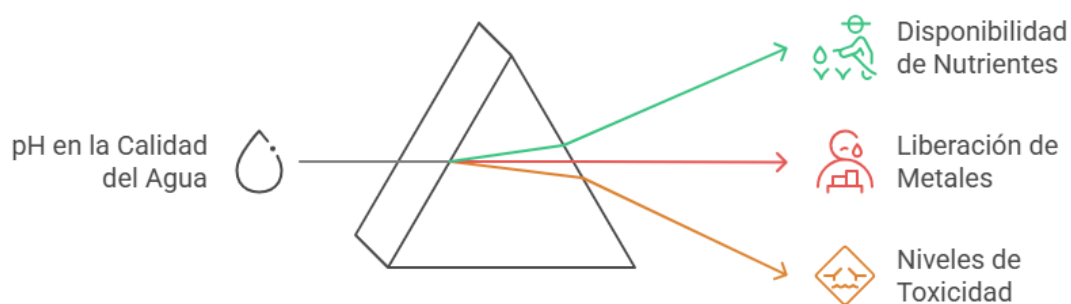
Fuente: Pedreros-Guarda et al., 2021.

Uno de los procesos que se producen en los lagos, es el proceso de estratificación, es decir, que el contenido de agua suele dividirse según niveles de densidad y temperatura del agua, lo que provoca alteraciones en la distribución de organismos, oxígenos y nutrientes. No obstante, este proceso suele ser menos frecuente en lagunas, debido a que presenta una

profundidad menor, no obstante, la variabilidad de diferentes parámetros como el pH, es más notoria (Yang et al., 2024).

Por lo tanto, Braga et al. (2023) considera que el pH representa un factor clave en la composición química del agua, debido a que incide en el contenido de nitrógeno y fósforo, sobre todo cuando existe mayor acidez, que para el caso del nitrógeno, tiende a precipitar, y por ende, presentar una menor disponibilidad en plantas y algas. De igual manera, en el caso de que exista una mayor acidez, es posible que se produzca la liberación de metales como el mercurio y aluminio, que pueden encontrarse depositados en sedimentos, lo que conlleva a un incremento en cuanto a los niveles de toxicidad del agua.

Figura 9 Impacto del pH en la calidad del agua



Fuente: Braga et al., 2023.

En contraposición, cuando los niveles del agua presentan una mayor inclinación alcalina, se produce la transformación del amonio en amoniaco, compuesto que resulta perjudicial para los organismos vivos que habitan en el lago. En la misma línea, se debe tener en cuenta que los organismos como tanto vegetales, así como animales, cuentan con rangos favorables para su conservación, de manera que, si esta condición se ve alterada, podría provocar daños en la cadena alimentaria (Santini et al., 2022).

De igual forma, Houle et al. (2022) señalan en su estudio que en lo referente a la actividad microbiana, existen diversos microorganismos que se involucran en la función de descomponer la materia orgánica, de manera que si se encuentra un pH alcalino, se prevé una

reducción significativa en la disponibilidad del CO₂, lo que afecta en el normal crecimiento y proliferación de los microorganismos.

2.1.5. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere al estado de los parámetros biológicos, químicos y físicos del líquido vital, los cuales condicionan su aplicabilidad para fines específicos, tales como su empleo a nivel industrial, actividades agrícolas o el consumo del ser humano, de manera que la calidad del agua se encamina según la función a la que va a ser destinada (Mammeri et al., 2023).

Figura 10 *Parámetros que condicionan la calidad del agua*



Fuente: Mammeri et al., 2023.

En función de las consideraciones anteriores, si el agua va a ser empleada para el consumo del ser humano, esta tiene que cumplir con parámetros para que sea denominada agua potable, es decir, que tiene que pasar previamente por un proceso de potabilización para que las personas la puedan tomar sin riesgo a que padezcan enfermedades asociadas a agua contaminada como la hepatitis, disentería, cólera, entre otros (Angelakis et al., 2022).

Por otra parte, para el caso de la industria y el sector agrícola, es necesario que el líquido se mantenga con otras especificaciones tales como procesos de fabricación, nivel de

limpieza, refrigeración, entre otros, de manera que los procesos industriales, así como la irrigación agrícola, fluyan según lo esperado (Ejigu, 2021).

Adicionalmente, cabe indicar que la calidad del agua también presenta influencia en otras áreas como la recreación, pesca, turismo etc., las cuales son consideradas como actividades económicas que generan ingresos para la población local, en tanto que a nivel mundial, incluso se han desarrollado políticas como los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), en el cual su objetivo 6 se enfoca a “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (Organización de las Naciones Unidas, 2025).

Figura 11 Desafíos en la calidad del agua



Fuente: Addisie, 2022.

Como se puede observar en la anterior figura, la calidad del agua presenta grandes desafíos como deficiencias en la infraestructura, así como en una gestión inadecuada, sobreexplotación de estos recursos, cambio climático, contaminación, entre otros, los cuales inciden directamente en las características del agua y su aptitud. Por lo tanto, resulta necesario cambiar el pensamiento de las personas en torno a la concientización, educación, regulaciones, ordenanzas, políticas, programas de tratamiento y gestión del agua, empleo de tecnologías avanzadas, así como el monitoreo y control de las diferentes fuentes de agua (Zhang et al., 2023).

2.1.6. Microcontroladores

De acuerdo con lo descrito por Novac et al. (2021), los microcontroladores son equipos que pueden programarse y se encuentra equipado con componentes suficientes como periféricos, unidades de procesamiento y memoria, útiles para controlar dispositivos y sistemas, lo cual les brinda la capacidad suficiente para desarrollar aplicaciones en donde los costos, consumo energético y espacio, son considerados como factores críticos.

También se lo puede describir con un circuito integrado capaz de combinar periféricos, memoria y una CPU en un único chip, de manera que, bajo una correcta programación, tiene la capacidad de realizar diferentes funciones específicas con aplicaciones en sistemas industrializados, dispositivos médicos, automóviles, equipos motorizados, electrodomésticos, entre otros (Babiuch & Folynek, 2024).

Entre sus principales características, los microcontroladores se destacan por estar compuestos con una arquitectura basada en los 8, 16 o 32 bits, según las necesidades y requerimientos del proyecto. De estos, se indica que los que cuentan con 32 bits presentan un mayor rango de potencia, de manera que son los más empleados en proyectos de alta complejidad (Ramu et al., 2022).

En torno a su memoria, cuenta con tres tipos: la EEPROM, la cual es considerada como una memoria no volátil, la cual permite almacenar información, aun cuando el dispositivo se encuentre apagado. Además, cuenta con una memoria RAM, la cual es empleada para el almacenamiento temporal de información que se procesa en el microcontrolador. Y finalmente, se tiene la memoria ROM o flash, la cual cumple la función de almacenar el software o firmware que controla el dispositivo (Jin, 2024).

Figura 12 Tipos de memoria



Fuente: Jin, 2024.

En cuanto a los periféricos integrados, se destacan interfaces de comunicación, conversor Digital-Analógico (DAC), conversor Analógico-Digital (ADC) y los puertos GPIO, elementos que sirven para la conversión de señales provenientes de los sensores que son empleados para el control de dispositivos, así como información para que el microcontrolador pueda procesar (Jadhav et al., 2024).

Figura 13 Periféricos integrados



Fuente: Jadhav et al., 2024.

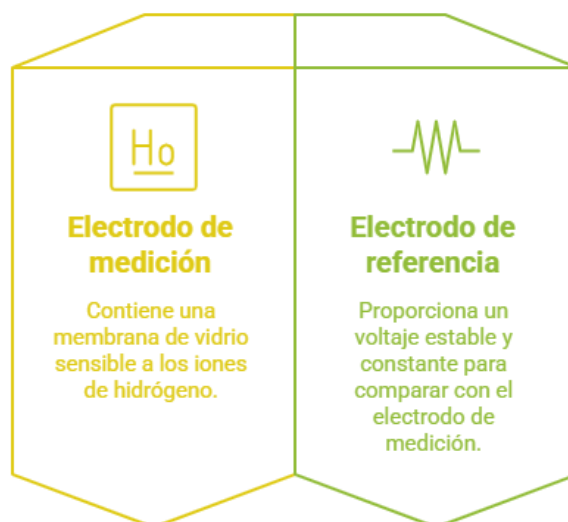
Gracias a las características antes mencionadas, los microcontroladores presentan una facilidad para programar en diferentes tipos de lenguaje, ya que además, cuentan con entornos de desarrollo integrados (IDE), una velocidad de procesamiento suficiente para ejecutar diferentes actividades en tiempo real, con un consumo de energía relativamente bajo, ideales para aplicaciones en donde es necesario emplear baterías (Fauza et al., 2023).

