



Universidad
Mariana

Sistema de monitoreo de variables en las etapas de ovas y alevinos en la producción de trucha
utilizando una red de sensores y tecnologías IoT

Ronald Andrés Chachinoy
Jorge Rodríguez Quenorán

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto
2022

Sistema de monitoreo de ovas y alevinos en la producción de trucha

Sistema de monitoreo de variables en las etapas de ovas y alevinos en la producción de trucha
utilizando una red de sensores y tecnologías IoT

Ronald Andrés Chachinoy
Jorge Rodríguez Quenorán

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero Mecatrónico

Mg. Tito Manuel Piamba Mamian
Asesor

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto
2022

Agradecimientos

De parte del grupo de trabajo es importante resaltar la dedicación y compromiso de todos los docentes que han hecho parte de este proceso de aprendizaje, pero principalmente al asesor Tito Manuel Piamba durante el desarrollo de todo el proyecto ya que gracias a su tiempo y conocimientos entregados fue posible llevar a cabo un trabajo responsable, ordenado y óptimo. Por todo lo anterior se decidió tomar este espacio para agradecer por su labor y entrega, de igual forma se agradece a la universidad por fomentar una educación basada en buenos principios además de brindar todas las herramientas necesarias para alcanzar una formación de calidad”.

Dedicatoria

Agradezco primeramente a Dios por haberme regalado una familia maravillosa quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar lo que tengo, por ende, quiero expresar mis sentimientos a las siguientes personas.

Mis Padres Yobana Quenorán y Jorge Rodríguez quienes me han inculcado valores que hoy me definen como persona y que gracias a ello he consigo todo lo que me propongo, siendo esto significativo para mi vida.

Mi novia Juliana Arciniegas que con su amor incondicional siempre ha estado conmigo apoyándome en este proceso, siendo alguien importante en este camino.

Jorge Rodríguez Quenorán

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro inicialmente a Dios Padre que me brindó vida, salud y fortaleza en el arduo camino de la construcción de este trabajo de grado que felizmente culmina.

De igual manera quiero dedicar este logro a un ángel que me acompaña día y noche, guía espiritual que con su amor inmortal me lleva de su mano en todo momento a ti amada abuela infinitas gracias.

A mis padres Mari y Héctor que hacen su mayor esfuerzo para darle continuidad a mi proceso educativo y quienes con sus sacrificios permiten que este sueño se haga realidad.

Gratitud a mis compañeros con quienes en conjunto y mucho empeño logramos construir y culminar este trabajo de investigación.

Agradezco a mi asesor, que hizo posible con su conocimiento y sabiduría la construcción de nuestra investigación.

A la universidad Mariana quien me abrió sus puertas al conocimiento y permitió forjarme como profesional y persona.

Ronal Andrés Chachinoy

Contenido

Introducción	11
1. Resumen de la propuesta.....	13
1.1. Descripción del problema	13
1.1.1. Formulación del problema	14
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos	17
1.4.1. Marco de Antecedentes	17
1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos	17
1.4.1.2. Vigencia de la temática	19
1.4.1.3. Descripción de artículos	21
1.4.2. Marco teórico.....	31
1.4.3. Marco conceptual.....	37
1.4.4. Marco contextual	39
1.4.5. Marco legal	42
1.5. Metodología	43
1.5.1. Tipo de investigación.....	43
1.5.2. Línea y sublínea del grupo de investigación.....	44
1.5.3. Hipótesis de la investigación	44
1.5.4. Descripción metodológica	44
1.5.5. Validez de la investigación	46
1.5.5.1. Validez interna	46

1.5.5.2. Validez externa	54
2. Presentación de resultados	60
2.1 <i>Resultados de acuerdo a los objetivos</i>	60
2.1.1. Resultado del primer objetivo	60
2.1.2. Resultado del segundo objetivo.....	64
2.1.1. Resultado del tercer objetivo.....	60
2.1.1. Resultado del cuarto objetivo.....	60
3. Conclusiones	77
4. Recomendaciones.....	92

Índice de Tablas

Tabla 2: Criterios de búsqueda en la base de datos de Scopus.....	17
Tabla 3: Citaciones realizadas para el top 5 más citados.....	22
Tabla 4: Citaciones realizadas para el periodo 2017-2022.....	25
Tabla 5: Datos de temperatura.....	48
Tabla 6: Comparación de mediciones de pH.....	50
Tabla 7: Comparación de niveles de oxígeno.....	51
Tabla 8: Comparación de mediciones de turbidez.....	53
Tabla 9: Datos de temperatura medidos por el sensor DS18B20 y el higrómetro.....	57
Tabla 10: Comparación de datos de Ph.....	59
Tabla 11: Entrevista para la recopilación de datos.....	61
Tabla 12: Datos recopilados por los sensores.....	78
Tabla 13: Parámetros críticos y reducción de mortalidad en Aciumayo... ..	90

Índice de Figuras

Figura 1: Búsqueda sin filtros	18
Figura 2: Búsqueda con filtros	19
Figura 3: Vigencia del tema sin filtros	20
Figura 4: Vigencia del tema con filtros	21
Figura 5: Mapa físico valle de Sibundoy	41
Figura 6: Equipo multiparámetro y turbidímetro.....	46
Figura 7: Datos con sensores y equipos	47
Figura 8: Adquisición de datos con sensores y equipos	47
Figura 9: Análisis de temperaturas.....	49
Figura 10: Análisis comparativo de pH.....	50
Figura 11: Comparativa de oxígeno.....	52
Figura 12: Medición con Agua destilada y agua de Acuímayo.....	52
Figura 13: Análisis de concordancia entre turbidímetro y sensor de turbidez.....	54
Figura 14: Mediciones de variables con el propietario de Acuímayo.....	55
Figura 15: Comparando mediciones con equipos de laboratorio.....	56
Figura 16: Corroboración con higrómetro.....	56
Figura 17: Comparación de datos de temperatura.....	57
Figura 18: Validación de pH con solución en polvo.....	58
Figura 19: Desempeño del sensor de PH frente a soluciones estándar.....	59
Figura 20: Entrevista al propietario de la microempresa Acuímayo.....	60
Figura 21: Sensor de DS18B20..	64
Figura 22: Sensor de pH SEN0161.....	65
Figura 23: Sensor de turbidez SEN0189.....	66
Figura 24: Sensor de oxígeno disuelto SEN037.....	66
Figura 25: Conexiones realizadas en fritzing.....	67
Figura 26: Diagrama de flujo de monitoreo.....	69
Figura 27: Interfaz plataforma ThingSpeak.....	70
Figura 28: Caja acrílica de componentes electrónicos.....	71
Figura 29: Caja acrílica con todos sus componentes electrónicos.....	72

Figura 30: Instalación de la unidad de control y visualización	73
Figura 31: Estanque 16.....	74
Figura 32: Instalación de sensores estanque 16.....	74
Figura 33: Microcontrolador ESP32 y pantalla lcd 20*4.....	75
Figura 34: Microcontrolador ESP32 y pantalla lcd 20*4.....	76
Figura 35: Visualización de datos en graficas a través TingSpeak.....	76
Figura 36: Visualización de datos en graficas a través TingSpeak	77
Figura 37: Conexiones del sensor de nivel realizado con fritzing.....	80
Figura 38: Diagrama de flujo sensor de nivel.....	81
Figura 39: Montaje del sensor de nivel.....	82
Figura 40: Instalación de sensor de nivel.....	83
Figura 41: Visualización en lcd y ThingSpeak.....	84
Figura 42: Visualización de alertas en Callmebot.....	85
Figura 43: Visualización de datos en la unidad de control.....	87
Figura 44: Comportamiento de los alevinos según la oxigenación.....	88

Introducción

Actualmente en Colombia se han implementado sistemas y tecnologías para incrementar los rendimientos del cultivo acuícola, volviéndolo un mercado potencial y objetivo en cuanto a las exportaciones de productos piscícolas para consumo humano debido a que en la actualidad la creciente producción de trucha arcoíris en Colombia requiere el aumento de sus procesos productivos. Por ello es fundamental que se incremente la obtención de ovas y alevinos en las pisciculturas para satisfacer así la demanda del producto final, es así como las diferentes facetas de la vida cotidiana se ven influenciadas por la presencia de instrumentos tecnológicos y técnicas innovadoras que permiten optimizar los procesos y actividades que allí se desarrollan; uno de estos campos de aplicación es la piscicultura, una actividad que a pesar de ser practicada hace ya bastante tiempo, solo en los últimos años ha cobrado mayor popularidad e importancia por lo cual la piscicultura se ha convertido en una excelente alternativa de producción e inversión, sin embargo, por diferentes motivos, ésta en la mayoría de los casos carece de herramientas que le ayuden a optimizar y potenciar su trabajo y márgenes productivos de vital importancia que el estanque piscícola esté en óptimas condiciones, la calidad del agua debe cumplir con ciertos parámetros de salubridad directamente relacionados con la salinidad, PH y oxígeno, entre otros, siendo este último el de principal interés en este proyecto y uno de los factores determinantes en la cría y desarrollo de los peces de ovas y alevinos.

La piscicultura Acuímayo Internacional es una microempresa ubicada en la localidad de Sibundoy, en el departamento del Putumayo, Colombia, que se dedica a la comercialización de carne de trucha a partir de la adquisición de ovas para obtener trucha arcoíris o tipo salmón. En dicha locación, las labores se realizan de forma manual lo que ha resultado un control insuficiente y una pérdida considerable en las etapas de crianza de los peces. Este proceso de crianza abarca desde la fase inicial de ovas, seguida de las larvas, los alevinos y su posterior desarrollo en truchas jóvenes y adultas, culminando en la cosecha y posterior comercialización. Por lo tanto, en las etapas iniciales, específicamente en las ovas, larvas y alevinos se enfrentan los mayores desafíos, marcados por un alto índice de mortalidad que amenaza la viabilidad y el crecimiento de la industria acuícola.

Por lo cual este proyecto de grado tiene como propósito fundamental la implementación de una red de sensores respaldada por tecnologías IoT (Internet de las Cosas) para el monitoreo de manera precisa y constante de variables críticas como la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto y la turbidez. Al abordar estas variables en las etapas de cría temprana se busca activamente que se reduzca la alta tasa de mortalidad convirtiéndose en un obstáculo constante para la piscicultura Acuímayo y así de esta manera ofrece soluciones prácticas y sostenibles que beneficien a la microempresa.

1. Resumen del proyecto

En Colombia, su creciente producción de trucha arcoíris tiene la necesidad de aumentar su producto en ovas y alevinos por lo tanto resulta importante la implementación de diversas tecnologías que contribuyen a reducir la alta tasa de mortalidad que afecta a esta etapa de la cadena de producción. El presente proyecto se enfoca en abordar esta problemática en la microempresa Acuimayo una entidad dedicada a la producción y distribución de truchas.

Por lo cual el propósito fundamental se enfoca en la implementación de la red de sensores mediante la plataforma de Internet de las Cosas (IoT) que proporciona información detallada acerca de las causas y factores que inciden en la mortalidad en la mencionada microempresa. Por ende a través de la recopilación y el análisis de datos se lleva a cabo un seguimiento preciso de variables críticas como la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto y la turbidez donde esta información permite a los gestores de la microempresa tomar decisiones informadas y oportunas para disminuir la mortalidad y mejorar la calidad del cultivo de truchas arcoíris que aseguran el futuro crecimiento de la producción de esta especie, es así como la red de sensores se ubican en las instalaciones estratégicamente beneficiando a la microempresa y disminuyendo también pérdidas económicas; además de la implementación de la plataforma IoT se realizan estudios exhaustivos en diversos aspectos con el objetivo de mejorar las tecnologías sostenibles que respalden el crecimiento continuo de la producción de esta especie esto no solo contribuye al desarrollo de la industria de la trucha sino que también fortalece su prestigio en términos de calidad y sostenibilidad.

1.1. Descripción del problema

La microempresa Acuimayo ubicada en la localidad de Sibundoy en el departamento de Putumayo, se dedica a la comercialización de trucha francesa desde el año 2012, cuenta con un elevado índice de producción, en dicha localidad las labores se realizan de forma manual lo que conlleva la carencia de un monitoreo sistemático de parámetros fundamentales como la temperatura del agua oxígeno disuelto, pH, dióxido de carbono y turbidez. Las tecnologías que cumplen la función de monitoreo no generan un control o diagnóstico adecuado siendo preocupante ya que estas variables son esenciales para garantizar el bienestar de las truchas y su óptimo desarrollo en el sistema de cría ocasionando problemas de crecimiento, desnutrición, estrés, asfixia y crecimientos de hongos.

Este tipo de situaciones generan enfermedades infecciosas que influyen en la mortalidad en las etapas de crecimiento de ovas y alevinos.

Según Carmen Chimbor (2021) afirma que la mortalidad en ovas y alevinos se debe principalmente a factores de orden fisiológico, químico o biológico, que pueden ser desencadenados de forma natural o inducido por las malas condiciones ambientales en el lugar en donde se realiza el cultivo, las altas densidades de cultivo incrementan el riesgo para el surgimiento y la diseminación de las enfermedades, cuando un pez se enferma presentan cambios en su comportamiento, los más conocidos son: bajo apetito, distribución anormal en el estanque, pérdida del equilibrio y debilidad, no tolera el manejo durante la clasificación y transporte.

En consecuencia, resulta fundamental que el criador de truchas tenga la capacidad de identificar ciertos problemas habituales relacionados con la falta de nutrientes o enfermedades infecciosas durante el proceso de cultivo. De esta manera, se podrá elevar la calidad de vida de las ovas y alevinos al mismo tiempo que se reducirá la tasa de mortalidad que se experimenta en las instalaciones de Acuimayo.

Actualmente, existen tecnologías que han potenciado los sectores productivos de la pesca, pero este tipo de tecnologías no ha sido extendido a este tipo de localidades, principalmente porque se tiene un elevado costo en su implementación. Una de ellas es la plataforma IoT mediante el cual se puede generar un seguimiento mucho más personalizado a las diferentes condiciones que se presentan. De acuerdo con el modelo actual de producción, este no permite cumplir las expectativas ni suplir las necesidades ya que falta el control de algunas variables claves en el proceso de cultivo de truchas no es el adecuado,

A partir de lo mencionado se hace evidente la necesidad de incorporar tecnologías para prevenir la disminución de pérdidas económicas y mejorar el control de la piscicultura. Esto implica la importancia de adoptar o introducir nuevas prácticas y métodos en la producción acuícola con el propósito de optimizar la explotación de los recursos y aumentar la capacidad productiva.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cómo se podría aportar con la implementación del sistema de monitoreo mediante la plataforma IoT para una reducción de mortalidad en ovas y alevinos en la microempresa Acuimayo?

1.2. Justificación

En la actualidad para cumplir con la demanda los piscicultores aumentan la cantidad de producción logrando reducir la mortalidad en las etapas tempranas por lo tanto con la elaboración de un sistema IoT permite un adecuado monitoreo que garantiza establecer las condiciones adecuadas en su proceso de inicio y levante en la producción de trucha francesa, garantizando disminuir costos adicionales que actualmente están presente en el proceso gracias a su bajo contenido en sal, la trucha es ideal para las personas que padecen de hipertensión arterial también cuenta con un alto valor proteico que fortalece y acelera el crecimiento de los músculos (agro tendencia, 2019).

El cultivo de la trucha no demanda necesariamente la construcción de estanquera o instalaciones costosas, se pueden emplear estanques rústicos que producen altos rendimientos y una elevada rentabilidad de las inversiones. La uniformidad en tallas y alta calidad de su carne hace de la trucha un producto muy atractivo para los mercados nacionales e internacionales por lo que esta crece rápidamente después que nace hasta que empieza a reproducirse, luego el crecimiento se hace más lento es de vital importancia tener en cuenta la temperatura del agua donde vive, así como el alimento que ingiere influyendo en su desarrollo puesto que a mayor temperatura más rápido es el crecimiento por otro lado un alimento rico en proteínas, grasas, carbohidratos y minerales que permite a la trucha lograr tallas y pesos mayores donde las formas sedentarias pueden alcanzar los 4,5 Kg en 3 años, mientras que las de lagos o mar pueden llegar a los 7-10 Kg en el mismo tiempo. Su velocidad máxima es de 5 m/s, pero se desplaza lentamente para ahorrar energía, La trucha requiere de una fuente de agua cristalina y pura por ello es necesario el control del nivel de turbidez evitando la disminución del oxígeno que puede afectar en la respiración, El control del nivel de pH en el hábitat ayuda a la prevención de enfermedades en la piel y evitar contagiar a la camada que debe cumplir con el nivel óptimo un $\text{pH} < 7$ se considera ácido y con un $\text{pH} > 7$ se considera básica o alcalina. El rango normal de pH en agua superficial es de 6,5 a 8,5 y para las aguas subterráneas 6 – 8.5 La cantidad del agua es de mucha importancia debido a que está relacionado directamente con el nivel de oxígeno que necesitan los peces. (Escobar, Gutiérrez, 2020).

La importancia del monitoreo se refleja en la medición de múltiples parámetros, como la temperatura, el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto en el proceso de cultivo de truchas. Aunque el rango de temperatura es de 13 a 18 °C se destaca que el valor óptimo debería situarse en torno a

los 15 °C, este enfoque no solo se traduce en mejoras sustanciales en la producción piscícola, sino que también responde al propósito de mejorar la calidad de vida de la población.

Es fundamental destacar que al mantener un nivel óptimo de caudal en los estanques se contribuye a prevenir inundaciones y por consiguiente se evitan pérdidas económicas considerables en el criadero. La implementación del sistema propuesto desempeña un papel fundamental en el monitoreo efectivo del agua en los estanques de truchas, garantizando las condiciones adecuadas para el crecimiento saludable de esta especie durante todas las etapas del proceso, desde la cría hasta el engorde, este enfoque tecnológico ofrece la valiosa ventaja de proporcionar información detallada y precisa sobre la calidad del agua lo que es esencial para la gestión óptima de la producción de truchas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitoreo de variables críticas (temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez en el agua) en estanques de alevinos de truchas arcoíris para minimizar la mortalidad presente en esta etapa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Recopilar datos de mortalidad de alevinos en la empresa e información científica relacionada con la crianza y cuidado de trucha arco iris.
- Diseñar el sistema de monitoreo de variables y control de oxigenación del agua, involucrando IoT y almacenamiento de datos para su respectivo análisis.
- Generar alarmas (locales, remotas) de prevención relacionadas con cambios en las variables en los rangos no deseados que afecten al desarrollo de los cultivos de trucha.
- Analizar los resultados obtenidos mediante las variables y la relación con la mortalidad presente.

1.4. Marco Referencial o Fundamentos Teóricos

1.4.1. Marco de Antecedentes

1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos

Se utiliza la base de datos Scopus, en la que se aplican como criterios de búsqueda los artículos más citados y los artículos más relevantes de los últimos cinco años. Cabe destacar que esta investigación se realizó en septiembre de 2022 enfocándose a artículos en inglés.

Tabla 1

Criterios de búsqueda en la base de datos de Scopus.

Tipo de búsqueda	Año
Criterios de búsqueda	"MONITORING SYSTEM" AND "SENSOR NETWORK" AND "IOT TECHNOLOGIES " OR "IOT" OR "INTERNET OF THINGS" AND PH
Periodo de búsqueda	2017-2022
Numero de documentos encontrados sin filtros	40
Idioma	Solo artículos en ingles
	Ingeniería
	Computación
Filtro por área temática	Ciencias agrícolas y biológicas
	Energía
	Ciencia Medioambiental
Tipo de documentos	Artículos
Numero de documentos encontrados sin filtros	22

Descripción de búsqueda

Búsqueda sin filtros.

A continuación, en la Figura 1 se muestra el resultado de la búsqueda sin filtros.

Figura 1

Búsqueda sin filtros.

The screenshot shows the Scopus search results interface. At the top, there is a navigation bar with the Scopus logo, a search icon, and links for Sources, SciVal, and user profile (JR). A notification banner at the top left states: "The new, enhanced version of the search results page is available. Give the new page a try and share any feedback before it is finalized." with a "Try the new version" button.

The main heading displays "40 document results" and the search query: "TITLE-ABS-KEY("monitoring system" AND "sensor network" AND "iot technologies " OR "iot" OR "internet of things" AND ph)". Below the query are options to "Edit", "Save", and "Set alert".

The results section includes a search bar "Search within results...", tabs for "Documents", "Secondary documents", and "Patents", and a link to "View Mendeley Data (224)". The "Documents" tab is active, showing "Analyze search results" and options for "Show all abstracts" and "Sort on: Cited by (highest)".

Below the sorting options are icons for "All", "BibTeX export", "Download", "View citation overview", "View cited by", and "Save to list".

The results are presented in a table with the following columns: Document title, Authors, Year, Source, and Cited by. The first result is:

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT <i>Open Access</i>	Pasika, S., Gandla, S.T.	2020	Heliyon 6(7),e04096	61

Below the table, there are links for "View abstract", "View at Publisher", and "Related documents".