2.1.7. Sensores de pH

Los sensores de medida de pH, son equipos que se emplean para comprobar el nivel de acidez de un líquido, el cual es expresado en la escala de pH, misma que se encuentra descrita entre 0 y 14, siendo los siete primeros valores, indicadores de que el líquido presenta acidez, en tanto que de 7 a 14 es un indicador de que el compuesto es altamente alcalino. En ese sentido, se entiende que el valor de siete representa neutralidad (Costanzo & Panunzi, 2021).

Estos equipos son empleados en una gran variedad de campos para el monitoreo y control del agua y otros líquidos que suelen emplearse en la actividad agrícola, procesos industriales, consumo humano, entre otros. En ese sentido, este tipo de dispositivos cuenta con dos tipos de electrodos: los de medición, que cuentan con una membrana de vidrio que presenta alta sensibilidad a los iones de H, en tanto que los electrodos de referencia son aquellos que permiten realizar la comparación con el de medición y tener el valor exacto del pH (García-Guzmán et al., 2021).

Figura 14 *Electrodos de un sensor de pH*



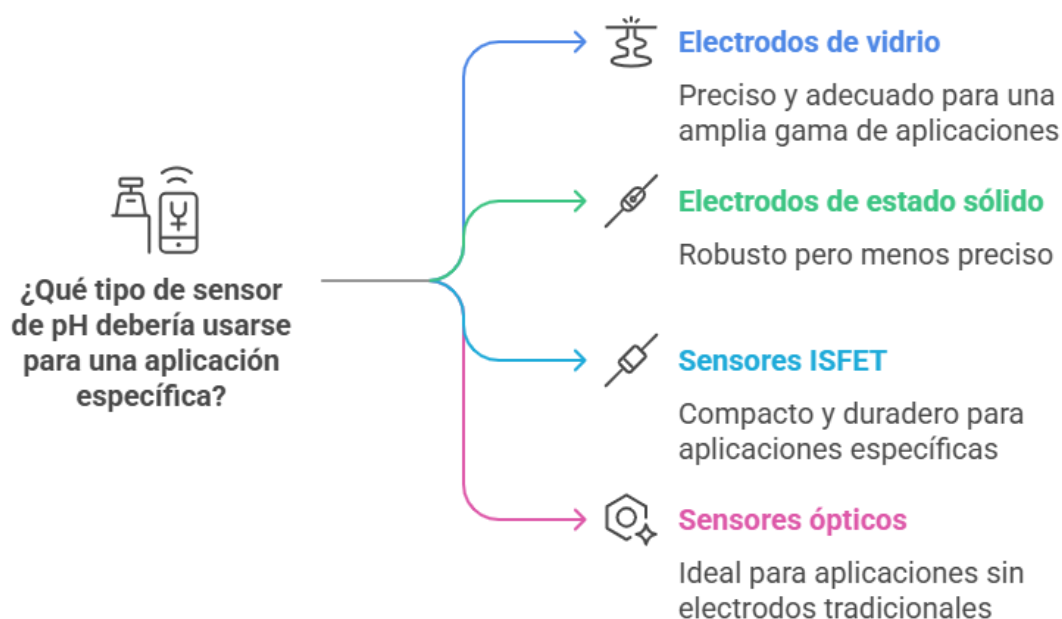
Fuente: García-Guzmán et al., 2021.

De esta manera, los iones de hidrógeno son transformados en señales eléctricas que permiten que un dispositivo de lectura interprete la información. En ese sentido, el sensor presenta su fundamento en la potenciometría, en donde la diferencia de voltaje resultante entre

los dos electrodos mencionados anteriormente, resultan ser proporcionales al pH del líquido expuesto a medición (Medina-Bailon et al., 2021).

En ese sentido, es posible encontrar en el mercado una gran variedad de sensores de pH, los cuales cuentan con diferentes materiales y características, tal como se menciona a continuación:

Figura 15 Principales tipos de sensores de pH



Fuente: Medina-Bailon et al., 2021.

En consecuencia, los sensores de pH presentan una gran diversidad de aplicaciones, desde temas de salud, medicina, piscicultura, acuicultura, investigación, biología celular, tratamiento de aguas, procesos químicos, tratamiento de suelos, calidad del agua, entre otros, por lo que, al momento de seleccionar uno de ellos, es necesario que sean considerados factores como el tiempo de vida útil del equipo, temperatura, almacenamiento, limpieza, mantenimiento y una adecuada calibración (Corsi et al., 2022).

2.2. Marco Contextual

El campo de acción seleccionado, corresponde a la laguna de Maylas misma que se ubica en el sector de Las Palmas, parroquia Luis Cordero Vega, misma que forma parte del la denominada Área de Bosque y Vegetación Protectora Collay, perteneciente al cantón Gualaceo, provincia del Azuay. Esta zona corresponde a un entorno andino que nace de un glaciar de aproximadamente 35.000 m² de extensión, con una altura que alcanza los 3.314 m.s.n.m. Esta laguna desemboca en el río que lleva el mismo nombre, que a su vez recae en la microcuenca del río San Francisco, y consecuentemente, de río Santa Bárbara. En sus cercanías, no cuenta con presencia de asentamientos o comunidades humanas (Orellana Guayllasaca & Sarango Hidalgo, 2023).

Figura 16 *Laguna Maylas*



Fuente: Orellana Guayllasaca & Sarango Hidalgo, 2023.

Gracias a que la laguna se ubica en un piso zoogeográfico Altoandino, cuenta con temperaturas que se encuentran entre los 9 hasta los 11 °C, de manera que su clima corresponde a frío de páramo. Consecuentemente, cuenta con precipitaciones irregulares que varían entre los 600 a 1.800 mm, sobre todo en épocas de invierno, en donde existe mayor

presencia de nubosidad, con una humedad relativa que alcanza hasta el 85 % (Merchán Saquicaray & Ramírez Remache, 2024).

Gracias a estas condiciones climáticas, la zona aledaña a la laguna de Maylas cuenta con una diversidad de especies vegetales, entre las que se destacan el clavel de aire, Ugsha, Maywa, Chimblas, warmi shadán, llashipa, helecho culantrillo, aguarongo, árbol de papel, entre otros. En cuanto a especies acuáticas, se destacan la vinagrilla, espigas de agua, berros acuáticos, entre otros (Merchán Saquicaray & Ramírez Remache, 2024).

Figura 17 *Vegetación cercana a la laguna*



Fuente: Auquilla Cabrera, 2024.

En lo referente a la fauna, la zona de la laguna presenta una gran diversidad de especies endémicas, en donde es posible encontrar truchas, tórtolas, gorriones, golondrinas, pava andina, picaflor, lobo de páramo, puercoespín andino, zorro andino, puma de montaña, oso andino, tapir de montaña, venados de cola blanca, entre otros. Esta gran variedad de flora y fauna, representa un factor importante del porqué resulta necesario realizar controles acerca de la calidad del agua, puesto que de ella depende el normal desenvolvimiento de las especies que habitan la zona (Auquilla Cabrera, 2024).

Figura 18 *Laguna Maylas*

Fuente: Auquilla Cabrera, 2024.

Con respecto a la población humana que habita en la parroquia Luis Cordero Vega, que es la más próxima a la laguna, cuenta con más de 2.236 habitantes que se encuentran distribuidos en 12 comunidades, mismas que se describen a continuación:

Tabla 1 *Población parroquia Luis Cordero Vega*

Comunidad	Población
Cancay	82
Capzha	525
Chaguarloma	246
Laguán (Centro parroquial)	173
Palmas	627
Pizgaray	19
Rosaloma	101
San Franciso Alto	73
San Franciso Bajo	186
San Jacinto	117
San Cruz	40
Uchucay	47

Fuente: Auquilla Cabrera, 2024.

Además de que cuenta con un riesgo por la cercanía de la población, también es una antesala a minas de minerales como el oro, las cuales se encuentran en las cercanías del cerro Cari-Collay. De igual manera, en la actualidad es considerado un sitio turístico debido a sus características naturales, de forma que el riesgo de que las características del agua puedan variar, son altas.

2.3. Marco Conceptual

En el presente apartado se presenta la terminología de mayor empleo dentro de la investigación:

- **Agua potable:** agua apta para el consumo, que cuenta entre los requisitos mínimos exigidos por normativas nacionales e internacionales.
- **API:** herramientas y protocolos que son empleados para la construcción de software y generar un nexo de comunicación entre dos o más sistemas.
- **Calibración:** procedimiento que permite realizar ajustes en diferentes instrumentos de medición como sensores.
- **Calidad del agua:** propiedades que presenta el agua a nivel biológico, químico y físico.
- **Coliformes fecales:** bacterias que representan un riesgo de contaminación en el agua.
- **Conductividad eléctrica:** capacidad que tiene el agua como elemento conductor de electricidad.
- **Contaminación orgánica:** compuestos químicos que ingresaron al agua y disminuyen su aptitud para el consumo.
- **Contaminación:** acciones humanas que dañan diferentes ecosistemas.
- **Desarrollo ágil:** Método para desarrollar diferentes softwares, encaminado a mejorar la flexibilidad del sistema.
- **Escalabilidad:** capacidad que presenta un proceso o sistema para trabajar en entornos más grandes.
- **Índice de calidad en el agua:** parámetros que permiten valorar la calidad del agua.
- **IoT:** internet de las cosas.
- **Metales pesados:** elementos que presentan un nivel alto en cuanto a toxicidad.
- **Microcontrolador ESP32:** dispositivo programable que permite tener el control de sensores con la capacidad de transferir datos en sistemas IoT.

- **Monitoreo en tiempo real:** recolección y análisis de datos al mismo tiempo en el que los datos son recopilados.
- **Oxígeno disuelto:** Contenido de oxígeno en el agua.
- **pH:** potencial hidrógeno que mide el nivel de acidez o alcalinidad de un producto.
- **Plataforma en la nube:** Servicio que permite almacenar y procesar información en línea.
- **Sensores de pH:** dispositivos que tienen la capacidad de medir el pH del agua.
- **Sonda multiparámetro:** dispositivo con la capacidad de medición de diferentes parámetros, empleado para determinar variables asociadas a la calidad del agua.
- **Turbidez:** Nivel de claridad del agua.
- **Visualización de datos:** capacidad para representar de manera gráfica datos tabulados, con el fin de mejorar su interpretación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo, se describe cada una de las fases del proceso metodológico empleado para el desarrollo de la investigación, debido a que es necesario considerar enfoques, tipos, instrumentos y técnicas claras para el levantamiento de información. Con una metodología definida, la investigación cuenta con un marco estructurado y ordenado en donde se describen los pasos que fueron necesarios para la obtención de resultados (Shiferaw et al., 2022). A continuación, se describen las fases metodológicas aplicadas.

3.1. Enfoque de investigación

Se ha considerado la aplicación del enfoque cuantitativo, debido a que la investigación necesita del levantamiento y análisis de la información numérica en torno a los niveles de pH de las muestras de agua analizadas en la laguna Maylas. Con ello, es posible contar con una medición objetiva de los niveles de pH en las diferentes partes de la laguna, con la finalidad de contar con resultados que se adecuen a la realidad del objeto de estudio. Para ello, este enfoque cuenta con la particularidad de que los datos que se recopilen, tienen que ser cuantificables, es decir, tienen que estar expresados en valores numéricos, para una tabulación adecuada (Vijayendra & Fantone, 2023).

Otra de las ventajas de emplear este tipo de enfoque metodológico, radica en el hecho de que es posible trabajar con diferentes tamaños de muestras, y quien se encarga de la recopilación y análisis muestral, presenta mayor objetividad en comparación con la ruta cualitativa, debido a que se cuenta con una distancia en torno a la información del objeto de estudio, reduciendo significativamente problemas asociados a sesgos. De igual manera, este enfoque se encamina a dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, con el fin de validar las teorías definidas en el apartado teórico (Dźwigoł, 2021).

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Karp & Fry (2021), en concordancia con el enfoque cuantitativo, se tiene el diseño experimental, mismo que se caracteriza por definir relaciones causales entre las variables de estudio, en donde se manipula una de ellas con el fin de identificar su incidencia en otras, con el control de indicadores que hayan sido definidos previamente. Para el presente estudio, se ha considerado la variable del agua de la laguna Maylas del cantón Gualaceo, la cual será tomada en tres partes diferentes de la laguna: orilla, zona intermedia o de menor impacto por acciones humanas y el centro, localización más aislada de la influencia directa de la costa, donde se anticipa que las condiciones se mantendrán más estables.

Por lo tanto, es necesario definir que la variable de pH representa un indicador clave de la calidad del agua, dado que su modificación puede impactar tanto en las especies acuáticas como en su utilización para actividades humanas. Este diseño experimental fusiona tecnología actual y al alcance de todos con un método sistemático de recopilación de datos para asegurar resultados confiables y representativos. La regularidad y la ubicación espacial de las mediciones facilitan una evaluación completa de las dinámicas de la laguna, detectando posibles fluctuaciones en el pH, que podrían estar vinculadas con las acciones humanas y las condiciones del entorno.

3.3. Instrumentos y técnicas para el levantamiento de la información

El instrumento empleado para la recopilación de información en la laguna Maylas es el microcontrolador ESP32, mismo que está equipado con una sonda capaz de medir diferentes parámetros, tales como el pH del agua, con un alto nivel de efectividad. Este dispositivo es empleado en diferentes actividades asociadas a la automatización, debido a que presenta un rendimiento elevado, es de costos bajos y cuenta con alta versatilidad, es decir, que puede

aplicarse en diferentes proyectos (Khan et al., 2022). Entre las principales características de este microcontrolador, se tiene:

Figura 19 Características del ESP32



Fuente: Khan et al., 2022.

Cabe mencionar que el microprocesador, viene equipado con un sensor de pH, mismo que se define como un dispositivo electrónico capaz de medir el nivel de acidez de líquidos y consta de un electrodo o sonda de medición, la cual se conecta de manera directa al microprocesador con el fin de realizar la medición correspondiente (Anshori et al., 2023).

Los valores levantados por medio del sensor antes mencionado, se almacenaron en una base de datos en el programa de Microsoft Excel, con el fin de poder tabularlos y crear gráficos que puedan describir los resultados obtenidos. Además, se hizo empleo de ThingSpeak, herramienta que permitió guardar y supervisar en tiempo real cada una de las mediciones que realice el microprocesador ESP32.

3.4. Metodología de trabajo

El proyecto tiene la finalidad de desarrollar un sistema inalámbrico de monitoreo de la calidad del agua utilizando un recipiente equipado con sensores para medir parámetros críticos, enfocándose en el pH en cuerpos de agua afectados por la sequía. Para ello, se configura la sonda multiparámetro para contar con mediciones exactas del nivel de pH del agua, con un tiempo de cinco minutos para cada medición en cada sesión de muestreo, lo que garantiza una recolección constante y confiable de datos.

También, se hace empleo de un bote a distancia, mismo que contendrá el microprocesador ESP32, así como la sonda medidora de pH, y se dirige a cada uno de los puntos elegidos de forma semiautomática. Una vez que el bote se ubique en el lugar seleccionado, se mantiene estable por el periodo definido previamente, para conseguir mediciones más constantes y representativas para el estudio.

Una vez finalizado, se espera que el trabajo proporcione una herramienta asequible, eficiente y adaptable para el seguimiento en tiempo real de la salud de los ecosistemas acuáticos en lugares de fácil acceso, como lagos y estanques. Por lo tanto, la investigación se direcciona a la creación de una solución eficaz de recopilación de datos en tiempo real que puedan utilizar investigadores, autoridades locales y comunidades locales, con el fin de ayudar a fundamentar las decisiones sobre la protección y restauración de las fuentes de agua en áreas amenazadas por el cambio climático y la contaminación.

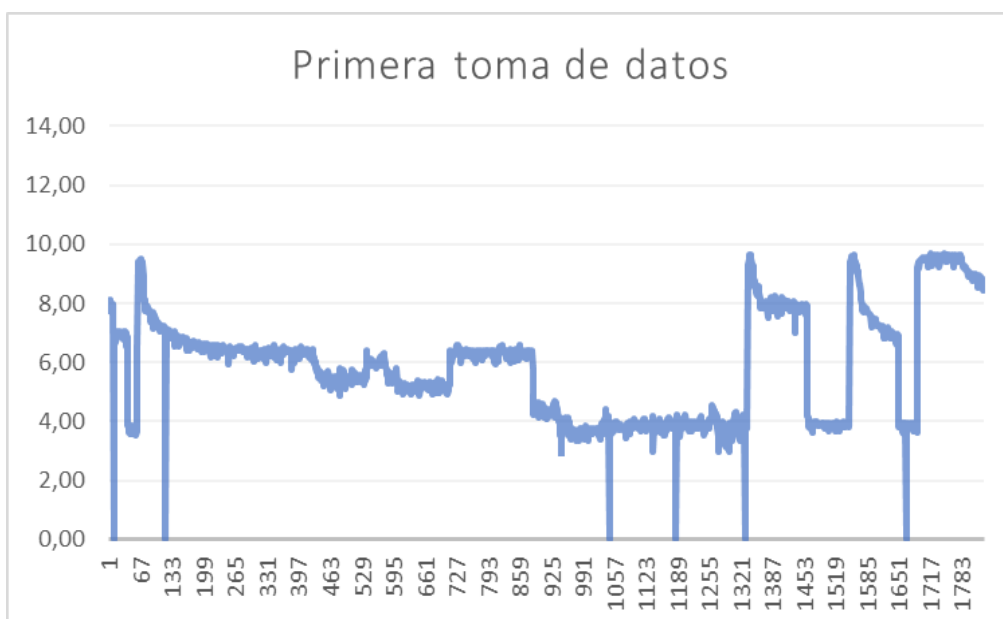
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente apartado, se muestran los resultados obtenidos en la toma de datos de los niveles de pH de agua del lago Maylas, dicho levantamiento fue realizado durante los siguientes días:

- 03-11-2024
- 17-11-2024
- 01-12-2024
- 15-12-2024

Con relación a los resultados obtenidos del primer día de la toma de muestra (03-11-2024), se obtuvo un total de 1.829 tomas de potencial hidrógeno (pH) en diferentes partes del lago objeto de estudio, en donde se obtuvo una media de 5,90, en donde las primeras horas de la tarde de la toma de muestra (18:00) los niveles de pH fueron ligeramente ácidos, no obstante, pasadas las 19:00 el pH incrementó su nivel de alcalinidad, con niveles que superaron el valor de 9, tal como se aprecia en la siguiente figura:

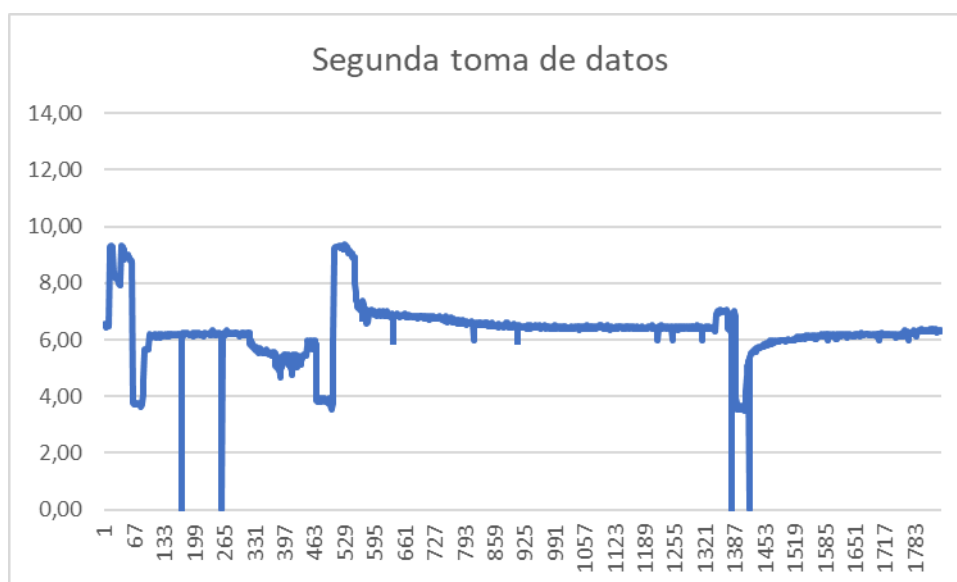
Figura 20 Primera toma de datos



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la segunda toma de datos, realizada el día 17 de noviembre de 2024, los resultados de un total de 1.839 muestras, con un promedio de 6,31, indican que el agua se mantuvo en niveles estables de acidez, debido a que los datos fueron más parejos que en el caso anterior. Si bien existen unos picos que decaen totalmente los valores del pH en cero, no significa que el nivel de pH descendió de forma acelerada, sino que en tiempos específicos no fue posible contabilizar el resultado. Adicionalmente, se encontraron zonas del lago que poseían niveles muy ácidos, con valores cercanos al 3, en tanto que no existieron valores que superaran el 10, pero el agua podría encontrarse en niveles de toxicidad altos.

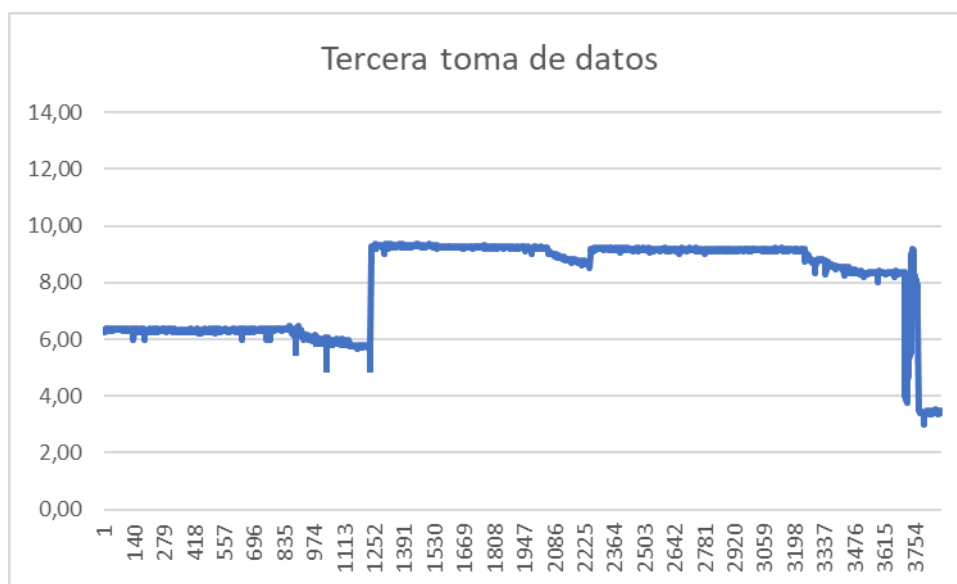
Figura 21 Segunda toma de datos



Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, se aprecia que, en las primeras tomas de datos, los niveles de pH se encuentran ligeramente ácidos, con valores que oscilan entre los 5 a 6 en la escala de pH. No obstante, al transcurrir el tiempo se observa que existe un incremento en el pH, tendiendo hacia la alcalinidad, con valores que se encuentran entre el 8 a 10, y dichas tomas fueron realizadas en zonas diferentes del lago Maylas.

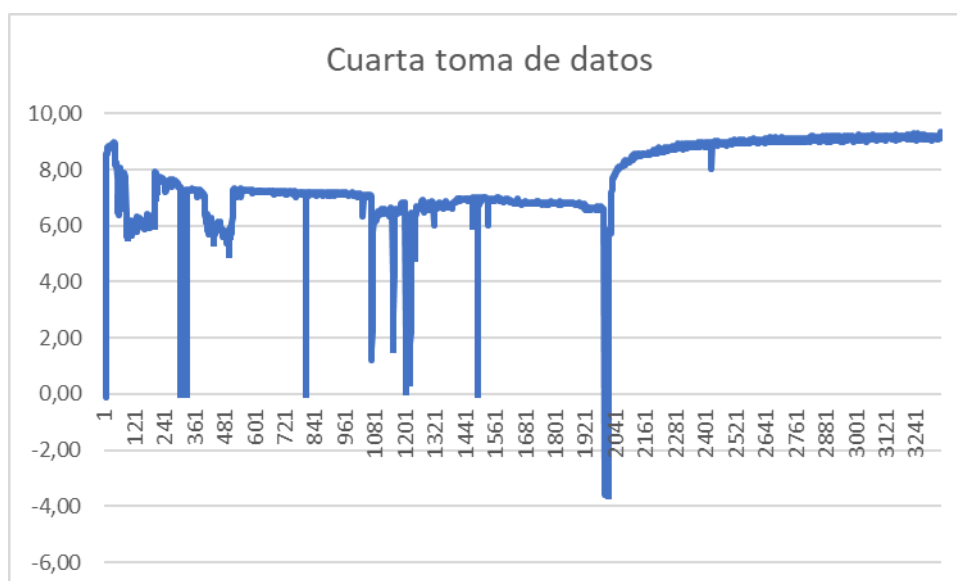
Figura 22 Tercera toma de datos



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, con respecto a la cuarta toma, los datos se encuentran mucho más dispersos, de lo que se deduce que hubo errores en cuanto al funcionamiento del sistema de medición de pH. No obstante, en promedio los valores se encuentran en un rango entre los 5 hasta valores que superan los 9, lo que, al igual que en casos anteriores, la tendencia que sigue está en aumento hacia la alcalinidad de las aguas del lago.

Figura 23 Cuarta toma de datos



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en el recuento de todas las muestras levantadas durante los cuatro días (10.872 muestras), se ha podido determinar un valor promedio de pH de 7,22, lo que sugiere un ligero nivel de alcalinidad del agua de dicho lago, es decir que el agua no cuenta con una acidez representativa, es decir, resulta ser un aspecto positivo ya que el agua se considera apta para los diferentes organismos que en ella habitan y en sus alrededores, tal como lo indican diferentes autores, el pH óptimo para que los organismos acuáticos puedan vivir, se encuentran en un rango entre 6,5 y 8,5.

Figura 24 Resultados totales



Fuente: elaboración propia.