On the left side, there is a "Refine results" section with "Limit to" and "Exclude" buttons, and an "Open Access" section with a list of filters: "All Open Access (5)", "Gold (2)", "Hybrid Gold (1)", and "Bronze (2)".

Búsqueda con filtros.

La Figura 2 muestra el resultado de la búsqueda con la implementación de los filtros.

Figura 2

Búsqueda con filtros.

The screenshot shows the Scopus search results page. At the top, there is a notification about a new version of the search results page. Below that, the search results are displayed for 22 documents. The search query is: TITLE-ABS-KEY ("monitoring system" AND "sensor network" AND "iot technologies" OR "iot" OR "internet of things" AND ph) AND (EXCLUDE(SUBJAREA, "DECI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "PHYS") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "BUSI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "CENG") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "MATE") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "SOCI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "BIOC") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "EART") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "ECON") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "MULT") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "NEUR"))

The search results are displayed in a table with the following columns: Document title, Authors, Year, Source, and Cited by. The first result is:

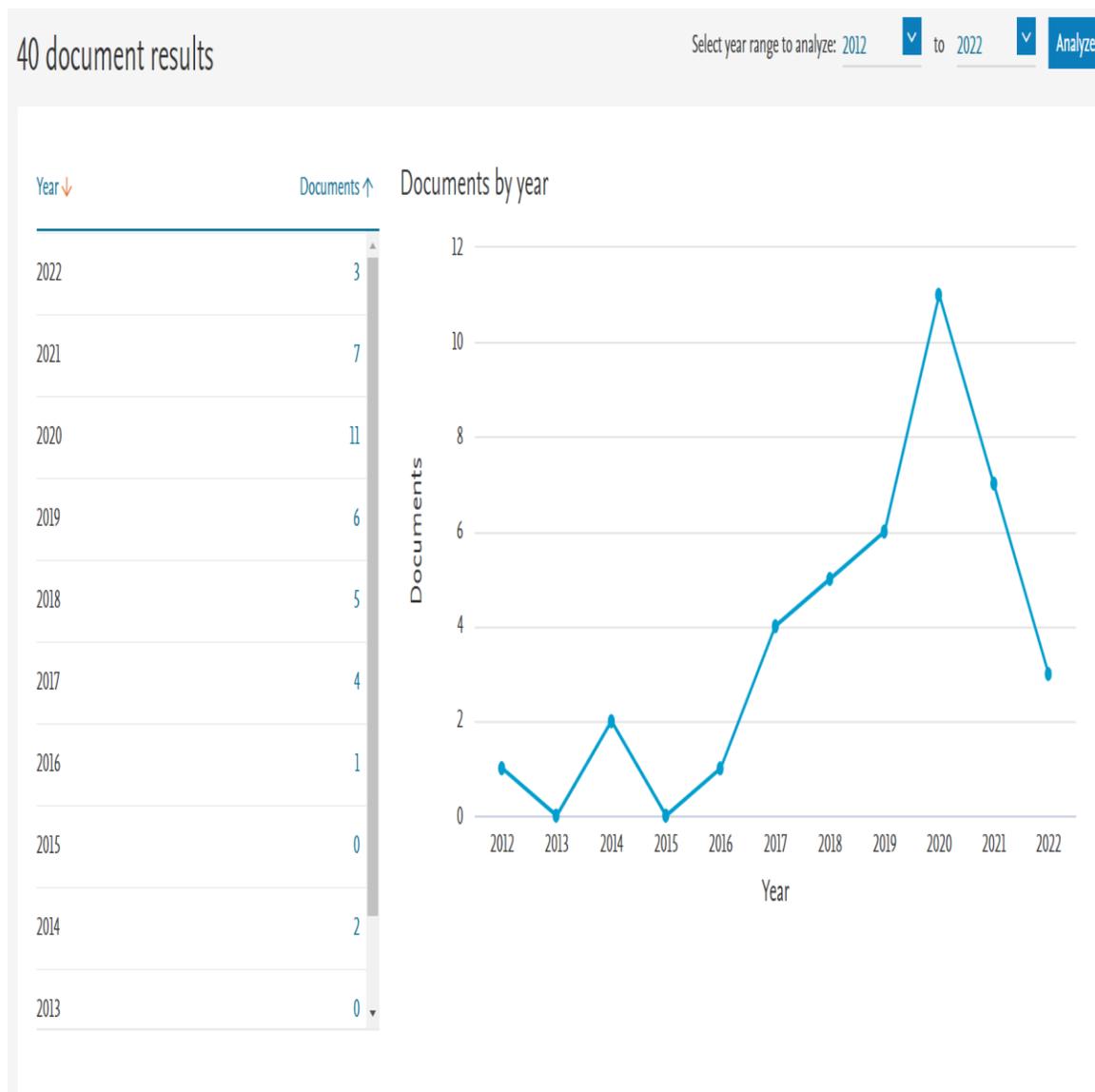
Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Intelligent monitoring system for aquiculture based on internet of things	Yan, B., Shi, P.	2014	Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery 45(1), pp. 259-265	23

1.4.1.2. Vigencia de la temática

Como se puede observar en la Figura 3, el tema investigado a partir del año 2006 hasta el 2020 ha conllevado un gran aumento en la cantidad de publicaciones, puesto que también se tiene en cuenta que, a partir del año 2020, el número de publicaciones con respecto a los últimos años disminuyo.

Figura 3

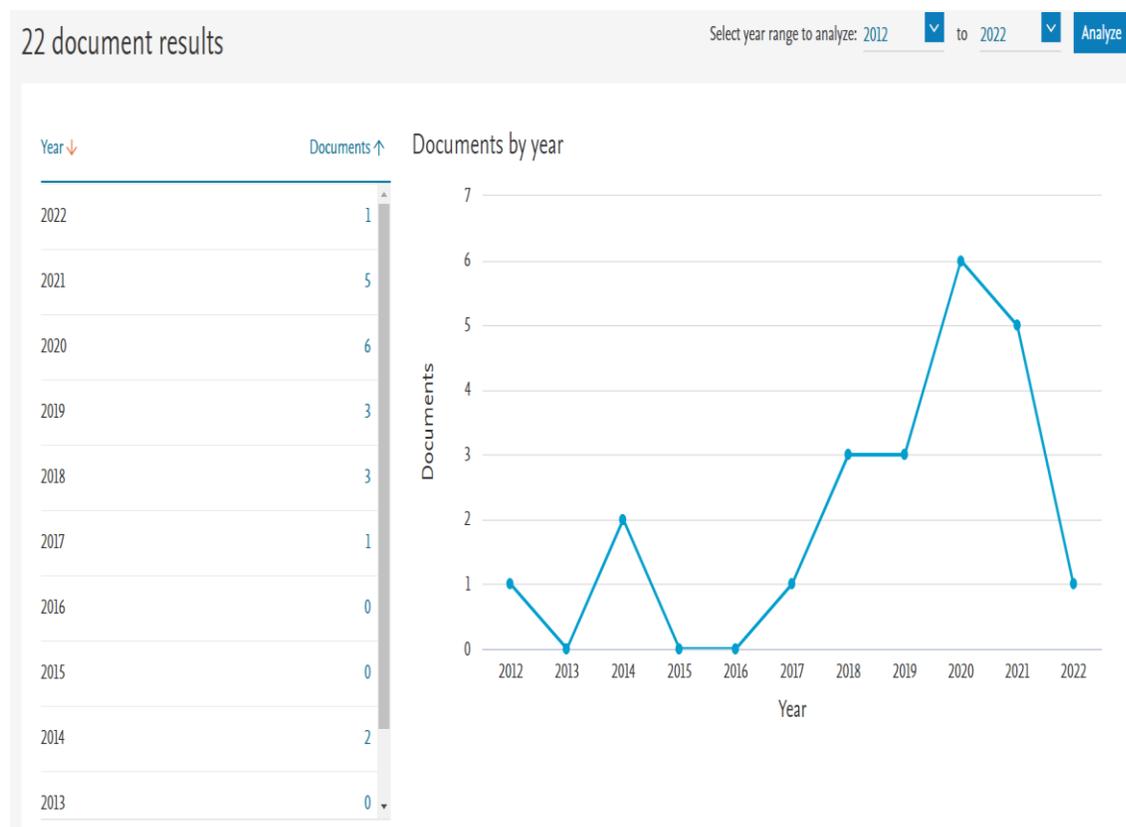
Vigencia del tema sin filtros.



Por consiguiente, en la Figura 4 se puede evidenciar el número de publicaciones al aplicar los filtros, de manera que se incrementó significativamente en el año 2020, pero también se observa que la cantidad de publicaciones decreció a inicios del 2021 hasta el año 2022.

Figura 4

Vigencia del tema con filtros.



1.4.1.3. Descripción de artículos

Descripción de los artículos Top 5 más citados en la historia.

Diversos aspectos con respecto a los artículos tomados se muestran en la Tabla 2, teniendo en cuenta las citas realizadas para los artículos más citados.

Tabla 2

Citaciones realizadas para el top 5 más citados.

Numero	Autores y año	Numero de Citaciones	Área temática
1	Pasika, S. , Gandla,	61	Smart water quality monitoring

	ST(2020)		system with cost-effective using IoT
2	Chen, J.-H. , Cantado, W.-T. , Lin, G.-Y.(2016)	56	Automated Monitoring System for the Fish Farm Aquaculture Environment
3	Myint, C.Z., Gopal, L., Aung, Y.L.(2017)	34	Reconfigurable smart water quality monitoring system in IoT environment
4	Niswar, M., Wainalang, S., Ilham, A.A., (...), Kashihara, S., Fall, D.(2019)	24	IoT-based water quality monitoring system for soft-shell crab farming
5	Myint, C.Z., Gopal, L., Aung, Y.L.(2017)	24	WSN-based reconfigurable water quality monitoring system in IoT environment

Según Pasika, S., Gandla, ST (2020) exponen que el “Internet de las cosas” permite la conectividad entre múltiples dispositivos con la capacidad de intercambiar y recopilar datos. Además de la industria energética el IoT también amplía sus capacidades a cuestiones medioambientales y automatización mediante el uso de la industria de vital importancia puesto que el agua es una de las necesidades básicas para la supervivencia humana, es así como se necesita una combinación de mecanismos para monitorear la calidad del agua de vez en cuando teniendo en cuenta que alrededor del 40% de las muertes son causados por la contaminación del agua.

Por lo tanto, es necesario asegurar el suministro de agua potable purificada en ciudades y pueblos debido a que el monitoreo de la calidad del agua es un sistema rentable y eficiente diseñado para supervisar la calidad del agua potable utilizando la tecnología Internet (IoT).

En este artículo, el sistema propuesto consta de varios sensores para medir varios parámetros, como el valor de pH, la turbidez del agua, el nivel de agua en el tanque, la temperatura y la humedad de la atmósfera circundante, utilizando cuatro sensores los cuales son: pH, turbidez, ultrasónico, DHT-11, una unidad de microcontrolador como módulo de procesamiento principal y un Módulo Wi-Fi del módulo de transmisión de datos ESP8266 por esta razón la unidad de microcontrolador es importante del sistema de desarrollo para medir la calidad del agua como arduino mega el cual

consume muy poca potencia y pequeño tamaño, donde el tamaño es un buen criterio de tecnologías clave en el punto de venta.

De los cuatro sensores, dos recopilan datos en forma de señales analógicas; hay un ADC en la MCU Un chip que convierte la señal analógica del sensor a un formato digital. Por esta razón para obtener esta salida analógica del sensor, salida de los pines analógicos del sensor se conectan a los pines analógicos de la MCU. En consideración de Chen, J.-H. , Cantado, W.-T. , Lin, G.-Y.(2016) estimando que en los últimos años, las anomalías climáticas globales han afectado el efecto.

Según las Naciones Unidas sobre agricultura y Alimentación (FAO) el consumo medio de productos pesqueros para 2030, el mundo tendrá 16,7 kg por año, mientras que de 19 a 20 Kilogramos actuales por persona al año. Los parámetros físicos del agua son considerables, temperatura, pH del agua, oxígeno disuelto y actividad microbiana por pez con un entorno de cultivo adecuado, el agua de la piscifactoría es inestabilidad, supervivencia y crecimiento de los organismos acuáticos viéndose afectado por la calidad del agua ya que no es suficientes a corto plazo, como oxígeno, temperatura y salinidad.

La infección patógena emocional pasa rápidamente agua, suficiente para acabar con la agricultura ecológica con el fin de lograr una alta eficiencia económica con una variedad de sensores para monitorear las condiciones ambientales de la piscicultura, también se ha añadido un sistema de control automático como sistemas solares, los dispositivos móviles y la tecnología de transmisión inalámbrica, reduciendo costes y produciendo mejores beneficios económicos. El chip MSP430 utiliza dos puertos de comunicación serie conectados a ZigBee y WIFI. El maestro de arquitectura de red de sensores inalámbricos recopila todos los datos para el metaanálisis. Por lo que el maestro realiza el monitoreo automático de parámetros ambientales y transmite la información al dispositivo terminal del usuario a través de WIFI. El usuario puede usar el equipo terminal para el ajuste de parámetros de control ambiental del crecimiento de los peces y mantener un control ambiental estable.

Como lo mencionan los autores Myint, C.Z., Gopal, L., Aung, Y.L.(2017) los usuarios pueden monitorear los datos a través de una red inalámbrica que puede diseñarse en base a uno de esos estándares de comunicación inalámbrica por lo que las ventajas de WSN son el bajo consumo de energía, la adquisición de datos redundantes, monitoreo remoto, el rápido establecimiento de la red, el área de cobertura amplia y la alta precisión de monitoreo del bajo ciclo de trabajo.

Por lo tanto, la WSN para el mundo real es prácticamente ilimitada desde la seguridad física, el monitoreo ambiental y los cambios climáticos, el posicionamiento y el seguimiento y la atención médica hasta la logística, la localización, es así como el Internet de las cosas se desarrolló en paralelo a las WSN y es una red física que conecta todas las cosas intercambiando datos e información a través de dispositivos de detección como sensores, actuadores y computadoras, una variedad de aplicaciones de IoT como etiquetas RFID, tecnología de sensores, tecnología móvil y otras tecnologías inteligentes.

Según Niswar, M., Wainalang, S., Ilham, .mencionan que los datos de detección se transmiten a través de la red ZigBee y se almacenan en una base de datos basada en la nube. La base de datos basada en la nube proporciona visualización de datos de detección de oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua a través de aplicaciones móviles y de escritorio. Proporcionaron un sistema de software de monitoreo usando LabWindows/CVI para mostrar y analizar los sensores de datos adquiridos. propuso un sistema inteligente de monitoreo de la calidad del agua que utiliza la red GSM para transferir datos de detección a un servidor en la nube.

El sistema utiliza un protocolo ligero de transporte de telemetría de Message Queue Server para intercambiar mensajes entre pequeños dispositivos integrados, dispositivos móviles y sensores. Utilizamos un sensor de temperatura del agua, un sensor de pH y un sensor de salinidad para monitorear la calidad del agua en el estanque. Los sensores están conectados a pequeños dispositivos integrados y se establece un intermediario MQTT basado en Mosquito para el monitoreo remoto. Además, también establecimos una base de datos basada en la nube para almacenar datos de sensores y producir conjuntos de datos para pronosticar y aumentar el rendimiento de los cangrejos de caparazón blando, así como para la investigación y los descubrimientos científicos.

Esta herramienta proporciona un enfoque de programación visual que permite a los desarrolladores conectar nodos, es decir, bloques de código predefinidos escritos en HTML y JavaScript, para realizar una tarea. Los autores Myint, C.Z., Gopal, L., Aung, Y.L.(2017) WSN afirman que para un sistema WQM en un entorno IoT, el sistema debe constar de una placa de diseño Field Programmable Gate Array , sensores, un módulo de comunicación inalámbrica basado en ZigBee y una computadora personal . El sistema propuesto recopila los datos de la calidad del agua, como el pH del agua, el nivel del agua, la turbidez, el dióxido de carbono en la

superficie del agua y la temperatura del agua en paralelo y en tiempo real con alta velocidad desde cinco nodos sensores diferentes.

Con el aumento en el desarrollo de la tecnología de red de sensores inalámbricos, los parámetros ambientales en tiempo real se monitorean de forma remota mediante la adquisición, transmisión y procesamiento de datos en tiempo real. Jinfeng y Shun diseñaron un sistema de monitoreo de la calidad del agua para la acuicultura utilizando un microcontrolador MSP y un módulo inalámbrico ZigBee, Se propusieron el sistema de monitoreo de la calidad del agua que detecta la pH y temperatura del agua del río mediante sensores y placa Arduino. El sistema consta de un conjunto de sensores de calidad del agua para monitorear la conductividad, el pH y la turbidez, un controlador incorporado compacto en tiempo real de E/S reconfigurable y un FPGA.

Descripción de los artículos Top 5 más citados de los últimos 5 años.

Diversos aspectos con respecto a los artículos tomados se muestran en la Tabla 3, para este caso setiene en cuenta las citas realizadas en los últimos 5 años.

Tabla 3

Citaciones realizadas para el periodo 2017-2022.

Numero	Autores y año	Numero de citas	Área temática
1	Hamid, S.A., Rahim, A.M.A., Fadhlullah, S.Y., (...), Muhammad, Z., Leh, N.A.M.(2020)	7	IoT based Water Quality Monitoring System and Evaluation
2	Goud, CS , Das, S. , Kumar, R. , Mahamuni, CV , Khedkar, S.	1	Wireless Sensor Network (WSN) Model for Shrimp Culture Monitoring using Open Source IoT

3	Zhang, Z., Cao, S., Zhu, J., Chen, J.	6	Long range low power sensor networks with LoRa sensor for large area fishery environment monitoring
4	Kamelia, L., Nugraha, YS, Effendi, MR, Priatna, T.(2019)	5	The IoT-Based Monitoring Systems for Humidity and Soil Acidity Using Wireless Communication
5	Liu, Y., Li, J., Cao, S., Xing, B.(2018)	16	Design and application of monitoring system for crab breeding base based on internet of things

Fuente: Este proyecto,(2023)

Según la Organización Mundial de la salud (OMS) afirma que un extremo pH de niveles de agua de la piscina puede causar una reacción grave en los ojos y la piel de los usuarios. El método existente para vigilancia el agua pH nivel en la piscina pública de Seberang Jaya no es lo suficientemente eficiente para controlar la calidad del agua ya que todos los procesos deben ejecutarse manualmente. Este documento analiza la calidad del agua inteligente propuesta Vigilancia Sistema (SWQMS), el diseño y la evaluación de factores que influyen pH valor y temperatura de piscina utilizando herramientas estadísticas DOE y ANOVA. Los hallazgos experimentales revelan que el tiempo de día, el volumen de la piscina y sus factores de interacción no influyen en la pH valor sin embargo el tiempo de día tiene un efecto sobre la temperatura del agua de la piscina Hamid, S.A., Rahim, A.M.A., Fadhlullah, S.Y., (...), Muhammad, Z., Leh, N.A.M.(2020).

Por lo tanto, el monitoreo de la calidad de agua es necesario para identificar cualquier cambio en los parámetros de calidad del agua en tiempo real, debido a que el principal involucrado en el monitoreo convencional de la calidad del agua es la recolección, medición y análisis de muestras de agua, siendo así de vital importancia los programas de monitoreo ya que colectan una gran cantidad de datos comparables a través del espacio y tiempo. Se tiene en cuenta a los autores Goud, CS, Das, S., Kumar, R., Mahamuni, CV, Khedkar, S. quienes mencionan que el hábitat de

cultivo de camarones comprende parámetros como la temperatura, la humedad, la composición del suelo, la nutrición, la demanda biológica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, que son requisitos de cultivo de camarones. Debido al alto precio y la demanda, muchos agricultores de la región costera están cambiando de la vegetación al cultivo de camarones. El cultivo de camarón se encuentra con anomalías en la temperatura, composición del suelo, DBO, DQO, pH y problemas complejos como enfermedades de crecimiento lento, desequilibrios nutricionales, enfermedades patógenas pueden reducir los rendimientos de cultivo. Tanto WSN como internet de las cosas revolucionado a través de la teledetección con centralizada vigilancia de agricultura, pesca y procesamiento industrial.

En este artículo se presenta un diseño prototipo vigilancia los parámetros de cultivo del camarón como la temperatura, pH, DO, etc. El diseño del prototipo mejorará la práctica de cultivo de camarón convencional por teledetección vigilancia a sistema y esto aumentaría sustancialmente el rendimiento del camarón. El prototipo se implementó y probó desplegándose en un estanque durante un día. La variación de los parámetros se mide mediante la configuración de un canal Thing Speak.