Una vez finalizado el análisis de los resultados, se puede decir que, en cuanto a niveles de pH, las aguas del lago Maylas cuenta con un pH favorable para la vida de los diferentes sistemas acuáticos y sus formas de vida, no obstante, existieron ciertas zonas en donde el nivel de acidificación fue de consideración lo que supone que dicha área presenta lixiviación de metales como el mercurio, el cual suele utilizarse dentro de la minería ilegal para la obtención de oro, cobre, etc.

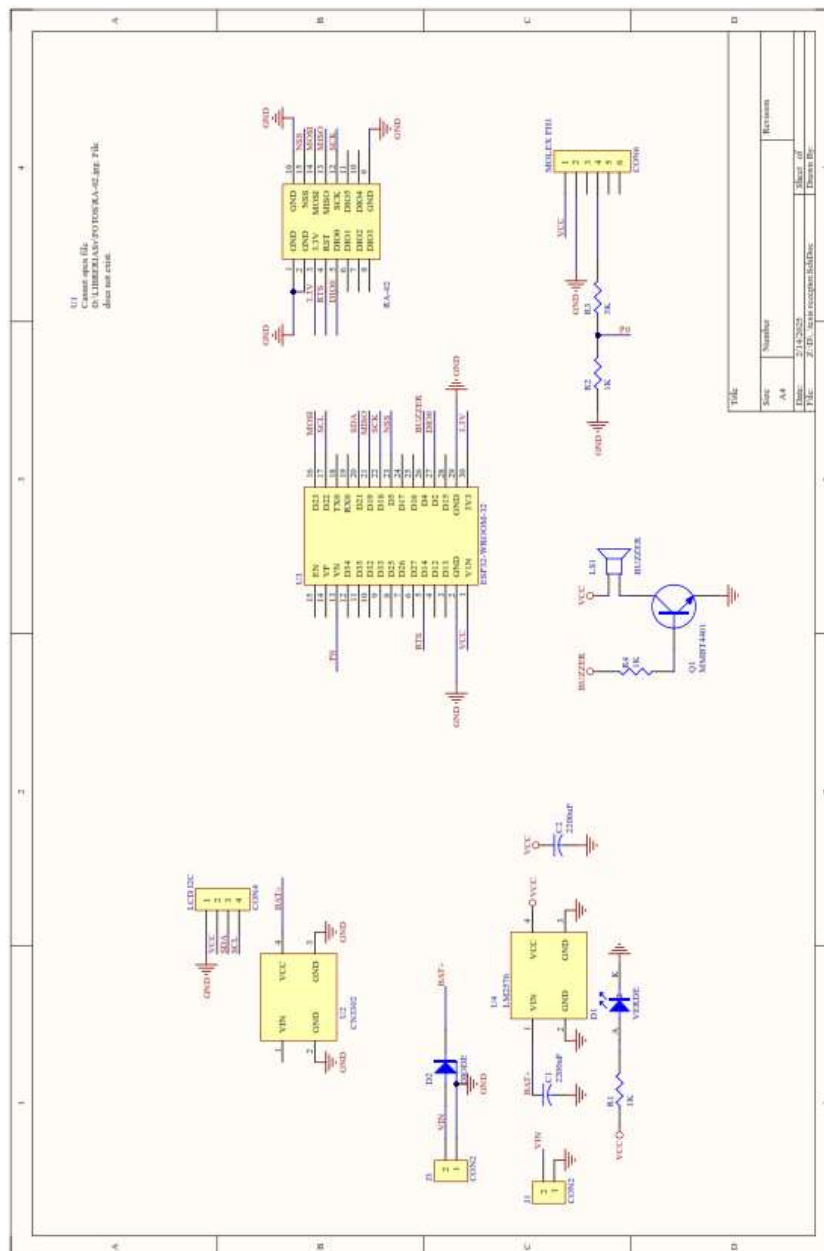
En ese sentido, las aguas del lago Maylas presenta un riesgo elevado de contaminación por metales pesados como es el caso de arsénico, plomo y mercurio, así como diferentes

sulfatos elementos que provocan variaciones en los normales niveles del pH del agua, y, por ende, provocar su toxicidad. Otra problemática radica en los desperdicios que se arrojan al agua por turistas, además de la actividad agrícola de las cercanías, que, con el empleo de pesticidas y fertilizantes, favorece el ingreso de fosfatos y nitratos, alterando los niveles de pH.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

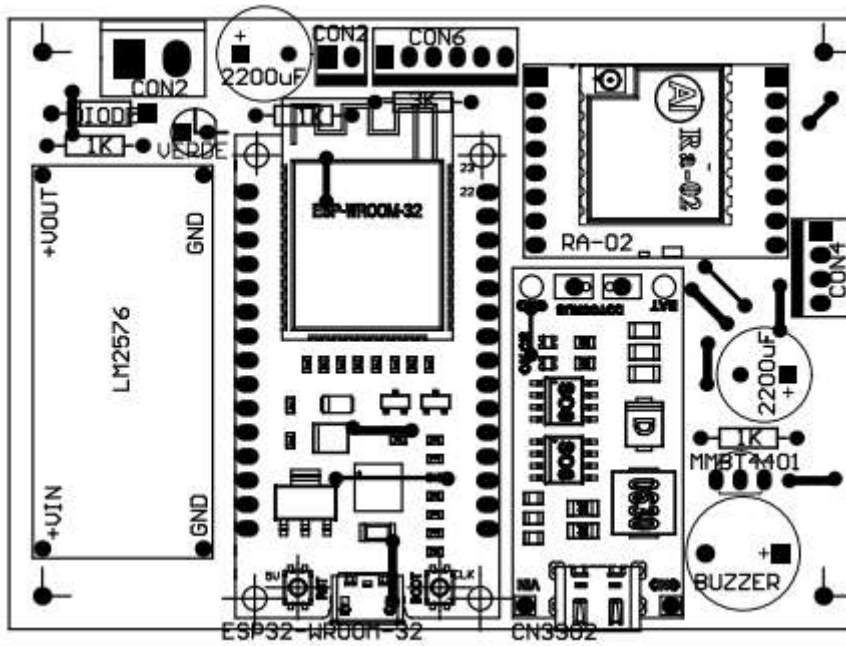
A continuación, se presenta los recursos empleados para la elaboración y diseño de un sistema de monitoreo inalámbrico de la calidad del agua, con el que se pudo evaluar el nivel de pH del ecosistema acuático correspondiente del lago Maylas, los cuales se presentan en las siguientes figuras:

Figura 25 Esquema



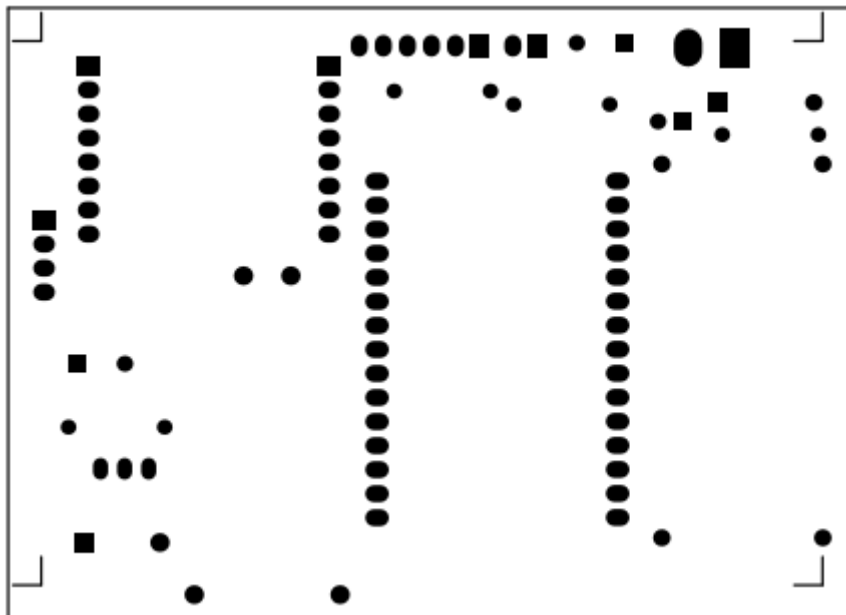
Fuente: elaboración propia.

Figura 26 Hoja de suelda. Imagen 1



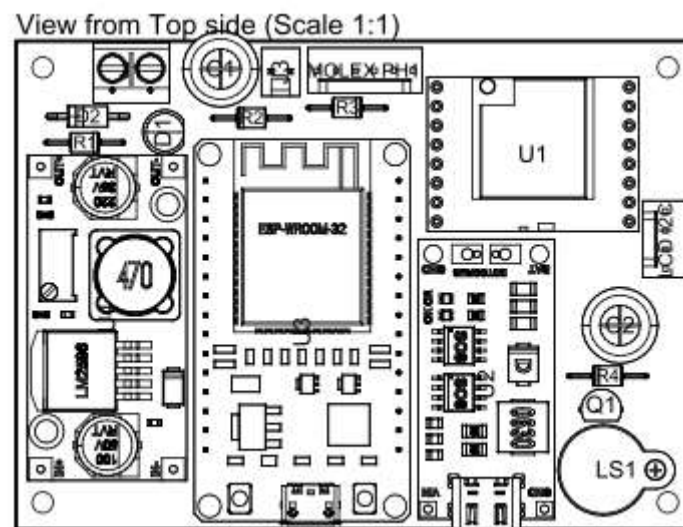
Fuente: elaboración propia.

Figura 27 Hoja de suelda. Imagen 2



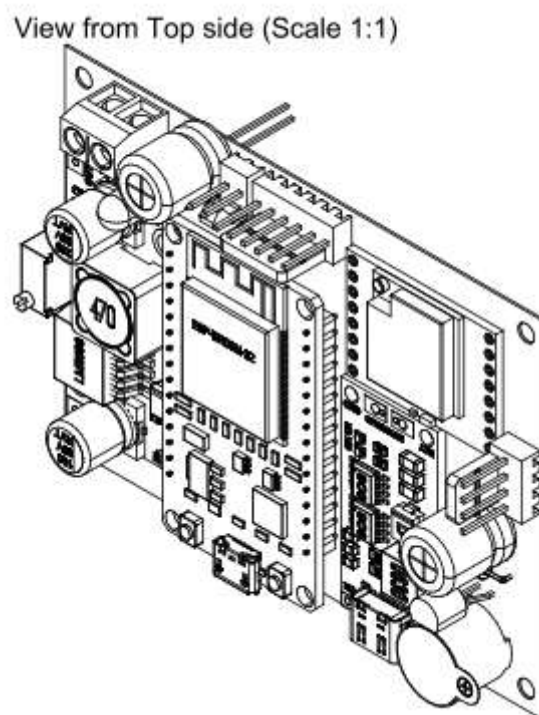
Fuente: elaboración propia.

Figura 28 *Vista superior*



Fuente: elaboración propia.

Figura 29 *Vista lateral*



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2 *Lista de materiales***Bill Of Materials**

Line #	Designator	Comment	Quantity
1	C1, C2	2200uF	2
2	D1	VERDE	1
3	D2	DIODE	1
4	J1, J3	CON2	2
5	LCD I2C	CON4	1
6	LS1	BUZZER	1
7	MOLEX PH1	CON6	1
8	Q1	MMBT4401	1
9	R1, R4	1K	2
10	R2	1K	1
11	R3	3K	1
12	U1	RA-02	1
13	U2	CN3302	1
14	U3	ESP32-WROOM-32	1
15	U4	LM2576	1

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Tras la ejecución del presente trabajo de titulación, y dando cumplimiento a cada fase y objetivo planteado, se destacan las conclusiones siguientes:

- Con respecto al primer objetivo específico, se puede decir que se ha analizado la bibliografía correspondiente a la calidad del agua y el pH como parámetro que condiciona su aceptabilidad. De esta manera, se pudo analizar todo lo referente al agua y su importancia, agua superficial, ecosistemas acuáticos, lagos y lagunas, calidad del agua, microcontroladores y sensores de pH. Con esta fundamentación teórica fue de gran importancia debido a que se pudo tener una mejor comprensión acerca del tema, aspecto fundamental para el levantamiento de información y su correspondiente análisis.
- Con respecto al segundo objetivo específico, se considera que se ha podido desarrollar un sistema de monitoreo y transmisión inalámbrica de forma exitosa, ya que dicho sistema tuvo su fundamentación en el empleo de microcontroladores ESP32, los cuales tienen la ventaja de enviar información en tiempo real a una aplicación móvil. Además, se puede decir que dicho sistema fue funcional ya que las tomas fueron levantadas según lo previsto. Si bien en ciertos casos puntuales existieron marcaciones erróneas, esto se pondrá a consideración para futuras investigaciones.
- En el caso del tercer objetivo específico, se pudo determinar los niveles de pH del agua de lago Maylas, encontrando un valor promedio de 7,22, lo que se considera que el lago cuenta en sí con un pH ligeramente alcalino, de forma que se encuentran entre el rango ideal para el crecimiento y desarrollo de ecosistemas acuáticos y los seres vivos que se encuentran dentro de él.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones del presente estudio, se parte de que es necesario profundizar en el tema de los ecosistemas acuáticos, puesto que es un entorno poco estudiado, al menos con relación al caso de estudio correspondiente al lago Maylas, ya que existieron pocas investigaciones que nos permitieron conocer el escenario y estado real del lago.

De igual manera, se recomienda que el sistema de monitoreo de la calidad del agua, cuente con una mejor calibración del sensor, para evitar resultados en blanco o falsos, y se pueda implementar otras variables de medición para complementar la información levantada, y de esta forma, contar una perspectiva más amplia acerca del estado del lago Maylas y tener una mejor comprensión de sus características, para que de esta manera se pueda tomar decisiones e iniciativas para salvaguardar este recurso natural de gran relevancia dentro del cantón Gualaceo. De igual manera, se puede analizar otras opciones en cuanto a dispositivos con una mejor estabilidad en cuerpos de agua de manera que pueda aguantar el peso del sensor y con un mayor alcance.

A pesar de que la información levantada fue limitada, gracias a una entrevista realizada a los pobladores que viven en las cercanías del lago, se pudo evidenciar que existe una posible actividad minera ilegal, lo que incrementa el riesgo significativo de metales pesados, lo que a su vez influye directamente en la calidad del agua, afectando inicialmente a los seres bentónicos y a continuación los que se encuentran en las partes superficiales del lago.

Finalmente, es importante destacar que, si bien se seleccionó la medición de pH, debido a que presenta una relación directa con parámetros como la temperatura, contenido de metales pesados, nutrientes y oxígeno disuelto, principalmente, es recomendable llevar el control de parámetros físicos como el olor, color, nivel de turbidez del agua, parámetros químicos como niveles de nutrientes y de oxígeno disuelto, y finalmente, parámetros biológicos como la presencia de especies y microorganismos. De esta manera se podrá contar con una perspectiva más amplia e integral que permita evaluar el grado de disponibilidad de agua de calidad que se cuente para el consumo actual y futuro.

BIBLIOGRAFÍA - WEBGRAFÍA

- Addisie, M. B. (2022). Evaluating Drinking Water Quality Using Water Quality Parameters and Esthetic Attributes. *Air, Soil and Water Research*, 15. <https://doi.org/10.1177/11786221221075005>
- Angelakis, A. N., Dercas, N., & Tzanakakis, V. A. (2022). Water Quality Focusing on the Hellenic World: From Ancient to Modern Times and the Future. *Water*, 14(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/w14121887>
- Anshori, Y., Parenrengi, A. F. A. A., Angreni, D. S., Ardiansyah, R., & Joefrie, Y. Y. (2023). MONITORING PARAMETER AIR BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS). *Foristek*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.54757/fs.v14i2.322>
- Aquilla Cabrera, D. K. (2024). *Caracterización físico química en sistemas lacustres del macizo del Cajas* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14546>
- Babiuch, M., & Foltynnek, P. (2024). Implementation of a Universal Framework Using Design Patterns for Application Development on Microcontrollers. *Sensors*, 24(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/s24103116>
- Braga, E., Lucena, L., Almeida, A., Pires, M., Nascimento, J. do, Sutti, B., Berbel, G., & Chiozzini, V. (2023). O AMBIENTE ESTUARINO E A VARIAÇÃO DE pH: LIMITES NATURAIS E OBSERVAÇÃO EXPERIMENTAL DO EFEITO DA ACIDIFICAÇÃO SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO. *Química Nova*, 46(6), 591-607. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230054>
- Castillo Vereau, D. E., Tuesta Collantes, L., & Salazar Saldaña, S. E. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(2 (mayo-agosto)), 219-234.
- Coronado, M. B. A., Jácome, E. A. M., Lucio, M. V., & Cutiupala, G. A. (2023). Análisis de calidad de agua mediante límites permisibles (Tulsma) en la zona media de la parroquia Cebadas, provincia de Chimborazo. *Dominio de las Ciencias*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i4.3631>
- Corsi, M., Paghi, A., Mariani, S., Golinelli, G., Debrassi, A., Egri, G., Leo, G., Vandini, E., Vilella, A., Dähne, L., Giuliani, D., & Barillaro, G. (2022). Bioresorbable Nanostructured Chemical Sensor for Monitoring of pH Level In Vivo. *Advanced Science*, 9(22), 2202062. <https://doi.org/10.1002/advs.202202062>
- Costanzo, L. D. D., & Panunzi, B. (2021). Visual pH Sensors: From a Chemical Perspective to New Bioengineered Materials. *Molecules*, 26. <https://doi.org/10.3390/molecules26102952>