Los resultados muestran que el sistema es capaz de vigilar parámetros esenciales y cualquier cambio que conduzca a condiciones anormales en el estanque se pueden comunicar fácilmente a la persona interesada a través de un mensaje. Por lo anterior se puede decir que, con el aumento térmico en el agua, surge un incremento de la actividad fisiológica y metabólica del crustáceo puesto que estos procesos implican un aumento del consumo de oxígeno y de las necesidades nutricionales en el camarón, en consecuencia, la calidad del agua se puede arbitrar en función de parámetros como O₂ disuelto, temperatura, alcalinidad, dureza, salinidad y demanda biológica de oxígeno.

De acuerdo a los autores Zhang, Z., Cao, S., Zhu, J., Chen, J. consideran un sistema de monitoreo de larga distancia basado en la tecnología LoRa para las características de ciclo de aplicación a largo plazo y gran área de cobertura del monitoreo ambiental de la pesca en alta mar y la acuicultura a gran escala por lo cual el sistema diseña una puerta de enlace LoRa de doble canal de bajo costo y, sobre esta base, propone una nueva puerta de enlace de doble canal adaptable a la velocidad ya que la sincronización de canales programa estrategias de comunicación inalámbrica; esta estrategia hace un uso completo del factor de propagación múltiple y las características de velocidad de datos múltiples de la tecnología LoRa, y puede controlar de manera

efectiva los nodos terminales dentro de diferentes distancias de la puerta de enlace para garantizar la conectividad de la red y sincronice la programación a través de la capa MAC, lo que reduce en gran medida la cobertura de la red de monitoreo al tiempo que garantiza una cobertura de área grande y es así como mejora la probabilidad de colisión de canales inalámbricos, mejorando el rendimiento en tiempo real de la carga anormal de datos y la vida media de la red de los nodos terminales debido a que el esquema se verifica mediante simulación y prueba de campo dando efectividad del sistema al que se puede cubrir efectivamente el área de monitoreo, se tiene en cuenta a Kamelia, L. , Nugraha, YS , Effendi, MR , Priatna, T.(2019) quienes manifiestan que para extensas tierras agrícolas, es importante un sistema por vigilancia de calidad puesto que es necesario realizar un terreno que se reparte en muchos puntos, utilizando la comunicación de datos de forma inalámbrica. Esto facilitará la instalación inicial y el mantenimiento del sistema. Este estudio tiene como objetivo crear un pH y humedad vigilancia sistema para suelo agrícola con inalámbrico sensor la red tecnología residencia en internet de cosas (internet de las cosas). Este sistema consiste de dos nodos esclavos y un nodo maestro. El nodo maestro y el nodo esclavo utilizan el módulo de radio RF433MHz como herramienta de comunicación. Cada nodo esclavo consiste de un suelo pH sensor para medir la humedad del suelo. Todos los datos de cada nodo esclavo se envían al nodo maestro para ser procesados y luego enviados a la base de datos utilizando el escudo de Ethernet. Los datos contenidos en la base de datos se mostrarán en una aplicación web a la que se puede acceder desde cualquier lugar. El rango máximo de los módulos de radio RF433MHz en espacios abiertos son capaces de recibir datos del transmisor a 50 metros. La vigilancia sistema capaz de mostrar pH y valores de humedad del suelo en tiempo real con un valor de error promedio del a tierra pH sensor que es igual a 1.66% y YL69sensor el promedio de error es del 1% en comparación con el analizador de suelos comercial. © 2019 IEEE. Por lo cual las redes inalámbricas de sensores (WSN) son un conjunto de nodos organizados en una red corporativa que sirven para la recolección de datos mediante y la utilización de diversos tipos de sensores ya que las redes inalámbricas de sensores han sido útiles en una variedad de aplicaciones con características y requerimientos variados, garantizando así la optimización de procesos que se requiere.

Según Liu, Y. , Li, J. , Cao, S. , Xing, B.(2018) plantean que la acuicultura juega un papel vital en nuestra vida social y económica, pero su largo ciclo de producción, alta intensidad de mano de obra, baja eficiencia de producción, gran desperdicio de recursos, y la susceptibilidad severa a la

enfermedad, restringen significativamente el desarrollo saludable de la industria de la acuicultura. Frente a un mercado de consumo en crecimiento, los métodos agrícolas tradicionales son cada vez más incapaces de satisfacer las demandas del público, creando una gran incertidumbre en esta industria crucial. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una gestión holística sistema para la cría de cangrejos, combinando tecnologías como internet de cosas (según la arquitectura de tres capas de servicio, capa de aplicación y capa ejecutiva) para monitorear y controlar sistemáticamente aspectos en todo el sistema. El sistema incluye principalmente los siguientes aspectos: calidad del agua y medio ambiente del centro acuícolas sensor la red: Un distribuido sensor por lo cual las redes requieren para continuo y en tiempo real vigilancia de parámetros clave de calidad del agua (incluyendo oxígeno disuelto, pH, valor y temperatura), y un sistema dispuesto dentro del agua, junto con cámaras subacuáticas, para proporcionar un flujo constante de datos para su procesamiento. Además, la información de un segundo, recopilarán sensores meteorológicos locales (como temperatura, humedad, dirección del viento, velocidad del viento, presión barométrica, lluvia e iluminación), cuando se combinen con los datos submarinos, se obtendrá una información completa. vigilancia la red se formará en base a la Internet de cosas tecnología también se destaca el control inteligente la red de centro de cultivo: el equipo de acuicultura incluye principalmente aireadores, alimentadores, enfoques de gestión al ser estos de baja tecnología.

Por ello los usuarios pueden buscar datos de forma remota en cualquier lugar con la red cobertura a través de un navegador de computadora o aplicación de teléfono móvil; el servidor de la totalidad del sistema está alojado en la Universidad Oceánica de Shanghái la red centro de administración, implementado en el sitio web del servidor, fondo de servicio de aplicación de teléfono móvil, adoptando una microcomputadora de un solo chip integrada (STC15F2K60S2) como chip controlador de capa inferior y se comunica con el sensor por protocolo RS485. Cada subsistema la red utiliza el módulo WIFI ESP8266 para conectar la estación AP (punto de acceso) por lo que la videovigilancia utiliza la plataforma en la nube EZVIZ. PLC (controlador lógico programable) es la parte de control para el equipo de acuicultura, pasado la depuración real en la base de cría de cangrejos de Chongming perteneciente a la Universidad Oceánica de Shanghái, donde todos los indicadores cumplen con los requisitos y exactitud de cada parámetro alcanzando el estándar de detección.

Hasta ahora, el sistema es estable en funcionamiento y puede cumplir con los requisitos de acuicultura. Al probar, la tasa de éxito de la comunicación del conjunto de sistemas más del 98%,

y los errores relativos promedio de oxígeno disuelto, temperatura y pH son $\pm 0,016$ mg/L, $\pm 0,031$ °C y $\pm 0,023$, respectivamente, es importante promocionar la aplicación debido a que este sistema proporciona garantías para promover el crecimiento y la sostenibilidad de esta industria clave, además de la creación de marca del a acuicultura y la rápida transformación en mejora de la industria. como demostración de acuicultura moderna, especialmente en los campos de la acuicultura industrializada, la cría de plántulas y el cultivo en jaulas, facilitando orientación científica sobre la producción y la gestión de acuicultura para los agricultores.

Al mismo tiempo será bueno para la construcción. de la gran plataforma de datos de toda la cadena de la industria. Así mismo la acuicultura es una actividad milenaria que ha evolucionado lentamente, a menudo sobre la base de conocimientos tradicionales, y cuyos adelantos se han logrado gracias a la curiosidad, las necesidades y las experiencias positivas puesto que constituye una fuente vital de alimentos, empleo, recreación, comercio y bienestar económico para las poblaciones de todo el mundo, tanto para las generaciones presentes como para las futuras por lo tanto, debería llevarse a cabo de forma responsable.

Análisis de los estudios

La acuicultura es una de las actividades agropecuarias que mayor crecimiento ha mostrado en los últimos años; pero así mismo crece la preocupación por el impacto ambiental que se genera en el ambiente, de manera que los sistemas de supervisión de las variables temperatura, PH y oxígeno disuelto tienden a ser un proceso de piscicultura, importantes para la sostenibilidad y viabilidad. Por lo tanto, en los anteriores artículos se describe la investigación que conllevó al diseño e implementación de un sistema que permite monitorear temperatura, PH y oxígeno disuelto en estanques para piscicultura, y es así como el estado de las variables se establece de acuerdo con los rangos definidos por la especie a producir, donde el sistema es capaz de vigilar parámetros esenciales y cualquier cambio que conduzca a condiciones anormales en los estanques.

Por lo anterior se puede decir que, con el aumento térmico en el agua, surge un incremento de la actividad fisiológica y metabólica puesto que estos procesos implican un aumento del consumo de oxígeno y de las necesidades nutricionales, la calidad del agua se puede arbitrar en función de parámetros como O₂ disuelto, temperatura, alcalinidad, dureza, salinidad y demanda biológica de oxígeno.

1.4.2. Marco teórico

1.4.2.4. Cultivo de Trucha

El cultivo de trucha arcoíris requiere condiciones específicas ambientales y de manejo por lo cual los factores como la cantidad y calidad son determinantes en el cultivo puesto que prospera gracias a la disponibilidad de agua de buena calidad, oferta de alimentos balanceados, facilidad de importación de la semilla y disponibilidad de recursos humanos capacitados; sin embargo, en algunos lugares los desechos de la minería y la agricultura contaminan dichas aguas y se pueden añadir a problemas como la insuficiente producción local de semilla de buena calidad, con características de acuerdo a las necesidades de los truchicultores, así como a la escasa infraestructura de plantas de procesamiento y frío post cosecha, el incremento en los costos de alimento balanceado y las condiciones difíciles de transporte y comunicaciones. Un importante avance constituye el Plan Nacional de Desarrollo Acuícola cuyos objetivos se orientan principalmente a incrementar la calidad, productividad y el volumen de producción acuícola comercializado a nivel nacional e internacional (Produce, 2009).

Por lo tanto, es de vital importancia que un cultivo de truchas cuente con ciertas condiciones de calidad y cantidad teniendo en cuenta una fuente de agua limpia, sin contaminación y con poco sedimento puesto que la calidad del agua depende de la temperatura, pH y el oxígeno del agua.

1.4.2.4.1. Generalidades

- La trucha arcoíris cuenta con índices de crecimiento alto que permiten obtener en algunos casos hasta dos cosechas anuales en tallas comerciales.
- La tecnología diseñada y adaptada para el cultivo de trucha arcoíris está plenamente dominada en todas sus fases, lo que asegura el éxito de las operaciones y una alta rentabilidad de las inversiones.
- El cultivo de la trucha no demanda necesariamente la construcción de estanquería o instalaciones costosas, se pueden emplear estanques rústicos que producen altos rendimientos y una elevada rentabilidad de las inversiones.
- La uniformidad en tallas y alta calidad de su carne hace de la trucha un producto muy atractivo para los mercados nacionales e internacionales.

- Uno de los factores que determina la cantidad de oxígeno presente en el agua, es la temperatura, puesto que cuanto más alta sea, menor será la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y mayor las exigencias de oxígeno de las truchas.

Por lo cual se puede decir que la trucha tiene exigencias muy altas de oxígeno, ya que, si no hay una buena cantidad de oxígeno disuelto en el agua, las truchas pueden enfermarse o morir, es así como la cantidad o el caudal de la fuente de agua debe medirse en la época seca, para conocer cuál es el mínimo caudal disponible, debido a que de este va a depender el número de truchas a cultivar.

1.4.2.4.2. condiciones de producción: el cultivo de la trucha se realiza comúnmente en sistema de monocultivo intensivo. Todo el ciclo puede realizarse en instalaciones en tierra con aporte de agua dulce. Los peces más grandes pueden criarse en jaulas, en lagos o en el mar, es así como se debe contar con un suministro de agua constante y de calidad todo el año, por lo general de agua de río o de manantial., puesto que la captación de agua de los cauces naturales se construyen presas, cuya altura y diseño determinan la cantidad de agua a derivar teniendo en cuenta de que el agua discurre por un sistema de canales y estanques donde están confinados los peces, y finalmente, es devuelta al río en un punto de vertido donde conviene que el terreno tenga el máximo desnivel posible, eso ayudará a llenar los tanques por gravedad y a oxigenar el agua por medio de saltos y desniveles.

1.4.2.5. estanques de trucha: un estanque es un depósito cerrado de agua, sin corrientes, de un tamaño tal que puede ser utilizado para el cultivo controlado de peces. Los peces producidos en estanques son una fuente de proteína y pueden proveer ganancias para los agricultores. Peces como las tilapias y las carpas se cultivan fácilmente y se obtienen buenas producciones si se sigue un plan de manejo adecuado. es así como el tamaño del estanque por lo general está limitado por la topografía del terreno, la disponibilidad de insumos y los costos de construcción. No se recomienda construir estanques menores de 100 m² de superficie, tampoco se recomienda construir estanques mayores a una hectárea ya que son costosos de construir y difíciles de manejar. El lugar seleccionado para la construcción del estanque tiene que estar libre de inundaciones y puede quedar lo suficientemente cerca de otras actividades de la granja, de tal forma que el agua del estanque

pueda ser utilizada en bebederos de animales, en irrigación suplementaria de huertos o para diversas actividades. Los valles de pequeño tamaño, con pendientes 3 graduales a los lados y con áreas planas en los llanos o laderas, son sitios comunes para estanques.

Asimismo, el caudal que llega a los estanques es fundamental, debido a que este se encuentra relacionado directamente con el nivel de oxígeno disponible para las truchas y con la densidad de carga, donde el tamaño de los estanques dependerá de las necesidades del productor.

1.4.2.5.1. Tipos de tanques

Estanques de alevinaje: Los estanques para alevinaje pueden ser contruidos de bloque, cemento o de tierra excavados en el suelo. Es recomendable que cuenten con alguna protección contra rayos solares, usando un techo de plástico o lámina de zinc. La forma de estos estanques es variable, siendo el rectangular y el circular los diseños más usados ya que tamaño de los estanques dependerá de las necesidades del productor. Sin embargo, la altura del agua en cualquiera de ellos, debe estar entre 60 y 80 centímetros, teniendo en el fondo una pendiente de 2 a 3%. en cuanto a las entradas y salidas del agua, se pueden usar los mismos sistemas que se usan para estanques de engorde.

Estanques de engorde: Los estanques suelen ser rectangulares y de hormigón, excavados en el suelo. La longitud, ancho y profundidad dependerá del aprovechamiento del terreno, pero suele buscarse una profundidad de un metro aproximadamente para facilitar el manejo.

Estanques en serie: Se construyen uno a continuación de otro para mejor aprovechamiento del agua. Entre estanques se necesita un salto o algún método de reoxigenación del agua.

Estanques en paralelo: Se adosan unos a otros por los laterales. Son los que más frecuentemente se utilizan, ya que aprovechan muy bien el espacio.

Por ende, los tipos de estanques deben estar bien diseñados, donde pueda haber recambio del agua y buena oxigenación, permitiendo así tener una buena calidad del agua, favoreciendo así el buen crecimiento de las truchas, previniendo la aparición de enfermedades y facilita la cosecha.

1.4.2.5.2. tecnologías utilizadas: red de sensores con tecnología IoT para medir pH, oxígeno, temperatura y turbidez ya que es necesario tener en cuenta el volumen de agua requerido a ser utilizado en la infraestructura inicial y proyectarse a futuros planes de expansión. Se debe asegurar el máximo caudal de agua en época de sequía, y un flujo de agua constante para mantener llenos los estanques de la unidad productiva, permitiendo renovaciones diarias necesarias o programadas, para lograr una producción sostenible durante todo el año. Es importante el cálculo de las

renovaciones de agua por hora, la cual tendrá una equivalencia en biomasa producida, a mayor cantidad de agua por el canal principal, mayor será la producción que se obtenga.

Por ello es importante los sensores con tecnología IoT ya que, en la acuicultura, para monitorear el crecimiento de los peces y el control de sustancias presentes en el agua, con el objetivo de mantener parámetros ideales que no afecten la calidad del recurso hídrico y la supervivencia y desarrollo de las especies producidas.

1.4.2.6. IoT

El Internet de las cosas o IoT, se refiere a la red colectiva de dispositivos conectados y a la tecnología que facilita la comunicación entre los dispositivos y la nube, así como entre los propios dispositivos. Gracias a la llegada de los chips de ordenador de bajo coste y a las telecomunicaciones de gran ancho de banda, ahora tenemos miles de millones de dispositivos conectados a Internet, incluyendo cualquier cosa que pueda conectarse a internet para enviar y recibir datos, gracias al uso de los sensores.

1.4.2.6.1 arquitectura IoT: la arquitectura de IoT es un sistema de elementos constituyentes, estructura de red y tecnologías de nube que funcionan de conformidad con los protocolos y estándares de seguridad de IoT establecidos. Además, se distinguen los dispositivos y sensores de las capas de la arquitectura del Internet de las Cosas (IoT) para rastrear la consistencia de un sistema a través de protocolos y puertas de enlace. Los investigadores han propuesto diferentes arquitecturas y todos podemos estar de acuerdo en que no existe un consenso único sobre la arquitectura para IoT. La más básica es una arquitectura de tres capas. (Guinea, 2022).

Las tres capas diferentes son, a saber, las capas de percepción, red y aplicación:

- La capa de percepción es la capa física, que incorpora sensores para detectar y recopilar información sobre el entorno. Detecta algunos parámetros físicos o reconoce otros objetos inteligentes en el entorno.
- La capa de red es responsable de la correlación con otras cosas inteligentes, dispositivos de red y servidores. Sus características también se utilizan para transmitir y procesar datos de sensores.

- La capa de aplicación es efectiva para brindar servicios específicos de la aplicación al usuario. Define varias aplicaciones en las que se pueden implementar los servicios de IoT

1.4.2.6.2. sensores para la medición de pH, temperatura y oxígeno: una medición de pH depende de la temperatura. Según la temperatura y el pH de una muestra, puede haber un factor de error. Si está buscando una medición de pH de alta precisión en aplicaciones con temperaturas extremas, entonces el mejor sensor de pH para su aplicación incluirá una integración de temperatura. A menudo, los sensores de pH de laboratorio se ofrecen con sensores de temperatura integrados para este propósito. Al seleccionar una sonda con compensación automática de temperatura (ATC), también debe considerar si su medidor de pH aceptará un elemento de temperatura y si el elemento de temperatura del sensor de pH coincide con el del medidor. Los sistemas de monitoreo de temperatura variable, pH y oxígeno disuelto en un proceso de piscicultura son importantes para la sostenibilidad y viabilidad de las poblaciones de peces para producir, de tal forma que los datos son recolectados de manera remota y en tiempo real. Las variables de estado se establecen de acuerdo a los rangos definidos por la especie a producir. La estructura del sistema se da en tres módulos: el primero compuesto por sensores que capturan los valores y un dispositivo que convierte y envía la variable recibida del sensor. El segundo es el destinatario de los datos, que los realiza y visualiza en una interfaz gráfica. Y el almacenamiento del estanque de adquisición de datos históricos se realiza en una EEPROM de Arduino. El tercer módulo se encarga de enviar alertas en un mensaje de texto a través de un módem GPRS. La evaluación indica la confiabilidad del sistema y la eficiencia de la información.

1.4.2.6.3. Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de generar fuerza a partir de energía líquida, eléctrica y gaseosa. Los actuadores reciben comandos de un regulador o controlador y proporcionan la salida necesaria para activar el elemento de control final, como una válvula. Pueden ser hidráulicas, neumáticas o eléctricas. Los actuadores hidráulicos se utilizan cuando se requiere energía, los neumáticos son de posicionamiento simple. Sin embargo, los sistemas hidráulicos requieren demasiado equipo de potencia, así como un mantenimiento regular.

Por otro lado, la aplicación de modelos neumáticos también está limitada por la precisión y el mantenimiento. El trabajo realizado por los actuadores neumáticos puede ser lineal o rotativo por lo que el movimiento lineal se obtiene con cilindros de pistón (estos cilindros también proporcionan

varios ángulos de movimiento giratorio con actuadores de piñón y cremallera). También se encontró actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimiento combinado e incluso alguna transformación mecánica del movimiento para que parezca un tipo especial. Los actuadores eléctricos también se utilizan ampliamente en dispositivos mecatrónicos como los robots donde servomotores de CA sin escobillas se utilizarán como actuadores de posicionamiento de precisión en el futuro debido a la necesidad de operar sin tanto tiempo de mantenimiento.

Por lo anterior se puede decir que los actuadores son una excelente opción para facilitar la gestión de los sistemas eléctricos sobre accionamientos o mecanismos, ya que posee autorregulación, con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

1.4.2.6.4. Sistemas de procesamiento

Diseño robusto

ESP32 es capaz de funcionar de forma fiable en entornos industriales, con una temperatura de funcionamiento que oscila entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alimentado por circuitos de calibración avanzados, ESP32 puede eliminar dinámicamente las imperfecciones del circuito externo y adaptarse a los cambios en las condiciones externas.

Consumo de energía ultra bajo

Diseñado para dispositivos móviles, dispositivos electrónicos portátiles y aplicaciones IoT, ESP32 logra un consumo de energía ultra bajo con una combinación de varios tipos de software patentado. ESP32 también incluye características de última generación, como activación de reloj de grano fino, varios modos de potencia y escalado dinámico de potencia.

Alto nivel de integración

ESP32 está altamente integrado con interruptores de antena incorporados, balun de RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía. ESP32 agrega funcionalidad y versatilidad invaluable a sus aplicaciones con requisitos mínimos de placa de circuito impreso (PCB).

Chip híbrido Wi-Fi y Bluetooth

ESP32 puede funcionar como un sistema independiente completo o como un dispositivo esclavo de una MCU anfitriona, lo que reduce la sobrecarga de la pila de comunicación en el procesador

de la aplicación principal. ESP32 puede interactuar con otros sistemas para proporcionar funcionalidad Wi-Fi y Bluetooth a través de sus interfaces SPI/SDIO o I2C/UART

1.4.3. Marco conceptual

Para la correcta fundamentación teórica del proyecto se tienen en cuenta diferentes conceptos relacionados con la temática general: temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, , entre otros de la siguiente forma:

La temperatura: es una magnitud física que refleja la cantidad de calor ya sea de un cuerpo, un objeto o del ambiente. Está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura) que hace referencia al nivel del calor de un cuerpo.

Se utilizan tres unidades de medida como: (S. Quast y O. Kimberger, «DRAGER,» Dragerwerk AG, 2016.)

- Grados Fahrenheit (°F) del sistema inglés,
- Grados Kelvin (K) del sistema Internacional
- Grados Celsius (°C) unidad derivada de los Kelvin

Por lo tanto, la temperatura es la variable determinante más importante para los cultivos, pero también la más difícil de controlar. Cada especie tiene un rango óptimo para el crecimiento y desarrollo normal. Comprensión estadística de los cambios de temperatura a lo largo del día, mínimo 3 registros; en la mañana, luego al mediodía y al final de la tarde para obtener el comportamiento de la temperatura diaria. El rango de temperatura permisible del agua para el crecimiento de la trucha fluctúa entre 11 y 18 °C, pero el rango óptimo es de alrededor de 15 °C, las temperaturas del agua por debajo del rango óptimo prolongarán el crecimiento y las temperaturas del agua por encima del rango óptimo acelerarán el desarrollo. a la mesa, el engorde se vuelve difícil porque el estrés puede enfermar a los peces

La turbidez: es causada por partículas suspendidas en el agua, generalmente arrastradas desde el suelo o de la vegetación adyacente, así como de organismos planctónicos, que pueden generar una disminución en la absorción de oxígeno por parte de las truchas, puesto que sus branquias se

ven afectadas presentando problemas branquiales y que pueden dar origen a infecciones, debido a que cuando las branquias de los peces son expuestas al contacto con las partículas suspendidas, se irritan fácilmente ya que se dificulta el pasó del oxígeno a través de ellas. En términos de productividad, la turbidez causa una reducción en la tasa de crecimiento de las truchas. Por otro lado, la turbidez impide la visión de los peces para hallar su alimento cuando se dirigen a él con su vista (G. Aquino, 2008).

PH: El potencial de hidrógeno es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. El pH se expresa a través de una escala que va de 0 a 14 . El valor 7 corresponde a un agua neutra, si su pH es inferior a este valor es ácida, y de ser superior es alcalina. Es importante que se conozca no sólo el valor de pH, sino la estabilidad o inestabilidad del mismo, ya que cambios bruscos de pH son perjudiciales para las especies debido a que puede presentarse enfermedades o afecta en su crecimiento.

Por ello el potencial de hidrogeno actúa como regulador de la actividad metabólica de la trucha, en efecto el nivel neutro es 7, porque la excesiva variación de este parámetro sería perjudicial en el cultivo trucha, si el nivel de pH es menor a 6.5 puede producir hemorragias en las branquias de las truchas y causar muertes.

✓ Etapas de desarrollo de las truchas

Ova: La primera etapa denominada Ova son los huevos fecundados que entran en estado de incubación y luego eclosionan para convertirse en larvas.

Alevinos: son peces que aproximadamente en el rango desde 3 cm a 14 cm como se observa en la figura, que están listos para su distribución, es una de las etapas más importantes porque su velocidad desarrollo depende de ésta.

Juveniles: se encuentran en el cuarto mes desde su eclosión, a partir de esta etapa los peces son más resistentes a enfermedades lo que disminuye su mortalidad.

Trucha de engorde: En la etapa de trucha de engorde, estas se encuentran listas para su distribución y comercialización, como se observa en la figura.

✓ Sistema de cultivo en estanques

El sistema de cultivo en estanques se basa en el desarrollo de estanques de agua dulce Mantener e intercambiar líquidos y rendimientos de pescado para su comercialización. El diseño y construcción adecuados de estos estanques es reproducción de estos peces.

Estanques: son estructuras diseñadas y construidas según las especificaciones permitidas. La piscicultura eficiente también depende de la topografía, la calidad de la tierra, La cantidad de agua a tratar y según estos parámetros, estanque. A menudo se utilizan en ríos, lagos, Embalses y presas con buenas condiciones para el cultivo de truchas.

Características:

Las características principales para la instalación de los estanques son:

- Paredes del estanque o dique que retienen el agua.
- Tuberías o canales permiten que el agua entre y salga.
- Dispositivos de regulación del agua que controlan el nivel o caudal del agua.
- Presencia de olas débiles que favorezcan la oxigenación del agua.
- Profundidad de los estanques es de 3.5 a 4 metros aproximadamente.
- Ausencia de plantas acuáticas y algas en el sitio de los estanques

Sistema de abastecimiento de agua: el sistema de abastecimiento de agua es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados para conducir el líquido desde un arroyo o río hacia un estanque. En el sistema de abastecimiento de agua consiste en tres componentes.

- Bocatoma
- Canal de derivación
- Ingreso de agua al estanque

1.4.4 Marco contextual

El valle de Sibundoy se ubica en el suroccidente de Colombia en las estribaciones del macizo colombiano en la región andino-amazónica, al noroccidente del departamento del Putumayo. Posee una extensión de 526 km² de los cuales 8500 corresponden a zonas planas y 44100 ha a zonas de ladera y montaña. Este territorio limita al norte con los cerros Cascabel y Juanoy, hacia el occidente

con los cerros de Bordoncillo y Campanero, hacia el sur con el volcán Patascoy y hacia el oriente con los cerros Portachuelo y la Tortuga.

Aquí se encuentran los municipios de Santiago, Colón, Sibundoy san francisco hace parte de la gran cuenca hidrográfica del río Amazonas, al ser partes altas el río Putumayo recoge las aguas que recorren el valle de Sibundoy.

Demografía y población

La población total del valle de Sibundoy es de 33 282 habitantes, los cuales descienden en su mayoría de las naciones indígenas que habitaban la región antes de la conquista española (kamsá e inga). Al tratarse de la frontera septentrional del Imperio inca, en la zona se desarrolló un importante movimiento comercial, especialmente con lo relacionados con plantas medicinales. Por esta causa, el valle es actualmente un sitio de interés para la medicina tradicional.

Municipios del Valle de Sibundoy.

Santiago

Según el DANE, hay 33 282 personas en el valle de Sibundoy de los cuales

10 428 habitantes corresponden al municipio de Santiago por una cultura definida de los campesinos de otros lugares del país en su gran mayoría abarca a los nariñenses. Cuenta con 26 microcuencas, que desembocan en la subcuenta del río Quinchao. En cuanto a los pueblos indígenas del municipio de Santiago ahí hay un gobernador indígena inga, el cual se encarga de todas sus poblaciones y de los encuentros indígenas que se realicen en Santiago.

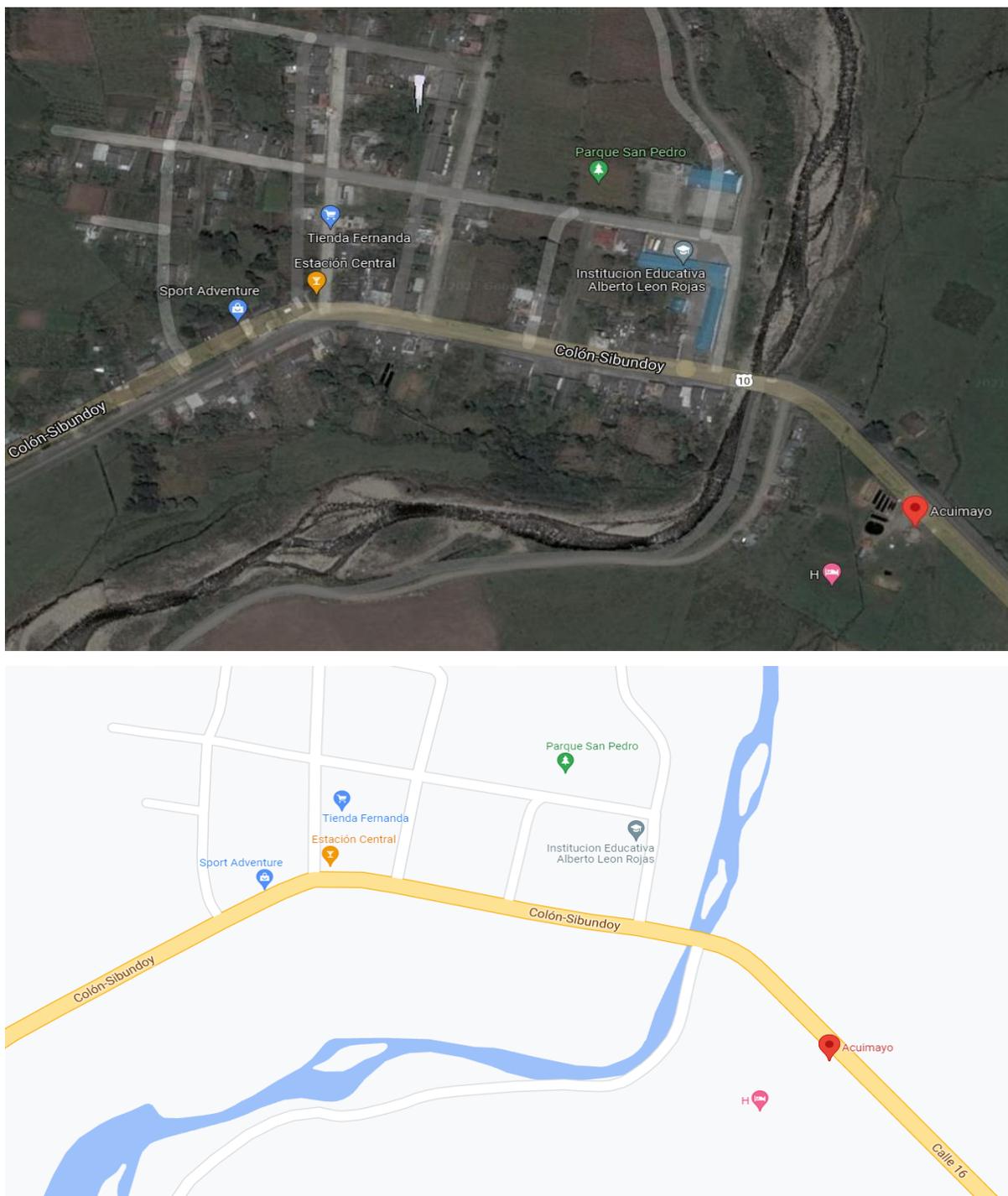
Es uno de los municipios más pequeños en el valle de Sibundoy tiene unos tres mil doscientos setenta y seis habitantes, de los cuales el 63% son colonos y el restante de la población sobrante pertenece al pueblo inga. En la localidad hay 27 ríos y quebradas y esta riqueza los destaca entre los demás municipios del valle de Sibundoy, siendo un lugar del turismo local, pues además cuenta con un centro recreacional (centro cultural ambiaku) caracterizado por sus aguas termales.

Sibundoy

Es el mayor asentamiento del valle, con una población de 15 473 habitantes. Es tradicionalmente un territorio kamsá, que aún conserva sus tradiciones y lengua. Es la capital cultural del Putumayo, en su plaza se distinguen varias esculturas en torno a la planta del yagé. Además, posee bellas construcciones como el colegio Champagnat y su catedral, además de otras pequeñas iglesias. Sibundoy es el mayor punto de movimiento comercial del valle, en donde también hay restaurantes

y pequeños hoteles. Un 40% de sus habitantes pertenecen a los grupos indígenas arraigados en la zona. Es la capital cultural del putumayo.

Figura 5
Mapa físico valle de Sibundoy (Acuimayo).



1.4.5. Marco legal

Ley No. 13 DEL 15 DE ENERO DE 1990. Por la cual se dicta el Estatuto General de Pesca

Artículo 1: El objeto de esta ley es regular la gestión integral y el desarrollo y aprovechamiento. Hacer un uso racional de los recursos pesqueros para asegurar su uso sostenible.

Artículo 2 Los recursos biológicos acuáticos son de dominio público del estado en aguas territoriales, zonas económicas exclusivas y aguas continentales. Por lo tanto, el estado tiene la responsabilidad de administrar, promover y controlar las actividades pesqueras.

Artículo 3: Declarar las actividades pesqueras para servicios públicos e intereses sociales. Conócete a sí mismo a través del proceso de actitud pesquera, incluida la investigación, extracción, cultivo, procesamiento y comercialización de recursos pesqueros.

Artículo 4: El Estado promoverá una mayor participación de los colombianos en las actividades Pesca, determinar las restricciones y métodos que pueden ejercer los extranjeros.

Es necesario y comienza a surgir dentro de la política colombiana estrategias que busquen incrementar la capacidad del país en identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento científico y tecnológico, con el propósito de mejorar la competitividad, y contribuir a la transformación productiva del país.

Resolución 711 de 2016: En dicha resolución se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio de Colombia, “conforme a lo dispuesto en el artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, los parámetros técnicos, modos de operación en las bandas, aplicaciones, bandas restringidas, límites generales para radiadores intencionales y las excepciones a los límites generales.”

Resolución 64 de 2016 del ICA: En esta resolución “se establecen requisitos para obtener el registro pecuario de los establecimientos de acuicultura ante el ICA” a personas naturales o jurídicas propietarias, poseedoras o tenedoras de establecimientos de acuicultura en el país.

Resolución 601 de 2012 de la AUNAP: Resolución de la AUNAP en la que “se establecen los requisitos y procedimientos para el otorgamiento de permisos, autorizaciones, patentes de pesca, prórrogas, modificaciones, aclaraciones, cancelaciones y archivo de expedientes para el ejercicio de la actividad pesquera y de la acuicultura, se adoptan otras medidas para el cumplimiento de los objetivos y funciones de la AUNAP.”

Resolución 602 de 2012 de la AUNAP: Resolución de la AUNAP en la que “se establece el valor de las tasas y derechos por el ejercicio de la actividad acuícola y pesquera”

El Decreto N° 2811 de 1974 y La Ley N° 13 de 1990 definen la acuicultura como “el cultivo de organismos hidrobiológicos con técnicas apropiadas, en ambientes naturales o artificiales, y generalmente bajo control”

La AUNAP fue creada en 2011 como una Unidad Administrativa Especial adscrita al MADR. Bajo el Decreto N° 4181 de 2011, la AUNAP tiene como objetivos “ejercer la autoridad pesquera y acuícola de Colombia, adelantando los procesos de planificación, investigación, ordenamiento, fomento, regulación, registro, información, inspección, vigilancia y control de las actividades de pesca y acuicultura, aplicando las sanciones que haya lugar, dentro de una política de fomento y desarrollo sostenible de los recursos pesqueros”. Por lo tanto, la AUNAP es la entidad que opera a nivel nacional bajo el manto del MADR, y se encarga de la administración y ejecución general de la política pesquera que formula el MADR. La AUNAP también se encarga del otorgamiento de autorizaciones, permisos, licencias y concesiones de pesca y acuicultura.

El Codex Alimentarius fue establecido conjuntamente por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1963. A través de sus normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias voluntarias, el Codex contribuye a la seguridad alimentaria en conexión con el comercio internacional. El Codex genera varios instrumentos con estándares en varios campos de los alimentos. Más específicamente, en relación a la acuicultura el “Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros” es de especial relevancia. B. Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP)

Conpes 3582: Establece que la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTeI) como fuente de desarrollo y crecimiento económico. Utilizar esta vía de desarrollo requiere de una política de Estado con estrategias que incrementen la capacidad del país para generar y usar conocimiento científico y tecnológico. Este documento contiene la política del Estado colombiano.

1.5. METODOLOGÍA

1.5.1. Tipo de investigación

Este proyecto de grado se basa en el tipo de investigación aplicada, ya que se centra en implementar una red de sensores utilizando la tecnología IoT de esta manera resolver los problemas específicos y encontrar soluciones para reducir la mortalidad en ovas y alevinos en la microempresa Acuimayo.

1.5.2. Línea y sublínea del grupo de investigación

Este proyecto de grado está vinculado a la línea de diseño y desarrollo tecnológico del grupo de investigación GRIM, del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mariana, específicamente en el área de procesos productivos de esta manera reducir la mortalidad en ovas y alevinos, aplicando la metodología de campo.

Por lo tanto, el objetivo general es implementar un sistema para el monitoreo de las variables en un proceso de cultivo de truchas, utilizando herramientas tecnológicas de Arduino para mejorar la calidad de vida de ovas y alevinos, se seleccionan 3 tanques para la prueba piloto e implementación del sistema, los cuales contarán con sensores análogos y digitales para la medición de las variables de temperatura del agua y ambiente, humedad relativa, oxígeno disuelto, pH, amonio, dióxido de carbono y turbidez.

1.5.3. Hipótesis de la investigación

El sistema de monitoreo IoT permite medir variables en tiempo real como temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez del agua de los estanques de trucha garantizando las condiciones adecuadas en el proceso de producción.

1.5.4. Descripción metodológica

En esta fase inicial se comienza realizando una entrevista semiestructurada para de esta manera recopilar información sobre los datos de mortalidad de ovas y alevinos en la empresa Acuimayo, e información científica relacionada con la crianza y cuidado de trucha arco iris.

Para la metodología de diseño y desarrollo de este proyecto sistema de monitoreo de variables en las etapas de ovas y alevinos en la producción de trucha, se propone implementar un plan de trabajo que contempla 4 fases.

Fase 1: Entrevista semiestructurada:

En esta fase se recopila información acerca del manejo y crianza de la trucha arcoíris ya que ofrece un grado de flexibilidad aceptable, puesto que mantiene la suficiente uniformidad para alcanzar interpretaciones acordes con los propósitos del estudio, donde el entrevistador se enriquece de conocimientos que son de grata importancia para poder dar paso al desarrollo del proyecto.

Fase 2: Selección de la red de sensores para medir temperatura, oxígeno, pH y turbidez

En esta fase se ha hecho una investigación de la tecnología Iot y sensores que actualmente se encuentran en el mercado teniendo en cuenta sus costos y beneficios y a partir de ello se realiza este proceso de selección teniendo en cuenta las características que el proyecto exige y la tecnología de los sensores que requiere la microempresa Acuimayo.

Fase 3: Implementación de red de sensores con tecnología Iot

En esta fase se pretende implementar la red de sensores con tecnología Iot para de esta manera generar alarmas de prevención con cambios en las variables en los rangos no deseados que afecten al desarrollo de los cultivos de trucha y así reducir la mortalidad en ovas y alevinos con ello también las pérdidas económicas de la microempresa.

Fase 4: Analizar los datos obtenidos de las variables

En esta fase es fundamental contemplar los resultados obtenidos de las causas de la mortalidad en etapas tempranas haciendo así un respectivo análisis que sea detallado para un mejor crecimiento en la trucha arcoíris.

1.5.5. Validez de la investigación

En el proyecto de grado, la validación de los sensores desempeña un papel importante para asegurar la confiabilidad y aplicabilidad de los resultados y de esta manera garantizar que los sensores midan con precisión las variables que se pretende medir, llevando a cabo un proceso de validación donde abarca tanto la validez interna como la externa.

1.5.5.1. Validez interna.

En el proceso de validación de los sensores de oxígeno, temperatura, pH y turbidez se llevó a cabo una comparación exhaustiva de las mediciones obtenidas y las mediciones tomadas por el equipo multiparámetro en el laboratorio de química de Alvernia perteneciente a la Universidad Mariana. Este equipo multiparámetro se utiliza para medir el oxígeno disuelto en mg/l, así como la temperatura y el pH. Además, para validar la medida de turbidez se utilizó un equipo turbidímetro de referencia.

Figura 6

Equipo multiparámetro y turbidímetro



Estas comparaciones se realizan bajo condiciones controladas y en diversas situaciones para abordar la validez interna de estudio.