- Dong, Y.-W., García Molinos, J., Larson, E. R., Lin, Q., Liu, X., Sarà, G., Cai, Q.-H., Zhang, Z., Helmuth, B., & Bates, A. (2022). Biological traits, geographic distributions, and species conservation in aquatic ecosystems. *Diversity and Distributions*, 28(8), 1516-1523. <https://doi.org/10.1111/ddi.13600>
- Dźwigoł, H. (2021). Methodological approach in management and quality sciences. *E3S Web of Conferences*, 307, 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130701002>
- Ejigu, M. T. (2021). Overview of water quality modeling. *Cogent Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1891711>
- Fauza, N., Ernidawati, E., Zulhelmi, Z., Rahim, F. R., Riwardi, F. O., Latif, A. A., & Mathluba, K. (2023). Microcontroller-Based Mechanics Experiments in Physics Learning: Systematic Literature Review Using PRISMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.5258>
- Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 105-119.
- Florides, F., Giannakoudi, M., Ioannou, G., Lazaridou, D., Lamprinidou, E., Loukoutos, N., Spyridou, M., Tosounidis, E., Xanthopoulou, M., & Katsoyiannis, I. A. (2024). Water Reuse: A Comprehensive Review. *Environments*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/environments11040081>
- García-Guzmán, J. J., Pérez-Ràfols, C., Cuartero, M., & Crespo, G. A. (2021). Toward In Vivo Transdermal pH Sensing with a Validated Microneedle Membrane Electrode. *ACS Sensors*, 6(3), 1129-1137. <https://doi.org/10.1021/acssensors.0c02397>
- Houle, D., Augustin, F., & Couture, S. (2022). Rapid improvement of lake acid–base status in Atlantic Canada following steep decline in precipitation acidity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 79(12), 2126-2137. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2021-0349>
- Hussein, E. E., Jat Baloch, M. Y., Nigar, A., Abualkhair, H. F., Aldawood, F. K., & Tageldin, E. (2023). Machine Learning Algorithms for Predicting the Water Quality Index. *Water*, 15(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/w15203540>
- Jadhav, A. M., Ranpise, P., & Jadhav, O. (s. f.). Review of Hardware Platforms for Designing of Internet of Things (IoT) system. *IJFMR - International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(2). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.18928>
- Jin, S. (2024). STM32 microcontroller and CAN bus based FSAE racing car electrical part design. *Applied and Computational Engineering*, 85, 256-261. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/85/20241003>
- Karp, N. A., & Fry, D. (2021). What is the optimum design for my animal experiment? *BMJ Open Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1136/bmjos-2020-100126>

- Khalid, W., Shiyi, C., Ngata, M. R., Ali, A., Alrefaei, A. F., Almutairi, M. H., Kulsoom, I., Hussain, W., & Jat Baloch, M. Y. (2023). Tap Water Quality: Challenges and Psychological Consequences. *Water*, 15(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/w15223987>
- Khan, A. U., Khan, M. E., Hasan, M., Zakri, W., Alhazmi, W., & Islam, T. (2022). An Efficient Wireless Sensor Network Based on the ESP-MESH Protocol for Indoor and Outdoor Air Quality Monitoring. *Sustainability*, 14(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/su142416630>
- Limén, B. (2022, mayo 5). Water – Renewable and Protected Natural Resource. *LIMEN 2025*. <https://limen-conference.com/water-renewable-and-protected-natural-resource/>
- Lopes, R. H., Silva, C. R. D. V., Silva, Í. de S., Salvador, P. T. C. de O., Heller, L., & Uchôa, S. A. da C. (2023). Worldwide Surveillance Actions and Initiatives of Drinking Water Quality: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010559>
- Mammeri, A., Tiri, A., Belkhiri, L., Salhi, H., Brella, D., Lakouas, E., Tahraoui, H., Amrane, A., & Mouni, L. (2023). Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index and Discriminant Analysis Method. *Water*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/w15040680>
- Masood, M. U., Rashid, M., Haider, S., Naz, I., Pande, C. B., Heddami, S., Alshehri, F., Elkhachy, I., Ahsan, A., & Sammen, S. S. (2024). RETRACTED: Exploring Groundwater Quality Assessment: A Geostatistical and Integrated Water Quality Indices Perspective. *Water*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/w16010138>
- Medina-Bailon, C., Kumar, N., Dhar, R. P. S., Todorova, I., Lenoble, D., Georgiev, V. P., & García, C. P. (2021). Comprehensive Analytical Modelling of an Absolute pH Sensor. *Sensors*, 21(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/s21155190>
- Merchán Saquicaray, M. S., & Ramírez Remache, J. V. (2024). *Elaboración de macerados a base de vodka con hierbas aromáticas y frutas nativas del Ecuador* [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45313>
- Mititelu, M., Neacșu, M. S., Ioniță-Mîndrican, C.-B., Coza, M., Șeșureac, M., Cartoian, M., Holingher, D., & Olteanu, G. (2023). Apa, componenta indispensabilă pentru sănătatea și funcționarea organismului uman. *Farmacist.Ro*. <https://www.medichub.ro/reviste-de-specialitate/farmacist-ro/apa-componenta-indispensabila-pentru-sanatatea-si-functionarea-organismului-uman-id-7760-cmsid-62>
- Morales Moreno, G. A. (2024). *Implementación de un prototipo para monitoreo remoto de calidad de agua y visualización de datos mediante un dashboard web*. [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25979>

- Nash, L. N., Antiqueira, P. A., Romero, G., Omena, P. M. de, & Kratina, P. (2021). Warming of aquatic ecosystems disrupts aquatic-terrestrial linkages in the tropics. *The Journal of animal ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13505>
- Nawaz, R., Nasim, I., Irfan, A., Islam, A., Naeem, A., Ghani, N., Irshad, M. A., Latif, M., Nisa, B. U., & Ullah, R. (2023). Water Quality Index and Human Health Risk Assessment of Drinking Water in Selected Urban Areas of a Mega City. *Toxics*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/toxics11070577>
- Naz, I., Ahmad, I., Aslam, R. W., Quddoos, A., & Yaseen, A. (2024). Integrated Assessment and Geostatistical Evaluation of Groundwater Quality through Water Quality Indices. *Water*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/w16010063>
- Novac, P.-E., Hacene, G. B., Pegatoquet, A., Miramond, B., & Gripon, V. (2021). Quantization and Deployment of Deep Neural Networks on Microcontrollers. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21. <https://doi.org/10.3390/s21092984>
- Orellana Guayllasaca, A. E., & Sarango Hidalgo, N. H. (2023). *Comparación de la variabilidad temporal de los índices de calidad de agua y eutrofización en la laguna Maylas del cantón Gualaceo* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/42482>
- Organización de las Naciones Unidas. (2025). *Objetivo 6 | Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://ods.cr/es/objetivo/objetivo-6>
- Pedrerros-Guarda, M., Abarca-del-Río, R., Escalona, K., García, I., & Parra, Ó. (2021). A Google Earth Engine Application to Retrieve Long-Term Surface Temperature for Small Lakes. Case: San Pedro Lagoons, Chile. *Remote Sensing*, 13(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/rs13224544>
- Pérez Martín, A. (2023). *Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica para grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la directiva marco del agua* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/191462>
- Ramu, K., Ramachandran, M., & Selvam, M. (2022). Microcontroller Based Sensor Interface and Its Investigation. *Electrical and Automation Engineering*, 1(2), 92-97. <https://doi.org/10.46632/eaee/1/2/4>
- Santini, T. C., Gramenz, L., Southam, G., & Zammit, C. (2022). Microbial Community Structure Is Most Strongly Associated With Geographical Distance and pH in Salt Lake Sediments. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.920056>
- Shiferaw, R., Bogale, A., & Debela, K. (2022). Implementing Research Methods with Confidence: A Review of Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners. *The Qualitative Report*, 27(11), 2659-2667. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.6024>