Los resultados de estas comparaciones revelan que las mediciones de los sensores indican un mínimo error en relación con las mediciones tomadas por el equipo multiparámetro y el equipo turbidímetro en el laboratorio de química de Alvernia es así como este error mínimo respalda la

validez interna de los sensores y sugiere que las mediciones son consistentes y precisas en un contexto relevante y representativo. Por esta razón el análisis estadístico de estos datos de validación respalda aún más la confiabilidad de los sensores en la medición de las variables de temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez en el entorno específico.

Figura 7

Datos con sensores y equipos



Figura 8

Adquisición de datos con sensores y equipos



Fuente: Este proyecto,(2023)

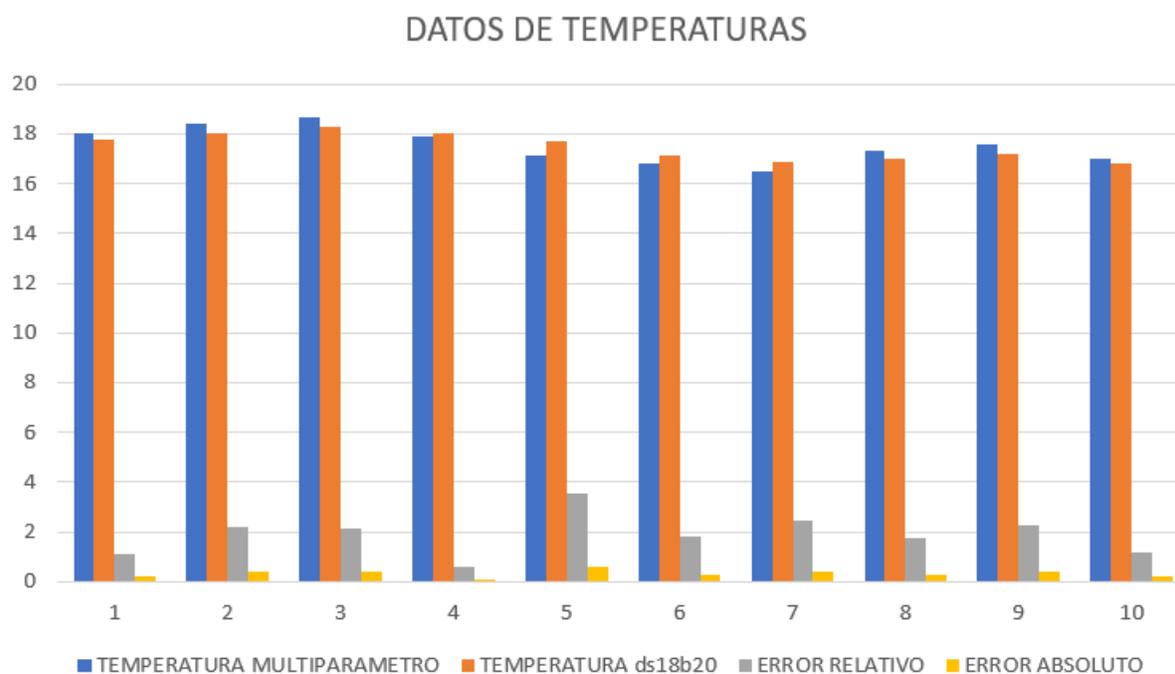
La siguiente tabla compara las mediciones de temperatura obtenidas mediante el sensor DS18B20 arrojando los diferentes valores, utilizado como referencia en el laboratorio.

Tabla 4

Datos de Temperatura

Muestra	Temperatura Multiparámetro	Temperatura DS18B20	Error Relativo	Error Absoluto
1	18	17.8	1.11	0.2
2	18.4	18	2.17	0.4
3	18.7	13.3	2.14	0.4
4	17.9	18	0.56	0.1
5	17.1	17.7	3.51	0.6
6	16.8	17.1	1.79	0.3
7	16.5	16.9	2.42	0.4
8	17.3	17	1.73	0.3
9	17.6	17.2	2.27	0.4
10	17	16.8	1.18	0.2

En la figura 9 se presenta una comparación visual de las mediciones de temperatura obtenidas tanto del multiparámetro como del sensor DS18B20. Cada punto en la gráfica representa una lectura específica, permitiendo una evaluación rápida de las diferencias en ambos métodos de medición.

Figura 9*Análisis de temperaturas*

La tabla 5 presenta los datos recopilados tanto del multiparámetro como del sensor de pH SEN0161 donde estos valores proporcionan una visión detallada de las mediciones de pH realizadas durante la validación, permitiendo una evaluación comparativa entre ambos métodos de medición.

Tabla 5*Comparación de Mediciones de pH*

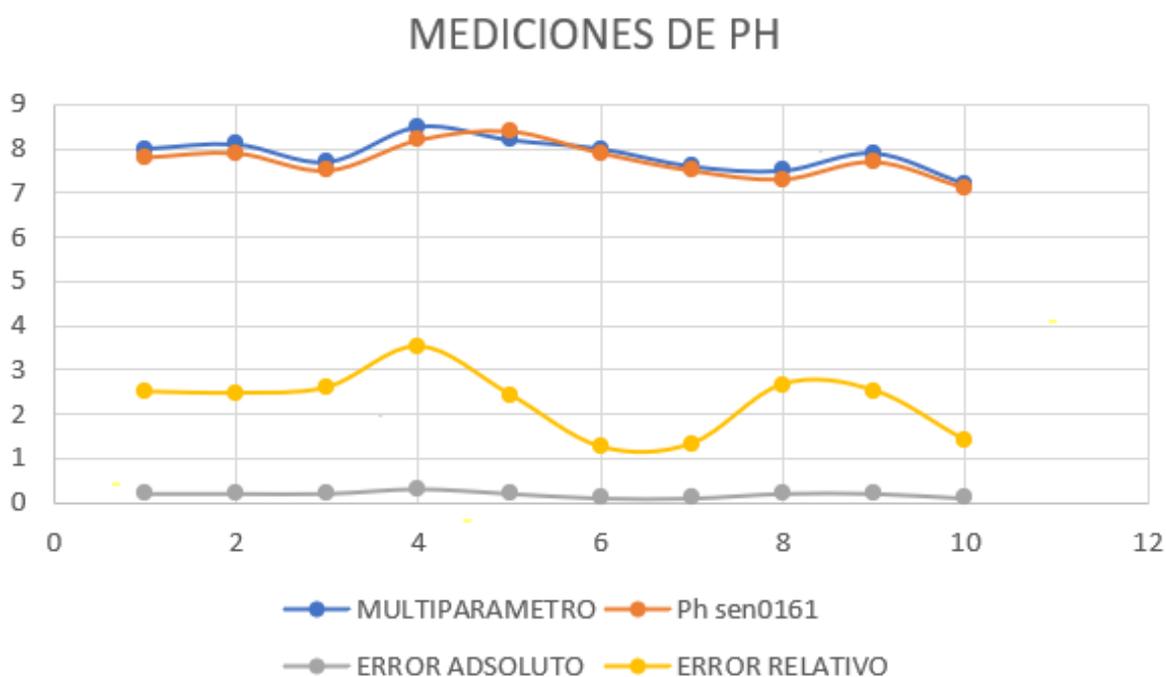
Muestra	pH Multiparámetro	pH SEN0161	Error Relativo	Error Absoluto
1	8	7.8	2.5	0.2
2	8.1	7.9	2.47	0.2
3	7.7	7.5	2.6	0.2
4	8.5	8.2	3.53	0.3

5	8.2	8.4	2.44	0.2
6	8	7.9	1.25	0.1
7	7.6	7.5	1.32	0.1
8	7.5	7.3	2.67	0.2
9	7.9	7.7	2.53	0.2
10	7.2	7.1	1.39	0.1

En la figura 10 a continuación visualiza de manera clara las mediciones de pH obtenidas tanto del multiparámetro como del sensor SEN0161. Cada punto representa una lectura específica, ofreciendo una representación visual de las diferencias entre ambos métodos de medición.

Figura 10

Análisis Comparativo de pH



La siguiente tabla presenta la comparación de los datos obtenidos del sensor de oxígeno disuelto y el multiparámetro por lo que estos métodos fueron empleados para medir los niveles de oxígeno en el agua, indicando los valores correspondientes de cada medición debido a que análisis busca evaluar la concordancia entre los resultados proporcionados por el sensor de oxígeno y el

dispositivo multiparámetro destacando la consistencia y precisión de ambos en la medición de esta variable crucial para la salud del entorno acuático.

Tabla 6

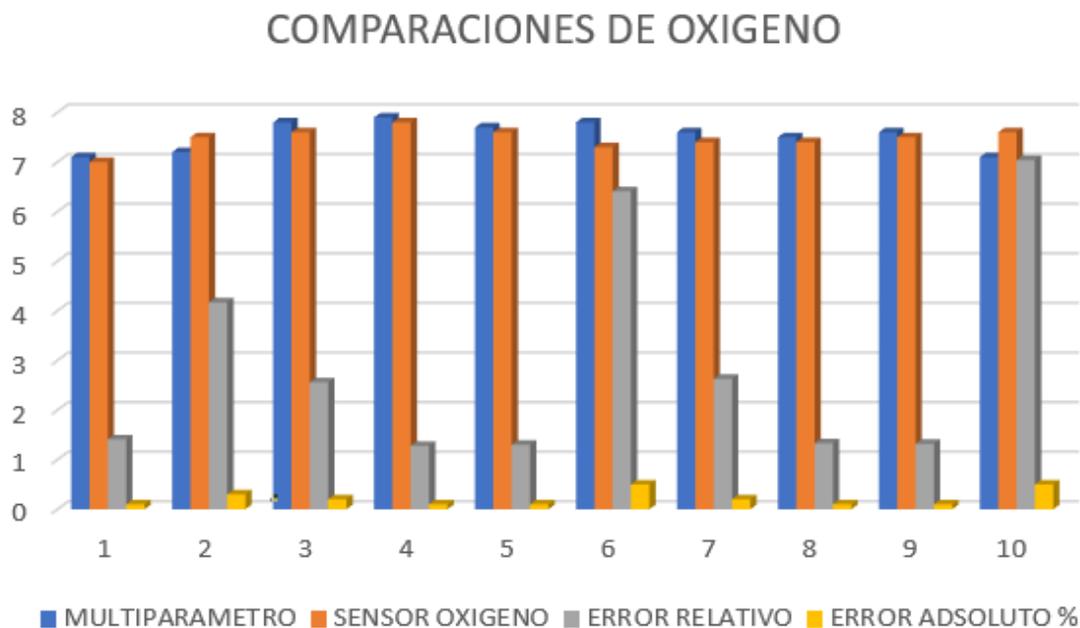
Comparación de Niveles de Oxígeno

Muestra	Oxígeno Multiparámetro	Sensor Oxígeno	Error Relativo	Error Absoluto
1	7.1	7	1.41	0.1
2	7.2	7.5	4.17	0.3
3	7.8	7.6	2.56	0.2
4	7.9	7.8	1.28	0.1
5	7.7	7.6	1.3	0.1
6	7.8	7.3	6.41	0.5
7	7.6	7.4	2.63	0.2
8	7.5	7.4	1.33	0.1
9	7.6	7.5	1.32	0.1
10	7.1	7.6	7.04	0.5

La figura 11 ilustra la comparación entre los niveles de oxígeno disuelto medidos por el sensor específico y el multiparámetro donde cada punto en la gráfica representa una medición individual, permitiendo visualizar la tendencia y la correspondencia entre ambos métodos de medición. Este análisis gráfico proporciona una representación visual clara de la relación entre los datos, contribuyendo a la evaluación de la confiabilidad y la precisión de los resultados obtenidos.

Figura 11

Comparativa de Oxígeno



La validación de la turbidez se ejecuta con muestras de agua proporcionadas por la microempresa Acuimayo.

Figura 12

Medición con agua destilada y agua de Acuimayo



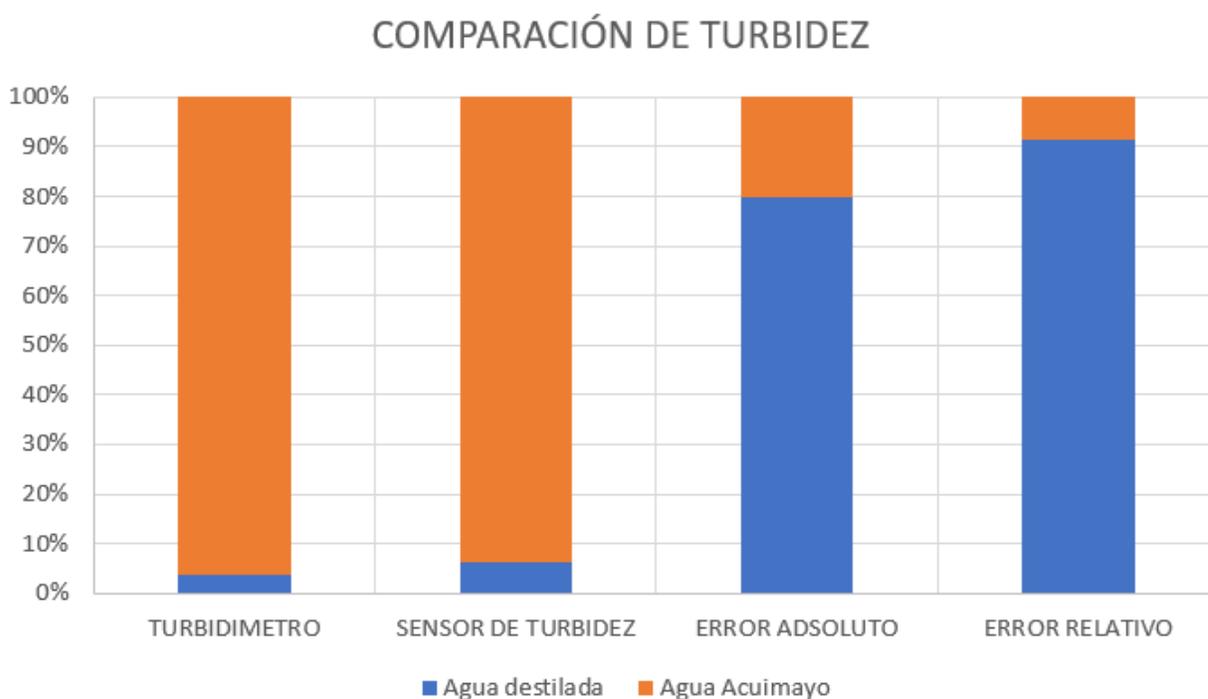
La tabla a continuación presenta una comparación entre las mediciones de turbidez obtenidas mediante el uso del turbidímetro, considerado como el estándar de referencia del sensor de turbidez. Cada conjunto de datos representa mediciones tomadas en condiciones similares, permitiendo una evaluación precisa de la capacidad del sensor para proporcionar lecturas consistentes y confiables en comparación con el equipo de referencia.

Tabla 7

Comparación de Mediciones de Turbidez

Muestra	Turbidímetro	Sensor Turbidez	Error Absoluto	Error Relativo
Agua destilada	0.10	0.19	0.9	90%
Agua de la Microempresa Acuimayo	2.68	2.91	0.23	8.58%

La siguiente figura presenta una comparación visual entre las mediciones de turbidez obtenidas mediante el turbidímetro y el sensor de turbidez. Es así como este análisis visual busca evaluar la concordancia y confiabilidad de los datos recopilados, resaltando cualquier discrepancia significativa entre ambas fuentes de medición.

Figura 13*Análisis de Concordancia entre Turbidímetro y Sensor de Turbidez.*

En el contexto de la acuicultura y la monitorización de la calidad del agua, se utiliza la medida estándar conocida como Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Las NTU representan la turbidez del agua, indicando la cantidad de partículas suspendidas presentes que afectan la claridad del medio acuático ya que esta medición se obtiene evaluando cuánta luz se dispersa en lugar de transmitirse a través del agua es así como un valor mayor en NTU señala una mayor turbidez lo cual puede ser fundamental para entender el entorno acuático y su influencia en la salud de los organismos acuáticos como lo evidencia del sistema de monitoreo implementado en el Estanque 16 de Acuímayo.

1.5.5.2. Validez externa.

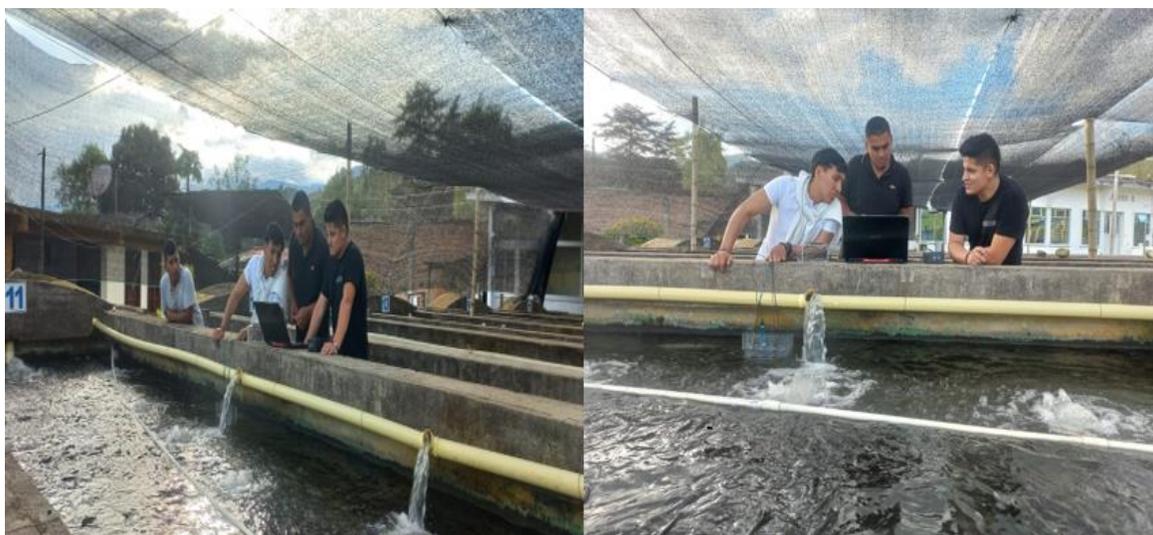
Para abordar la validez externa del proyecto de grado se considera varios elementos claves y estrategias adicionales de validación:

Durante la toma de muestras de agua y la validación de los sensores oxígeno disuelto, temperatura, pH y turbidez en colaboración con la microempresa Acuímayo asegurando que las

condiciones y características de las muestras sean representativas donde permita una extrapolación más precisa de resultados a situaciones similares.

Figura 14

Medición de variables con el propietario de Acuimayo



Se realiza mediciones y pruebas en diversas situaciones y escenarios para evaluar la capacidad de los sensores y de esta manera adaptarse a las diferentes condiciones. Esto respalda la validez externa al demostrar que son versátiles y aplicables en una variedad de entornos.

Por lo cual se utiliza equipos del laboratorio de química en Alvernia-Universidad Mariana para la correspondiente validación de los diferentes sensores, por ello al comparar los resultados con los datos obtenidos por equipos de laboratorio se fortalece la validez externa del proyecto ya que se demuestra que los sensores son relevantes y confiables en un contexto más amplio y reconocido.

Figura 15

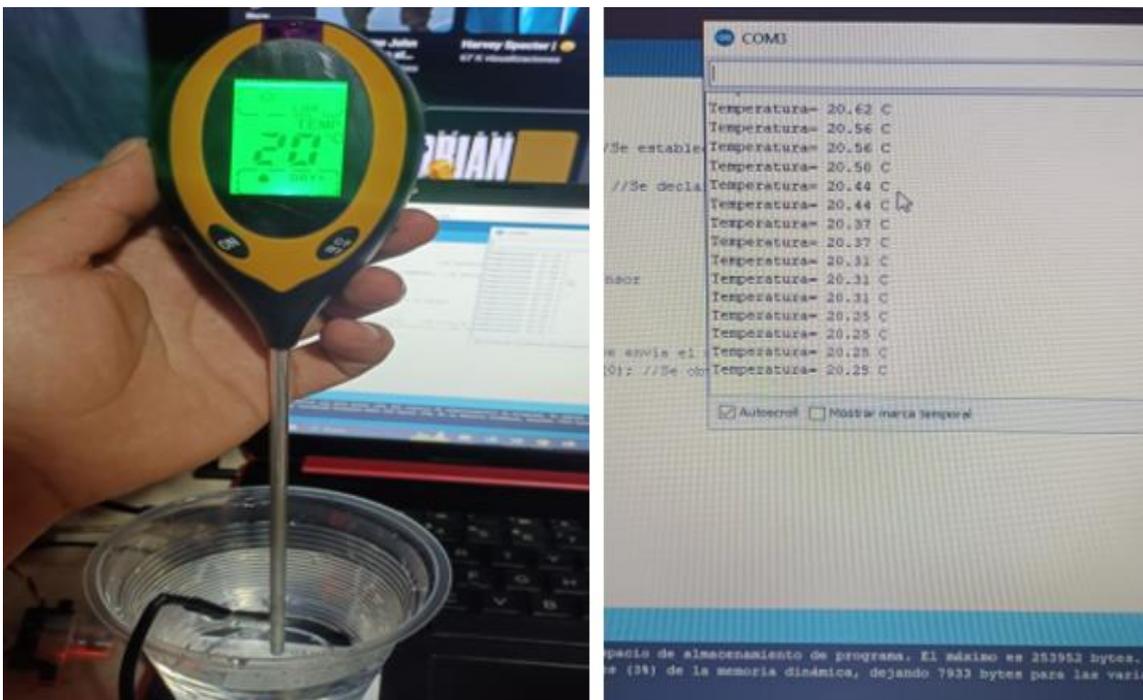
Comparando mediciones con equipos de laboratorio



Además, para la validación de la temperatura se utiliza un higrómetro de referencia es así como al comparar las mediciones se demuestra que son ampliamente aceptadas y confiables.

Figura 16

Corroboración con higrómetro



En la tabla se presenta la comparación de los datos de temperatura obtenidos mediante el sensor DS18B20 y el higrómetro, subrayando la concordancia entre ambas mediciones.

Tabla 8

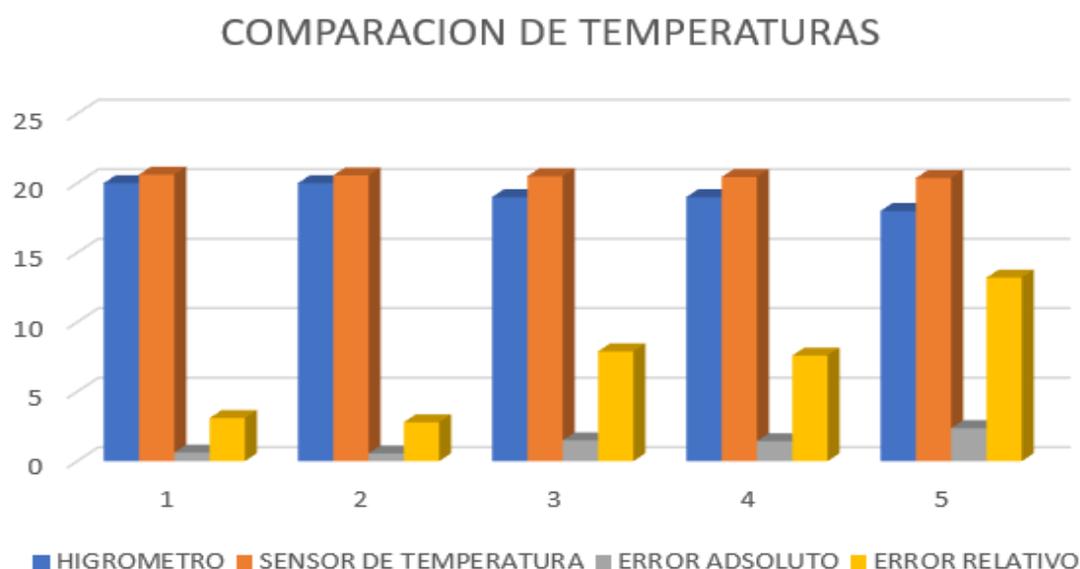
Datos de Temperatura medidos por el Sensor DS18B20 y el Higrómetro

Muestra	Temperatura Higrómetro	Temperatura DS18B20	Error Relativo	Error Absoluto
1	20	20.62	3.1	0.62
2	20	20.56	2.8	0.56
3	19	20.5	7.9	1.5
4	19	20.44	7.6	1.44
5	18	20.37	13.2	2.37

La gráfica 17 representa la comparación entre los datos de temperatura obtenidos mediante el sensor DS18B20 y el higrómetro, busca evaluar la concordancia entre ambos dispositivos en la medición de la variable de temperatura.

Figura 17

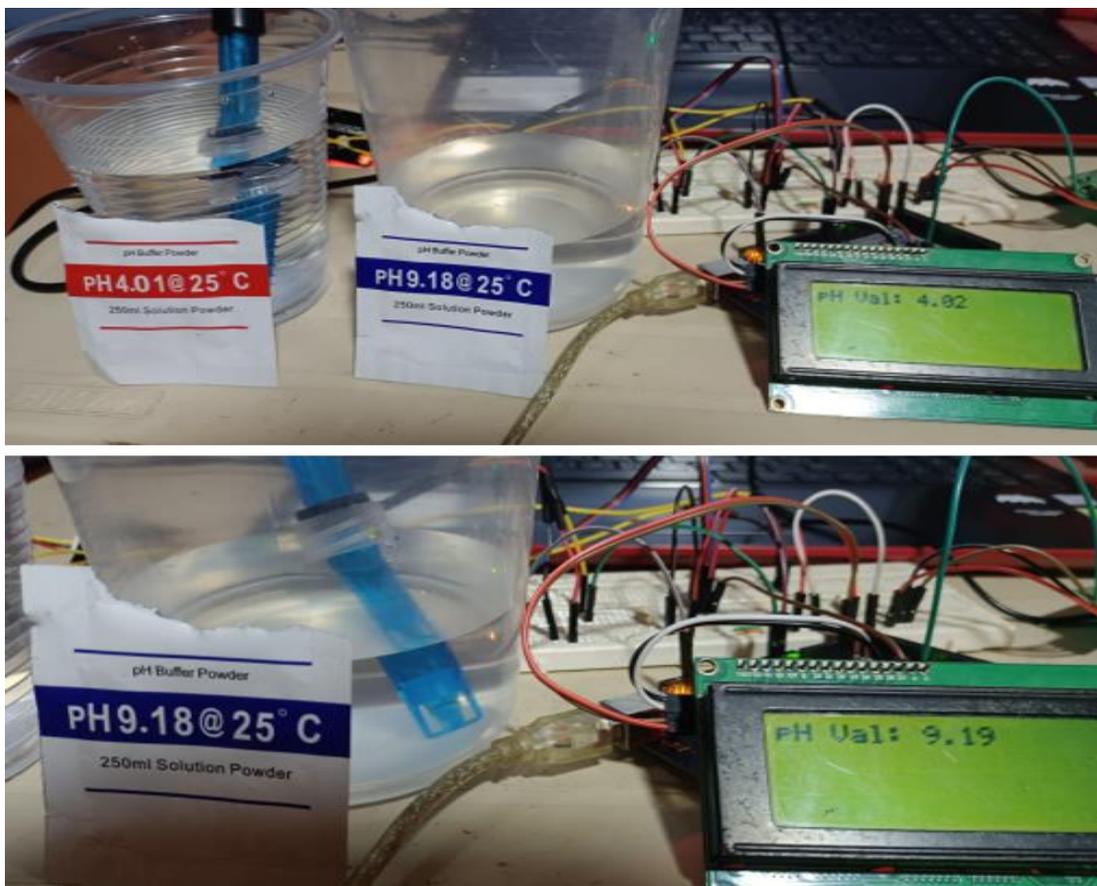
Comparación de Datos de Temperatura



Para la validación del pH se usa una solución en polvo estándar de calibración donde se garantiza que las mediciones de pH sean consistentes y confiables.

Figura 18

Validación de pH con solución en polvo

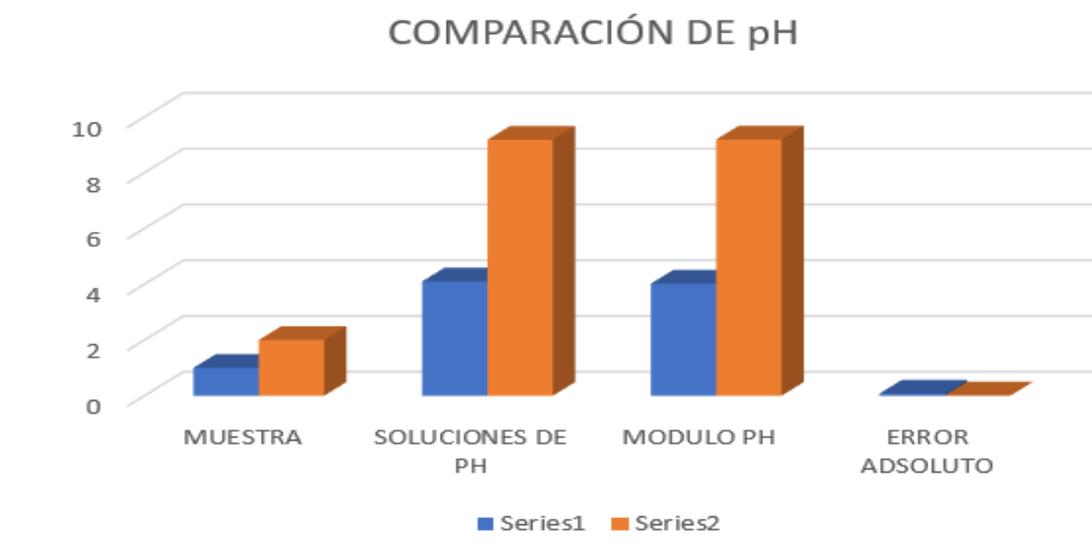


En esta tabla se presentan los datos obtenidos mediante el sensor de pH SEN0161, al medir soluciones estándar de calibración de esta manera los valores registrados por el sensor se comparan con los valores teóricos de las soluciones para evaluar la precisión y confiabilidad del sensor en la medición del pH.

Tabla 9*Comparación de Datos de pH*

Muestra	Soluciones pH	Sensor pH	Error Relativo	Error Absoluto
1	4.1	4.02	1.95	0.08
2	9.18	9.19	-0.11	0.01

La figura 19 ilustra la comparación entre los valores medidos por el sensor de pH SEN0161 y los valores teóricos de pH de las soluciones estándar de calibración. La representación visual permite evaluar la precisión y la consistencia del sensor en diferentes niveles de pH, brindando una visión clara de su desempeño en condiciones de laboratorio.

Figura 19*Desempeño del Sensor de pH frente a Soluciones Estándar*

Por ende, la combinación de estas estrategias fortalece aún más la validez externa del proyecto, permitiendo que los resultados se apliquen con confianza en diversas situaciones y entornos debido a que estas validaciones adicionales respaldan la relevancia y utilidad de los mismos.

2. RESULTADOS

2.1 Resultados de acuerdo a los objetivos

2.1.1. Resultado del primer objetivo

Para dar cumplimiento con el primer objetivo recopilar datos de mortalidad de alevinos en la empresa e información científica relacionada con la crianza y cuidado de trucha arco iris, fue de vital importancia realizar una entrevista al dueño de la microempresa Acuimayo para de esta manera tener más conocimiento sobre el manejo y crianza de truchas, es así como se lleva a cabo la siguiente encuesta.

Figura 20

Entrevista al propietario de la microempresa Acuimayo



Fuente: Este proyecto, (2023).

Tabla 10

Entrevista para recopilación de datos

Pregunta 1

¿Qué cantidad de ovas o huevos se compran al mes?

La cantidad de ovas que se adquiere depende de la época de ventas que va desde 50.000 a 150.000 unidades por cada siembra.

Pregunta 2

¿Como es la crianza y el cuidado de la trucha arcoíris?

Las ovas llegan a una temperatura de 3° a 5° en termos, el primer paso es desinfectar el laboratorio, luego se debe hacer la aclimatación por medio de recirculación donde va subiendo los grados a las ovas; este proceso dura de 8 a 10 horas, al momento de adquirir la temperatura deseada se pasa a bastidores donde este proceso se demora 15 días en absorber el saco vitelino, pasado los 15 días la larva flota; en ese momento se empieza a dar el alimento cada 20 minutos, después de 15 días más se pasa la larva a estanques donde se realiza un proceso de clasificación ya que algunos alevinos tienen mayor desarrollo que otros.

Pregunta 3

¿Cuáles son las enfermedades más comunes en la crianza de alevinos?

Las enfermedades más comunes que se presentan son las agallas, la diarrea y la flavobacteriosis.

Pregunta 4

¿Por qué son las causas de la deformidad en alevinos?

La deformidad se da en la parte ósea de las truchas, y la causa se debe al realizar un mal proceso de aclimatación.



Pregunta 5

¿cuál es el porcentaje de mortalidad de la empresa

Acuimayo en la actualidad?

El porcentaje de mortalidad en la empresa Acuimayo es del 5% a 10%.

Pregunta 6

¿De qué manera se clasifica la trucha en acuicultura?

La clasificación de la trucha en acuicultura es ova, larva, alevín, juvenil y adulto.

Ova



Larva



Alevín



Juvenil



Adulto



Pregunta 7

¿Qué variables se utiliza en la microempresa Acuimayo?

Las variables que se utilizan en la microempresa Acuimayo son: temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez.

Temperatura

El rango óptimo recomendado para el levante debe estar entre los 10 a 17 °C valiosa información recolectada por el dueño de la microempresa Acuimayo es así como se tiene en cuenta que los valores inferiores afectan el desarrollo y superiores aumenta la propagación de enfermedades.

Oxígeno disuelto

El valor de concentración de oxígeno recomendado debe ser superior a 5.5 mg/L. Valores inferiores ocasionan efectos de estrés, afectando el crecimiento y causando la muerte del pez.

pH

Se recomienda ambientes acuáticos con pH ligeramente alcalinos. El rango óptimo debe estar entre los 7,0 y 8,0. Valores superiores a 9,0 e inferiores a 6,0 pueden ocasionar enfermedades en las branquias que producen la muerte del pez.

Turbidez

Característica presentada en el agua cuando pierde su transparencia, debido a partículas en suspensión. Estas obstruyen el sistema respiratorio de los peces ocasionando enfermedades en las branquias y la muerte del pez.

La obtención de datos críticos para la implementación del sistema de monitoreo se lleva a cabo mediante la recopilación de información directa de la microempresa Acuimayo. Es por esta razón que la entrevista proporcionó una visión detallada de las operaciones y desafíos específicos en la, cría de trucha al optimizar las condiciones del entorno acuático es así como este enfoque integrado permite identificar de manera precisa las áreas de monitoreo, al contribuir significativamente a la reducción de la mortalidad de alevinos mediante la implementación de un sistema y personalizado.

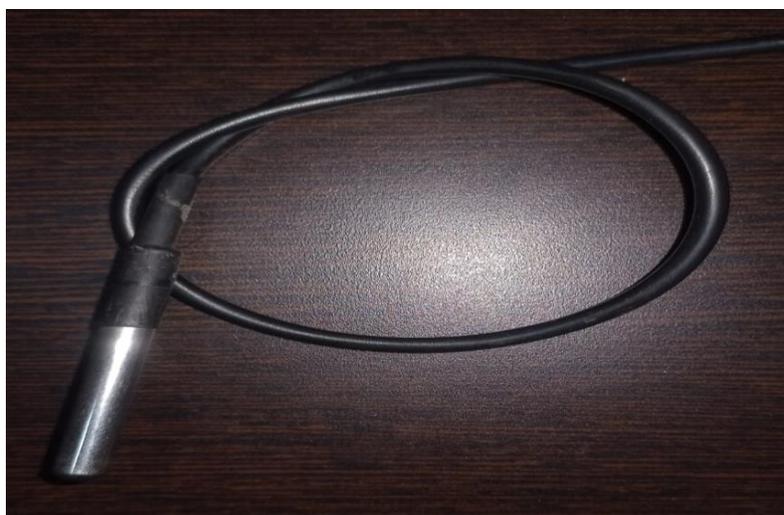
2.1.2. Resultado del segundo objetivo

Para dar cumplimiento con el segundo objetivo de diseñar el sistema de monitoreo de variables y control de oxigenación del agua, involucrando IoT y almacenamiento de datos para su respectivo análisis por lo cual se desarrolló mediante los siguientes sensores: temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto, permitiendo la captura de variables y la detección de anomalías en los parámetros, así de esta manera reducir la mortalidad en truchas de etapas tempranas.

Para la medición de la temperatura en los estanques de cría de truchas en Acuimayo, se optó por el sensor DS18B20 debido a sus notables ventajas técnicas, es por ello que este sensor digital se destacó por su alta precisión, resistencia al agua, interfaz digital compatible con sistemas como el ESP32, durabilidad y eficiencia energética. Estas características lo convierten en la elección ideal para obtener mediciones confiables y continuas en el entorno acuático, al contribuir con el monitoreo efectivo de las condiciones ambientales en la piscicultura.

Figura 21

Sensor DS18B20



El sensor el pH SEN0161 se caracteriza por su forma sencilla de calibración, notable durabilidad y asequibilidad, resaltando que es conocido porque brinda una respuesta eficaz frente a los cambios que se producen en el medio, su correspondiente, precisión, integración en sistemas como ESP32 sin contar su facilidad de uso y su forma de adaptarse al medio. Por lo que hace de este sensor un dispositivo altamente fiable y versátil para el registro preciso de información de pH. De esta

manera, se puede asegurar la obtención de resultados de alto nivel en diversos contextos investigativos al conseguir el logro de los objetivos planteados; donde lo convierte en una elección óptima para proyectos de monitoreo.

Figura 22

Sensor de pH SEN0161



Se dio selección al sensor de turbidez SEN0189 en este proyecto, dada su alta precisión y sensibilidad, así mismo por su capacidad de adaptación a los diversos entornos acuáticos y su facilidad al momento de integrarse con diferentes plataformas electrónicas, lo que es importante mencionar su amplio rango de medición que cuenta con opciones de salida digital y analógica, resistencia y compatibilidad de IoT, teniendo en cuenta que este sensor resulta versátil y confiable frente a la recopilación de datos, alineándose directamente con los objetivos del proyecto, al brindar información relevante, integral y eficiente sobre los sistemas de monitoreo.

Figura 23

Sensor turbidez SEN0189



La elección del sensor oxígeno disuelto SEN0237 se basa en su proceso de calibración sencilla, además de ello se respalda por su precisión y sensibilidad con un amplio alcance en la medición y la aplicación de tecnología de membrana que garantiza una respuesta eficaz. A esto se añade su durabilidad y firmeza en entornos de alta fluctuación, cuenta con una interfaz compatible con microcontroladores al facilitar su integración de forma simple y eficiente, siendo un dispositivo que asegura una alta precisión al medir los niveles de oxígeno disuelto, al adaptarse a las diferentes necesidades requeridas.

Figura 24

Sensor oxígeno disuelto SEN037



La Figura 25 muestra un esquema detallado de las conexiones simuladas en el sistema de monitoreo y control, creado en Fritzing, un programa de automatización de diseño eléctrico que

Por lo anterior la programación es un componente esencial del sistema de monitoreo y control llevando a cabo en el microcontrolador ESP32 ya que este versátil dispositivo es la unidad central de procesamiento que coordina la recopilación y el procesamiento de datos de los sensores.

En el proceso de programación se aprovecha el potencial del ESP32 al utilizar una variedad de librerías siendo herramientas fundamentales que facilitan la comunicación con los sensores, la gestión de datos y la transmisión a plataformas en la nube entre las librerías utilizadas se incluyen

- ✓ la librería <LiquidCrystal.h>: es una biblioteca muy comúnmente utilizada en la programación de microcontroladores como el ESP32 para controlar pantallas LCD de caracteres.
- ✓ La librería <wifi.h>: habilita y gestiona la conectividad Wi-Fi en microcontroladores como el ESP32, permitiendo la conexión a redes Wi-Fi, la transmisión, recepción de datos a través de la red inalámbrica y la configuración de parámetros de red.
- ✓ La librería <HTTPClient.h>: es una biblioteca utilizada en programación de microcontroladores, como el ESP32 para realizar solicitudes HTTP a servidores web proporcionando las funciones y herramientas necesarias para enviar solicitudes HTTP, recibir respuestas y procesar datos de servidores web.
- ✓ La librería <UrlEncode.h>: se utiliza en la programación de microcontroladores como el ESP32 para codificar y decodificar datos en formato URL siendo útil cuando se necesitan transmitir datos a través de una URL en solicitudes HTTP o en la manipulación de datos en aplicaciones web.
- ✓ La librería <OneWire.h> : habilita la comunicación con dispositivos que siguen el protocolo OneWire se utiliza comúnmente para la conexión de sensores de temperatura DS18B20 a través de un único cable de datos
- ✓ La librería <DallasTemperature.h>: es importante para la programación de microcontroladores como el ESP32 al trabajar con sensores de temperatura de la familia Dallas Semiconductor, por ejemplo, el sensor DS18B20; facilitando la comunicación con los sensores y la obtención de lecturas precisas de temperatura.
- ✓ La librería <SPI.h>: es fundamental utilizarla en la programación de microcontroladores para habilitar la comunicación a través del bus SPI (Serial Peripheral Interface) puesto que proporciona las funciones y herramientas necesarias para establecer comunicación serial

entre el microcontrolador y otros dispositivos, como sensores, pantallas, y módulos de expansión.