- Speight, L. J., Cranston, M. D., White, C. J., & Kelly, L. (2021). Operational and emerging capabilities for surface water flood forecasting. *WIREs Water*, 8(3), e1517. <https://doi.org/10.1002/wat2.1517>
- Tiwari, Dr. A., Kapoor, Dr. R., Jain, Dr. J., & Sankhla, Dr. J. (2022). Water Purifications Methods in Ayurveda and Contemporary Methods. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(10), 1237-1239. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.47137>
- Vargas, M. N. (2022). Política y gestión del agua en Venezuela y América Latina en su articulación con el objetivo de desarrollo sostenible seis de la Agenda 2030 (ODS6). *Minius*, 27, Article 27. <https://doi.org/10.35869/mns.v0i27.4415>
- Vijayendra, K., & Fantone, A. (2023). Recent Trends of Quantitative Approaches in Different Sectors: A Concise Review. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 41(2), 22-34. <https://doi.org/10.9734/ajess/2023/v41i2891>
- Woolway, R., Sharma, S., & Smol, J. (2022). Lakes in Hot Water: The Impacts of a Changing Climate on Aquatic Ecosystems. *Bioscience*, 72, 1050-1061. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac052>
- Yang, S., Wagner, D., Strauss, J., Kallmeyer, J., Anthony, S., & Liebner, S. (2024). *Microbial assemblages in Arctic coastal thermokarst lakes and lagoons*. 100(3). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiae014>
- Zhang, P., Yang, M., Lan, J., Huang, Y., Zhang, J., Huang, S., Yang, Y., & Ru, J. (2023). Water Quality Degradation Due to Heavy Metal Contamination: Health Impacts and Eco-Friendly Approaches for Heavy Metal Remediation. *Toxics*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/toxics11100828>
- Zhinda Almeida, R. G., Sánchez Ancajima, R., & Castañeda Guzmán, W. J. (2024). Análisis estadístico de parámetros de calidad del agua del Estero El Macho en la ciudad de Machala-Ecuador. *Revista de ciencias sociales*, 30(Extra 9 (Especial)), 489-513.
- Zikirov, B. Y., & Zikirov, I. Y. (2022). WATER AS AN IMPORTANT NATURAL RESOURCE AND ECOLOGICAL FACTOR. *Journal of Geography and Natural Resources*, 2(01), Article 01. <https://doi.org/10.37547/supsci-jgnr-02-01-02>
- Слесарев, В. И. (2021). Вода – вещество с уникальными свойствами. *Гигиена и санитария*, 100(1), Article 1. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-1-19-24>

Anexos

Anexo A Anteproyecto

Desarrollo de un sistema de monitoreo inalámbrico de la calidad del agua para evaluar el impacto del cambio climático en ecosistemas acuáticos

Anteproyecto de grado
presentado por: Nombres
completos de Integrantes
Carrera:

Diego Guzhñay
Jeyson Yanza
Desarrollo de software

Cuenca 15/10/2024

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
1. INTRODUCCIÓN	2
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	6
5. PROPUESTA DEL PROYECTO/INVESTIGACIÓN.....	7
5.1 Antecedentes.....	7
5.2 Descripción de la propuesta.....	7
6. LUGAR EN DONDE SE APLICARÁ EL PROYECTO/INVESTIGACIÓN.....	7
6.1 Antecedentes sobre el lugar.....	7
6.2 Responsable de Empresa	7
6.3 Lugar, departamento, oficina.....	7
6.4 Horario para desarrollar el proyecto/investigación en la empresa/institución	8

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es fundamental para la salud ambiental y humana. El aumento de la contaminación es una preocupación importante. El programa monitorea la calidad del agua y parámetros importantes: el pH y la temperatura indican la acidez o alcalinidad del agua. La temperatura afecta la química del agua y la vida acuática. Partes de la evaluación incluyen garantizar la salud del ecosistema acuático y proporcionar agua para consumo y recreación.

¶ Evaluar la calidad del agua a través de la medición del pH y la temperatura, con el fin de comprender la salud de los ecosistemas acuáticos y promover la conservación de los recursos hídricos en la comunidad

¶ Determinar primero el qué se quiere y después el para qué se hace.

¶ Limitar la redacción a frases sustantivas.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, la escasez de fuentes de agua es un problema grave debido a la creciente sequía y la contaminación de cuerpos de agua como ríos, lagos y estanques. Estos recursos son esenciales para la vida y su disponibilidad aumenta por factores como el cambio climático, la actividad humana y la falta de sistemas adecuados de seguimiento y gestión. Una disminución en la cantidad y calidad del agua afecta a los ecosistemas acuáticos y a las comunidades que dependen de estas aguas para beber, agricultura y otras necesidades básicas. El principal desafío es cómo controlar eficazmente la calidad del agua en el contexto de una sequía prolongada y una contaminación cada vez mayor. A pesar de los esfuerzos por proteger los recursos hídricos, las herramientas actuales a gran escala son costosas, no están disponibles y dificultan la evaluación continua de las condiciones del agua en lugares remotos o difíciles. Esta brecha en la gestión de la calidad del agua es un importante problema ambiental y de salud humana.

El desarrollo de un sistema de monitorización mediante control electrónico equipado con sensores busca dar una solución eficaz a estos problemas, permitiendo un seguimiento continuo y en tiempo real de los cuerpos de agua amenazados por la escasez y la contaminación.

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto está motivado por la necesidad de conservar agua en Ucubamba, las cataratas Mailas y otros ríos importantes. La calidad de estas aguas es fundamental para los ecosistemas y las comunidades locales que dependen de ellas. En el contexto de la actual crisis del agua, existe la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan el monitoreo y la calidad de los parámetros del agua, que son importantes para la seguridad del agua. La elección del tema responde a preocupaciones sobre el impacto del cambio climático y las actividades humanas en los recursos hídricos del país. El objetivo del proyecto no es sólo realizar investigaciones científicas sobre la calidad del agua, sino también desarrollar herramientas para la gestión y conservación de los recursos hídricos.

La información obtenida de este estudio nos permite obtener información precisa sobre el estado del agua de Ucubamba, los lagos Mailas y otros lagos, proporcionando información importante que incluye políticas de conservación y decisiones de manejo. Además, los resultados se pueden compartir con comunidades locales, organizaciones ambientalistas y organizaciones de conservación del agua para facilitar su planificación de estrategias de mitigación. El objetivo de este proyecto es conservar los recursos hídricos y los ecosistemas del país y beneficiar a las comunidades que dependen de ellos para la alimentación, la agricultura y la recreación. Los resultados se pueden aplicar de manera similar a nivel nacional, proporcionando un modelo repetible para otras áreas afectadas por la sequía y la contaminación del aire.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Medir la calidad del agua mediante la evaluación del pH y la temperatura, para comprender la salud del ecosistema acuático y promover la conservación de los recursos hídricos.

Objetivos específicos

- Desarrollar un prototipo funcional de bote con capacidad de navegación y estabilidad en cuerpos de agua.
- Seleccionar y calibrar sensores de pH, temperatura y toxicidad que cumplan con los requisitos de precisión y durabilidad.
- Establecer un sistema de transmisión de datos que permita enviar información en tiempo real a una aplicación móvil o plataforma web

5. PROPUESTA DEL PROYECTO/INVESTIGACIÓN

5.1 Antecedentes

1. Drones para la calidad del agua**: En Auckland, Nueva Zelanda, se utilizan drones para recolectar muestras de agua en el proyecto "Safeswim", que monitorea la calidad del agua en tiempo real en playas locales. Este enfoque ahorra costos y mejora la eficiencia, ya que evita el uso de barcos y helicópteros. Además, en Indonesia, drones submarinos están siendo utilizados para monitorear ríos como el Brantas y el Surabaya, recolectando datos sobre oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. <https://www.aquatechtrade.com/news/utilities/drones-and-zones-taking-a-remote-view-of-water>.

2. Global Water Watch: Esta plataforma desarrollada por Deltares, World Resources Institute (WRI) y WWF, permite acceder a información en tiempo real sobre grandes ríos y embalses en todo el mundo. Usa algoritmos de inteligencia artificial y sensores remotos para medir el nivel y flujo del agua, así como su almacenamiento en embalses, ayudando en la gestión del recurso hídrico frente a los efectos del cambio climático. <https://www.globalwaterwatch.earth/>.

5.2 Descripción de la propuesta

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema inalámbrico de monitoreo de la calidad del agua utilizando un recipiente equipado con sensores para medir parámetros críticos como el pH, la temperatura y la turbidez en cuerpos de agua afectados por la sequía. Una vez

finalizado, se espera que el trabajo proporcione una herramienta asequible, eficiente y adaptable para el seguimiento en tiempo real de la salud de los ecosistemas acuáticos en lugares de fácil acceso, como lagos y estanques. El proyecto tiene como objetivo crear una solución eficaz de recopilación de datos en tiempo real que puedan utilizar investigadores, autoridades locales y comunidades locales. Esto ayudará a fundamentar las decisiones sobre la protección y restauración de las fuentes de agua en áreas amenazadas por el cambio climático y la contaminación.

6. LUGAR EN DONDE SE APLICARÁ EL PROYECTO/INVESTIGACIÓN

6.1 Antecedentes sobre el lugar

Indicar el nombre, breve descripción, misión, visión, dirección, mapa geográfico, página web, contactos(teléfonos), correo electrónico de la empresa/institución en donde se desarrollará el proyecto/investigación.

6.2 Responsable de Empresa

Indicar el nombre del profesional que labora en la empresa/institución y estará a cargo de permitir el acceso y desarrollo del proyecto.

6.3 Lugar, departamento, oficina

El Cajas

Maylas

Ukubamba

6.4 Horario para desarrollar el proyecto/investigación en la empresa/institución

Indicar el horario horas/días/meses en los que se visitará la empresa/institución para el desarrollo del proyecto/investigación.

Fuente: elaboración propia.

Anexo B *Proceso de tomas de muestra lago Maylas*





Fuente: elaboración propia.