- ✓ La librería <LoRa.h>: se utiliza en la programación de microcontroladores para habilitar la comunicación mediante la tecnología (Long Range) estableciendo comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía entre dispositivos que utilizan la tecnología LoRa.
- ✓ La librería <ThingSpeak.h>: adecua oportunamente la conexión y comunicación con la plataforma ThingSpeak, una plataforma de IoT en la nube para enviar datos a ThingSpeak y recibir datos de esta plataforma teniendo en cuenta que es esencial en proyectos de IoT.

Figura 26

Diagrama de flujo de monitoreo

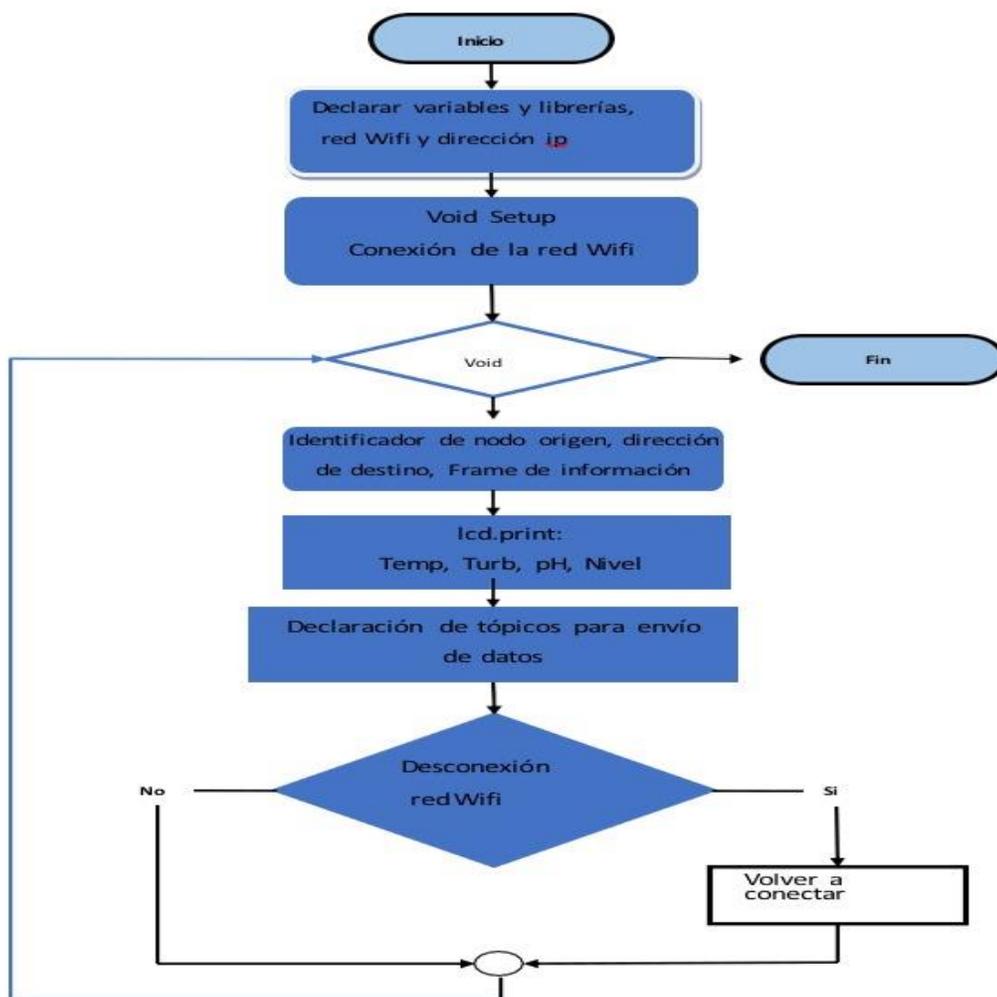


Figura 27

Interfaz plataforma ThingSpeak



Ahora bien, ThingSpeak ofrece la posibilidad de descargar los datos que permite realizar análisis más detallados y personalizados configurando alarmas y notificaciones para detectar y responder a anomalías en los parámetros medidos y así garantizar las condiciones óptimas en los estanques de cría de truchas.

Por consiguiente se construye una caja acrílica que alberga todos los componentes electrónicos para la protección física de los sensores siendo este un material transparente y duradero que puede proteger los detectores de daños físicos como por ejemplo: golpes, caídas y rayones evitando la salpicadura de agua que cae en el estaque de alevinos teniendo en cuenta los entornos internos donde los sensores pueden estar expuestos a condiciones adversas por esta razón se la realiza para la debida protección contra la humedad causante; por lo que puede ayudar a protegerlos de

interferencias electromagnéticas y descargas eléctricas adaptándose a cada una de las necesidades específicas.

Figura 28

Caja acrílica de componentes electrónicos



Figura 29

Caja acrílica con todos sus componentes electrónicos



En las fotografías adjuntas se puede evidenciar el proceso de instalación de la unidad de monitoreo de variables que incluye una cuidadosa disposición de los sensores especializados para la medición de temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez en las instalaciones de la microempresa Acuímayo por ello estos sensores han sido estratégicamente ubicados en el estanque de cría de truchas garantizando una cobertura efectiva de las condiciones del agua.

En la figura 30 se muestra el proceso de instalación de la unidad de control y visualización del estanque 16 del laboratorio de la microempresa Acuímayo siendo un componente que desempeña el papel central en la gestión y supervisión de los datos de los sensores, contribuyendo al monitoreo efectivo de las condiciones en este estanque.

Figura 30

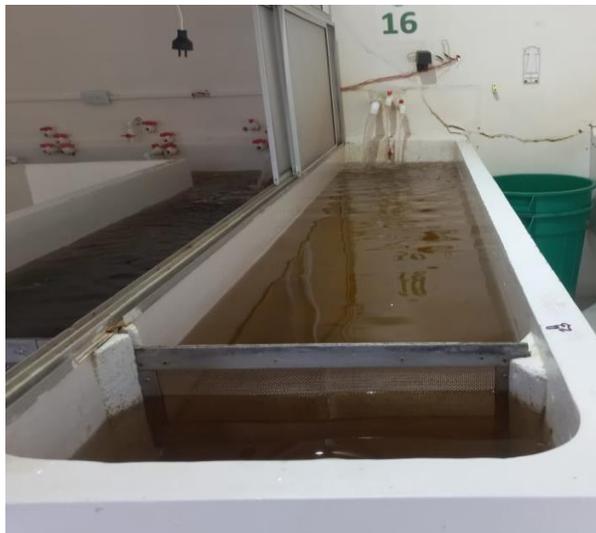
Instalación de la unidad de control y visualización



Se resalta la visualización en la figura 31, detallada del estanque 16 área específica destinada para la fase de alevinos en la microempresa Acuímayo importante desatacar que este estanque no solo sirve como el entorno de desarrollo, sino que también alberga la implementación estratégica del sistema de monitoreo. En esta ubicación estratégica, se instaló sensores para medir la temperatura, el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto, teniendo presente la disposición cuidadosa de estos dispositivos, que permite un monitoreo continuo y preciso de las condiciones ambientales, al garantizar un ambiente óptimo. para el crecimiento saludable de los alevinos.

Figura 31

Estanque 16



En la figura 32 se puede observar el proceso de instalación de los sensores oxígeno disuelto, temperatura, pH y turbidez; estos componentes desempeñan un papel fundamental en la recopilación precisa de datos en el estanque 16 del laboratorio de la microempresa Acuimayo, permitiendo un monitoreo exhaustivo de las condiciones del agua.

Figura 32

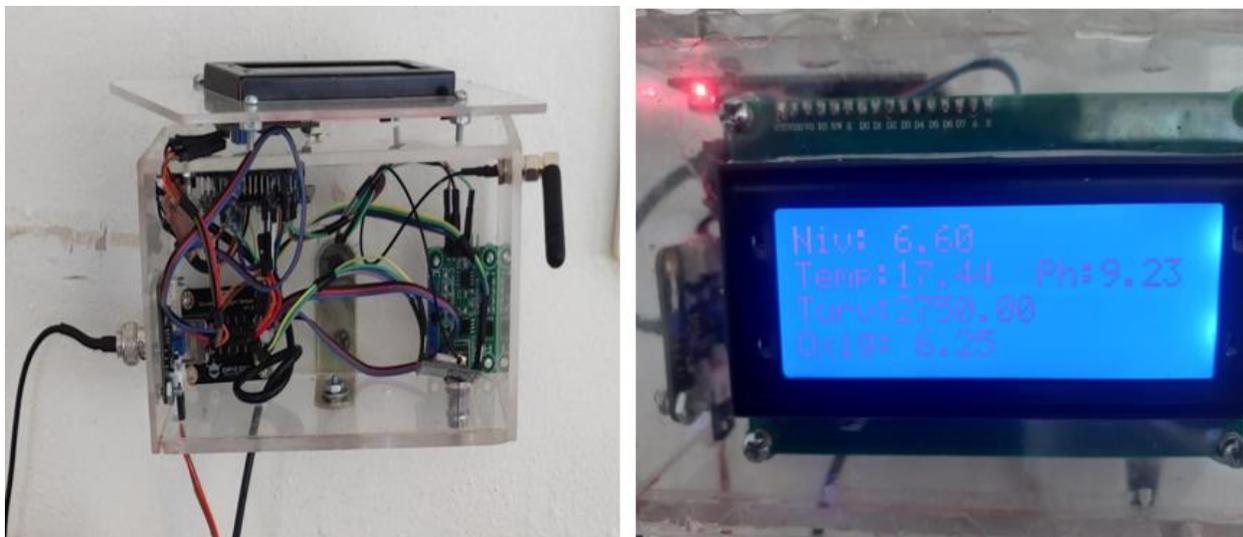
Instalación de sensores estanque 16



Además, en la figura 33 se muestra la unidad central de procesamiento que en este caso es el microcontrolador ESP32, así como la pantalla LCD de 20x4 que proporciona una visualización de las mediciones locales, esencial para que el personal de Acuimayo supervise de manera directa y rápida los valores de las variables críticas.

Figura 33

*Microcontrolador esp32 y pantalla lcd 20*4*



Por ende, estas imágenes ilustran el despliegue exitoso del sistema de monitoreo que combina la medición local precisa con la capacidad de acceso y análisis de datos a través de una plataforma IoT en la nube puesto que este enfoque mejora la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de las condiciones del agua en Acuimayo

El funcionamiento del sistema se centra en la medición de las variables críticas incluyendo temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez en las instalaciones de la microempresa es importante mencionar que estas mediciones se realizan de manera continua y precisa gracias a los sensores donde los datos capturados se procesan y muestran en una pantalla LCD de 20x4 lo que proporciona una visualización de las condiciones del agua en el estanque de cría de truchas

Figura 34

*Microcontrolador esp32 y pantalla lcd 20*4*



A continuación es importante destacar que se implementa una solución de IoT permitiendo la transmisión de estos datos a la plataforma ThingSpeak, esto significa que los datos no solo se visualizan localmente en la LCD sino que también se almacenan y pueden acceder desde cualquier ubicación con acceso a Internet; facilitando la supervisión continua de las mediciones y así brindar la capacidad de analizar tendencias, establecer alarmas y tomar decisiones informadas para garantizar un entorno óptimo en el estanque de cría de truchas.

Figura 35

Visualización de datos en graficas a través de ThingSpeak

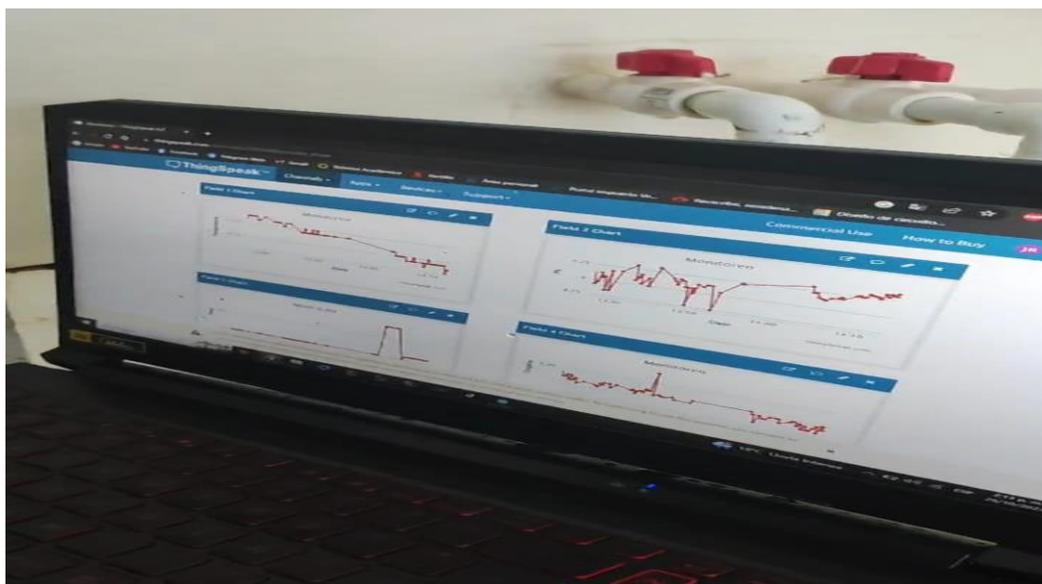
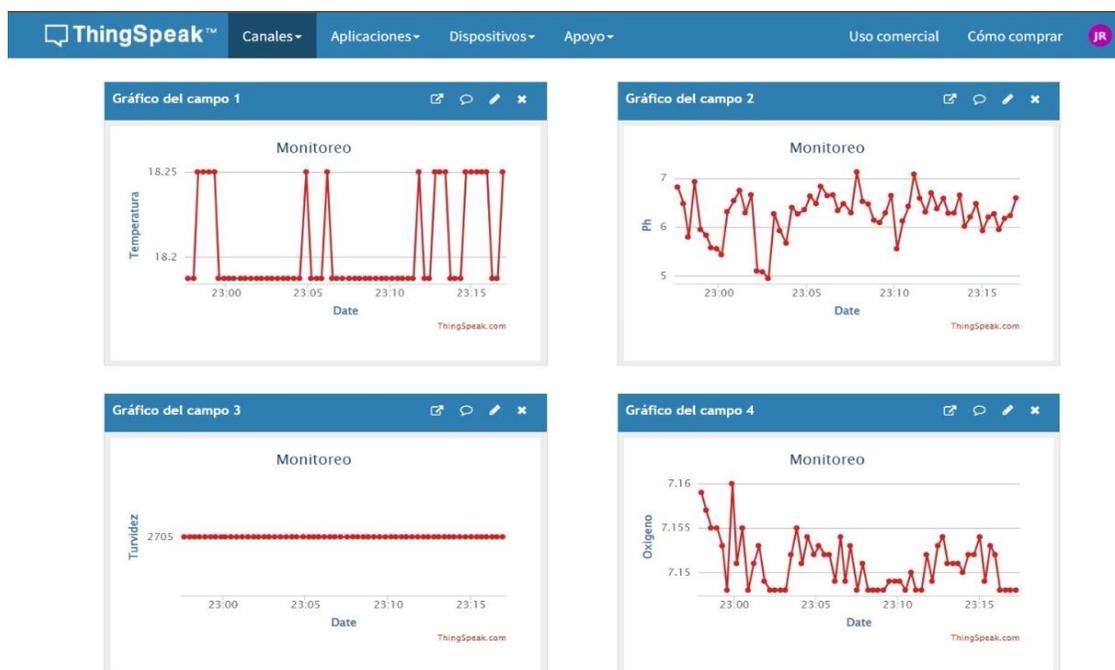


Figura 36

Visualización de datos en graficas a través de ThingSpeak



Finalizando con el segundo objetivo es de vital importancia mencionar que el sistema garantiza una medición precisa de las variables críticas y permite su visualización tanto localmente en la LCD como de manera remota a través de ThingSpeak, mejorando significativamente la gestión y el monitoreo de las condiciones en la microempresa Acuimayo.

En la siguiente tabla se presentan los datos recopilados por los sensores implementados como parte del segundo objetivo. Estos sensores son diseñados para medir parámetros críticos como temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto ya que desempeñan un papel fundamental en el monitoreo continuo de las condiciones del entorno acuático. Por ende, la información obtenida por estos sensores proporciona información valiosa para el análisis y la toma de decisiones, al contribuir a la gestión eficiente y mantenimiento de condiciones óptimas para el cultivo de truchas en sus etapas tempranas.

Tabla11*Datos recopilados por los sensores*

fecha	hora	sensor de pH	sensor de temperatura	sensor de turbidez	sensor de oxígeno disuelto
7/10/2023	7:30AM	9.4	18	2580	7.9
7/11/2023	8:00AM	8.8	19	2530	7.9
7/11/2023	8:30AM	9.7	14	2540	7.2
7/11/2023	9:00AM	9.8	17	2540	7.5
7/11/2023	9:30AM	9.4	19	2500	7.1
7/11/2023	10:00AM	9.8	19	2580	6.0
7/11/2023	10:30AM	9.8	17	2590	6.9
7/11/2023	11:00AM	6.8	18	2550	6.2
7/11/2023	11:30AM	6.8	17	2850	7.1
7/11/2023	12:00PM	6.5	20	2670	7.9
7/11/2023	12:30PM	9.6	18	2780	6.1
7/11/2023	1:00PM	8.4	19	2530	7.1
7/11/2023	1:30PM	8.4	19	3940	6.3
7/11/2023	2:00PM	7.8	17	3460	7.9
7/11/2023	2:30PM	9.3	17	2840	6.9
7/11/2023	3:00PM	8.9	19	3340	7.1
7/11/2023	3:30PM	8.0	19	3560	7.2
7/11/2023	4:00PM	9.4	19	3450	7.9
7/11/2023	4:30PM	9.9	19	3320	7.0
7/11/2023	5:00PM	9.3	19	3360	7.2

Fuente: Este proyecto,(2023).

2.1.3. Resultado del tercer objetivo

Este objetivo radica en desarrollar un sistema integral de monitoreo que tenga la capacidad de anticiparse a situaciones críticas para ello se establece como prioridad la generación de alarmas, tanto a nivel local como remoto, diseñadas específicamente para prevenir y responder a cambios no deseados en las variables que influyen en el desarrollo de los cultivos de trucha.

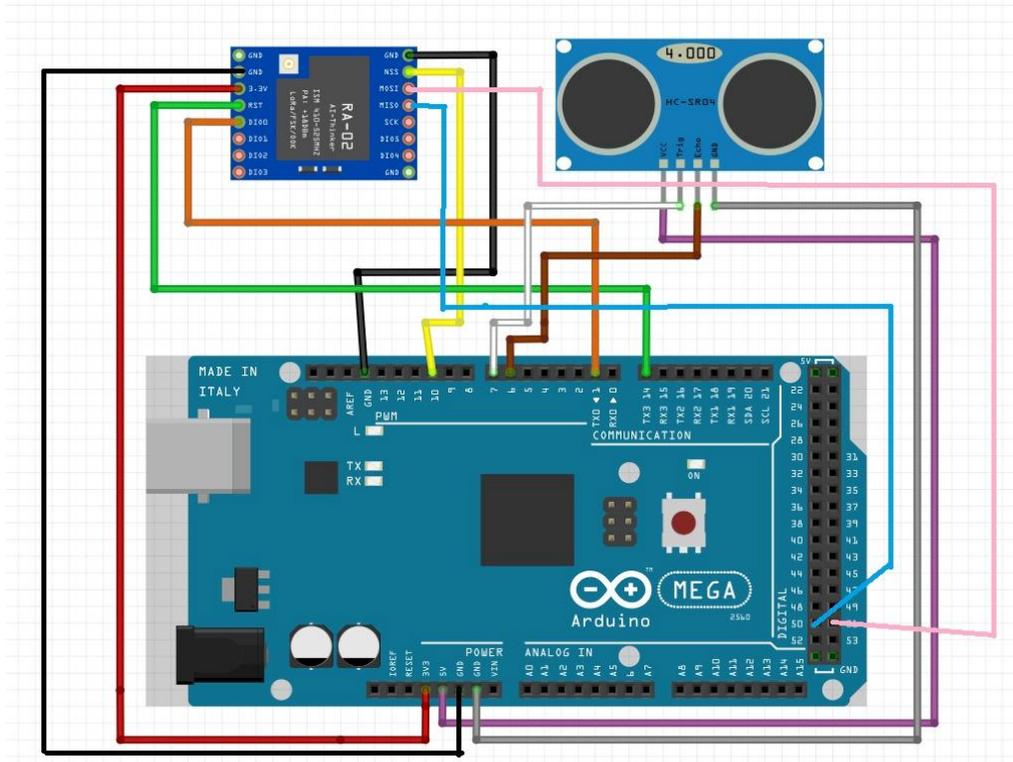
Por lo tanto estas alarmas se activan de manera oportuna ante cualquier fluctuación o desviación que pueda tener un impacto negativo en el entorno del estanque de cría puesto que la intención es proporcionar una respuesta inmediata y efectiva para mantener condiciones óptimas, garantizando la salud y el crecimiento de los cultivos de trucha, resaltando que la implementación de este sistema de alerta temprana permite mitigar riesgos y tomar decisiones informadas para asegurar el éxito del proyecto, al identificar una necesidad fundamental que es la prevención del desbordamiento del tanque de abastecimiento y la boca toma de agua, ya que un desbordamiento podría tener un impacto negativo en las variables.

Por consiguiente, se realiza un análisis exhaustivo que subraya la importancia de implementar un sensor de nivel siendo un componente esencial para monitorear constantemente el nivel de agua en el tanque de abastecimiento de manera que su función principal es activar alertas en caso de que el nivel de agua alcance valores críticos, lo que está directamente relacionado con el objetivo de prevención por lo que estas medidas preventivas se integran en el enfoque integral garantizando un entorno óptimo en el estanque.

A continuación, se presenta la simulación de las conexiones que involucran el sensor de nivel con Arduino y el módulo transceptor LoRa SX1278 (RA-02) de 433 MHz, realizada en la plataforma Fritzing.

Figura 37

Esquemático de conexiones sensor de nivel realizado con fritzing



En la figura 37 se evidencia las conexiones donde se utiliza un módulo LoRa para Arduino, sin embargo, es importante destacar que hay la necesidad de colocar un segundo módulo LoRa en el ESP32 dado que esta configuración se convierte en un enlace importante para la comunicación de datos, desempeñando un papel central en el sistema de monitoreo y control, especialmente para habilitar el envío de datos desde el sensor de nivel.

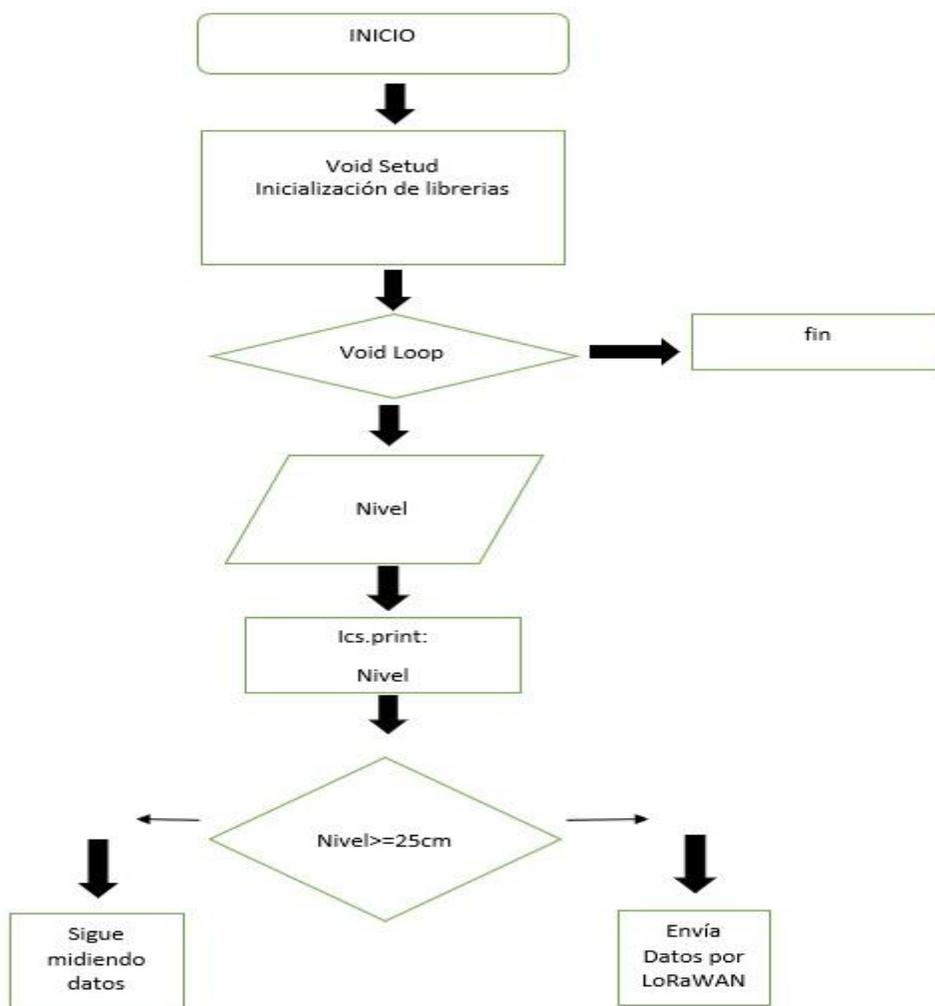
Cabe destacar que la programación en Arduino es fundamental para el funcionamiento del sistema de monitoreo y control, para lograrlo se emplea dos librerías fundamentales:

- ✓ <SPI.h>: esta librería permite la comunicación en serie entre el Arduino y el módulo LoRa, facilitando la transmisión y recepción de datos de manera eficiente a través de esta interfaz.

- ✓ <LoRa.h>: es esencial para habilitar la comunicación inalámbrica mediante la tecnología LoRa accediendo a la configuración y control de los módulos y de esta manera se facilita la transmisión y recepción de datos a larga distancia de manera eficiente.

Figura 38

Diagrama de flujo sensor de nivel



Para el montaje del sensor de nivel se opta por adquirir una caja ya diseñada. Esta elección se basa en la conveniencia y la eficiencia ya que la caja preexistente se ajusta perfectamente a las necesidades, simplificando el proceso de instalación donde contribuye a agilizar el montaje del sensor de nivel, un resultado efectivo y funcional en el sistema de monitoreo y control.

Figura 39

Montaje del sensor de nivel



La instalación del sensor de nivel en el tanque de abastecimiento se posicionó estratégicamente en una sección del tanque, de manera que monitoree continuamente el nivel de agua. Esta ubicación garantiza una medición precisa lo que resulta fundamental para prevenir el desbordamiento y mantener un control óptimo de los recursos hídricos.

Así mismo, se establece una conexión efectiva entre el sensor y el sistema de monitoreo lo que permite una respuesta rápida y la generación de alertas en caso de que el nivel de agua sobre pase el nivel de 20cm resaltando que la instalación exitosa del sensor de nivel en el tanque de abastecimiento representa un avance significativo en la gestión eficiente del estanque de cría de truchas y contribuye a la prevención de situaciones no deseadas.

Figura 40

Instalación de sensor de nivel



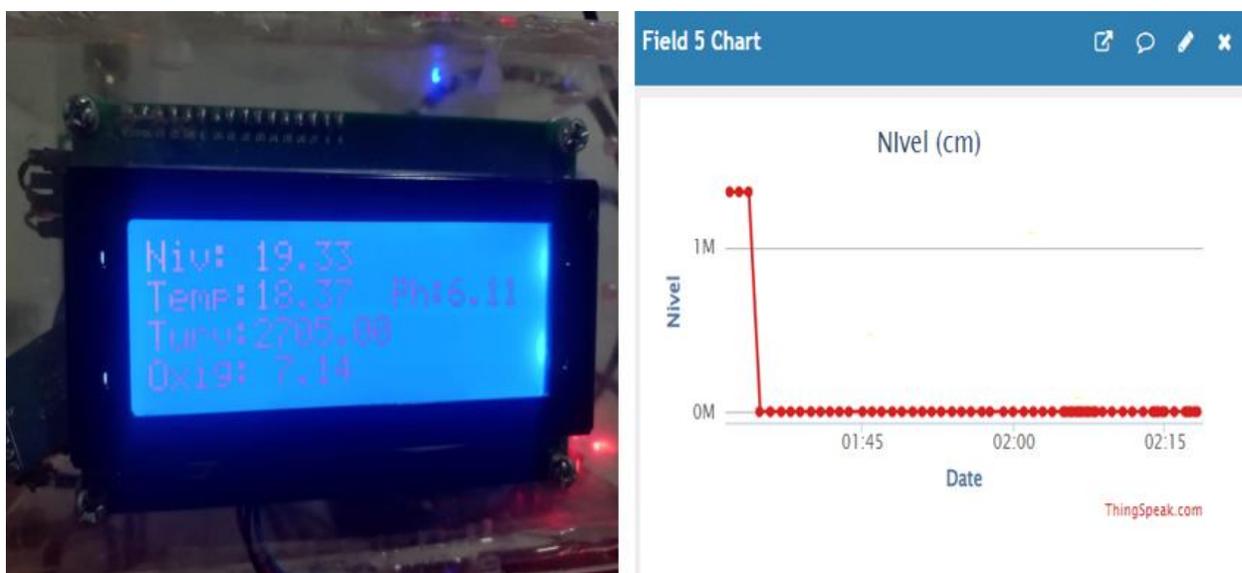
Por ende, el funcionamiento del sensor de nivel es un componente principal donde la tarea de este es enviar datos al ESP32, lo que habilita una visualización en la pantalla LCD y la transmisión de estos datos a la plataforma ThingSpeak.

Es importante mencionar que el sensor de nivel está estratégicamente posicionado a 15 cm del nivel del agua, esta ubicación permite una detección precisa de cualquier cambio. En caso de que el nivel disminuya el sensor enviará una alerta a través de WhatsApp, indicando si está bajo y así tomar medidas preventivas.

Por otro lado, si el nivel del agua aumenta y se acerca al límite de capacidad del tanque de abastecimiento, el sensor envía una segunda alerta, indicando que el tanque está por desbordarse. Estas alertas son fundamentales para garantizar la gestión adecuada de los recursos hídricos y prevenir situaciones críticas es por esto que el sensor de nivel desempeña un papel fundamental al proporcionar información y permitir una respuesta oportuna en el sistema de monitoreo y control.

Figura 41

Visualización en lcd y ThingSpeak



Para mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta en el sistema de monitoreo y control, se implementa un sistema de alertas que se envían directamente al propietario de la microempresa a través de WhatsApp. Esta funcionalidad es esencial para informar de inmediato sobre cualquier cambio relacionado con las variables monitoreadas, que incluyen temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez y nivel de agua puesto que la notificación instantánea permite una respuesta rápida y oportuna a cualquier situación crítica, garantizando la toma de decisiones informadas y la adopción de medidas preventivas cuando sea necesario.

Ahora bien, para habilitar y utilizar CallMeBot se realiza la siguiente configuración:

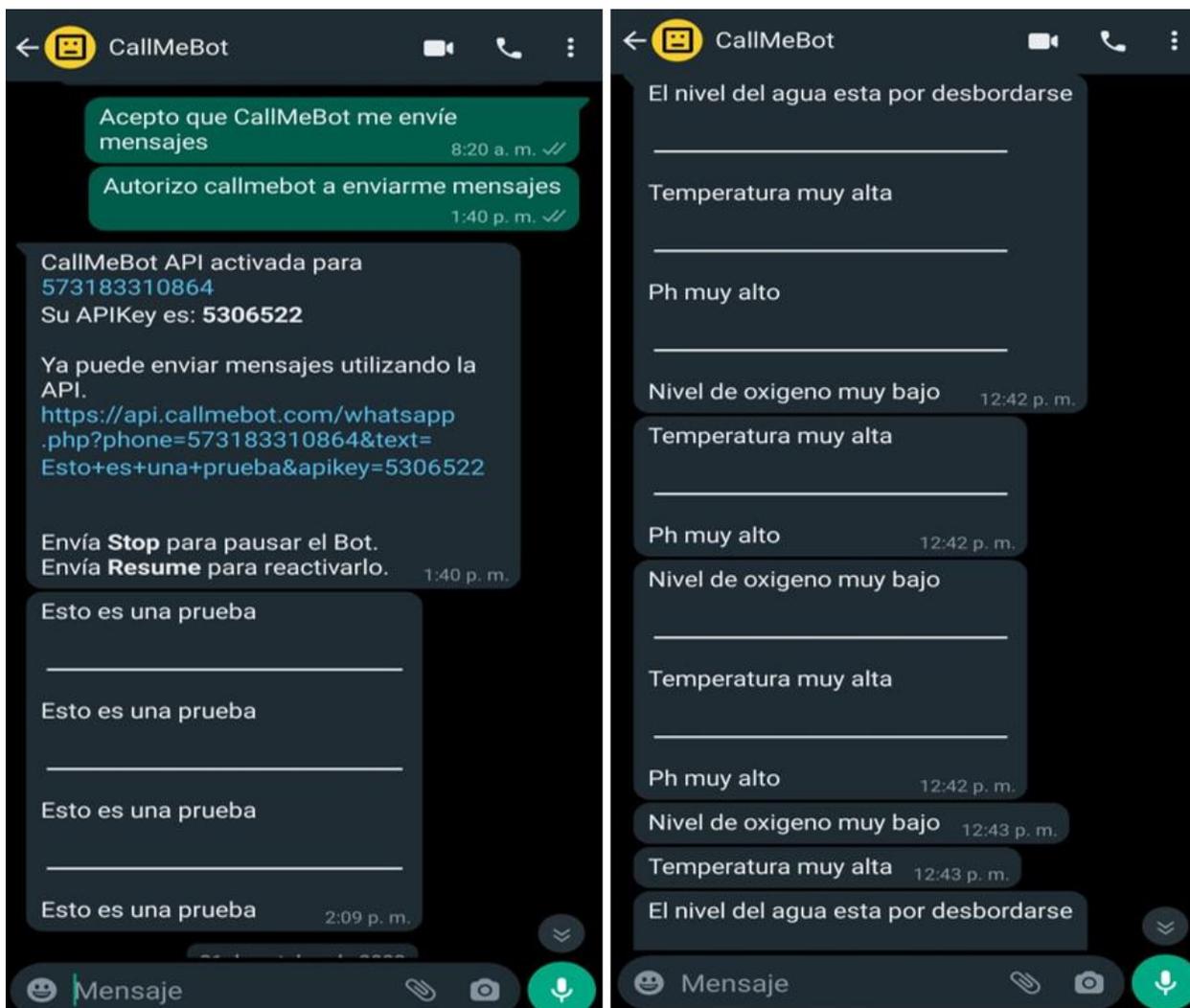
- Añadir el número de teléfono +34 644102872 a los contactos de teléfono y asignarle un nombre de elección.
- Enviar un mensaje con el texto "Permito que CallMeBot me envíe mensajes" al nuevo contacto creado utilizando WhatsApp.
- Esperar la confirmación del bot que contiene la clave API necesaria para enviar mensajes utilizando la API de CallMeBot. El mensaje confirmatorio dirá: "API activada para su número de teléfono. Su APIKEY es 123123."

Es importante tener en cuenta que, si no recibe la clave API en un plazo de 2 minutos, puede intentar nuevamente después de 24 horas. Una vez que haya completado esta configuración, estar

listo para utilizar CallMeBot y así habilitar las alertas en WhatsApp, lo que facilita la comunicación efectiva con el sistema de monitoreo y control.

Figura 42

Visualización de alertas en CallMeBot



Las alarmas que se implementa en el sistema de monitoreo proporcionan al propietario de Acuimayo una herramienta esencial para la prevención de pérdidas de alevinos, donde estas alertas ayudan al propietario tomar medidas proactivas frente a cambios en los parámetros críticos como temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto. Ante bajos niveles de oxígeno, puede activar las motobombas para mejorar la oxigenación, mientras que en condiciones de temperatura elevada, puede implementar medidas de sombreado. Asimismo, en situaciones de alta turbidez se ajusta el

flujo de agua para clarificar el entorno y frente a desequilibrios en el pH, aplica soluciones correctivas recomendadas.

Por lo tanto, estas acciones preventivas no solo garantizan un ambiente óptimo para el crecimiento de los alevinos, sino que también demuestran la eficacia del sistema de monitoreo en la toma de decisiones fundamentadas y la gestión. efectiva de la piscicultura.

Estas alertas no solo abarcan parámetros críticos como temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto, también incluyen el sensor de nivel fundamental para la boca toma, es por esto que el sensor de nivel desencadena alertas en situaciones de niveles inusualmente altos o bajos, actuando como un indicador vital para prevenir desbordamientos o insuficiencias en el suministro de agua a toda la microempresa. La integración de este sensor en el sistema de monitoreo refuerza aún más la capacidad del propietario para acceder a medidas preventivas y garantizar un entorno propicio para el desarrollo de los alevinos.

2.1.3. Resultado del cuarto objetivo

Para dar cumplimiento con el ultimo objetivo “Analizar los resultados obtenidos mediante las variables y la relación con la mortalidad presente” se adentró en el ámbito de la acuicultura, específicamente en la empresa Acuimayo, observando que emplean métodos tradicionales de prueba y error para mejorar los procesos. Aunque este enfoque puede brindar beneficios a largo plazo, también ha conllevado pérdidas parciales o totales en sus cultivos de trucha. Para abordar esta situación, se implementa un sistema de monitoreo en ThingSpeak encargado de vigilar las variables en la etapa de alevinos como la temperatura, el oxígeno disuelto, la turbidez y el pH, al visualizarse en la Figura 27.

Figura 43

Visualización de datos en la unidad de control



Por lo cual el sistema en funcionamiento proporciona información esencial donde la temperatura del agua se mantiene de manera constante dentro de un rango óptimo para los alevinos de trucha arcoíris, oscilando entre 10 y 15 grados Celsius. Esta estabilidad térmica es de vital importancia ya que la temperatura constituye un factor determinante para el crecimiento y la salud de los alevinos.

Sin embargo, se enfrenta a un desafío en forma de aumento en la turbidez del agua, originado por factores naturales como precipitaciones intensas o deslizamientos de tierra puesto que estos eventos introducen partículas de lodo y sedimentos en el sistema de crianza, generando preocupaciones.

Así mismo para atender estos desafíos se implementa una solución en forma de sensores de turbidez y temperatura en el sistema. Estos sensores llevan a cabo un seguimiento constante de los niveles de turbidez del agua y de la temperatura. Cuando estos niveles alcanzan un punto crítico, el sistema genera alertas tempranas por lo que esta respuesta proactiva garantiza que se tomen

medidas oportunas para mantener las condiciones ideales y salvaguardar la crianza de los alevinos de trucha arcoíris.

Figura 44

Comportamiento de los alevinos según la oxigenación



Es fundamental destacar que se debe mantener un monitoreo constante de los niveles de oxígeno disuelto y la turbidez del agua para garantizar la salud y supervivencia de los alevinos de trucha arcoíris. La habilidad de reconocer y responder de manera efectiva a factores de riesgo como desbordamientos del río y el aumento de la turbidez para una población saludable de peces en el sistema de crianza.

Por ende, los alevines exhibieron un comportamiento estacionario mientras los niveles de oxígeno se mantenían adecuados a 9,5 mg/L. Sin embargo, a medida que los niveles de oxígeno disminuyeron se observó un cambio en el comportamiento, volviéndose más lineal.

Los datos recopilados por los sensores en la siguiente tabla presentan que se evidencia la mejora significativa en los parámetros críticos de temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto en la piscicultura Acuímayo, por lo que la mortalidad de alevinos oscilaba entre un 20% y 50%. Sin embargo, con la adopción de este sistema, se logró reducir la tasa de mortalidad en

aproximadamente un 35%, donde estos resultados respaldan la eficacia del sistema en la creación de un entorno óptimo para el desarrollo de las etapas tempranas.

Tabla 12

Parámetros Críticos y Reducción de Mortalidad en Acuimayo

Fecha	Hora	Sensor de pH	Sensor de Temperatura	sensor de Turbidez	sensor de Oxígeno Disuelto
27/11/2023	7:30AM	7.4	18	1950	8.9
27/11/2023	8:00AM	7.8	17	2134	8.9
27/11/2023	8:30AM	6.7	18	2146	9.2
27/11/2023	9:00AM	7.8	18	2143	9.5
27/11/2023	9:30AM	7.4	16	2100	9.3
27/11/2023	10:00AM	7.8	16	1800	9.0
27/11/2023	10:30AM	7.8	17	1650	8.9
27/11/2023	11:00AM	7.8	18	1450	9.2
27/11/2023	11:30AM	7.8	17	1500	9.1
27/11/2023	12:00PM	7.5	17	1600	8.9
27/11/2023	12:30PM	7.6	17	2785	9.4
27/11/2023	1:00PM	7.4	17	2534	9.4
27/11/2023	1:30PM	7.4	17	1945	9.3
27/11/2023	2:00PM	7.8	17	1465	8.9
27/11/2023	2:30PM	7.3	17	2456	8.9
27/11/2023	3:00PM	7.9	16	2345	9.5
27/11/2023	3:30PM	7.0	16	2566	9.2
27/11/2023	4:00PM	7.4	16	1550	8.9
27/11/2023	4:30PM	7.9	17	2320	9.0
27/11/2023	5:00PM	7.3	19	2350	9.2
27/11/2023	5:30PM	7.5	17	2840	9.0

27/11/2023	6:00PM	7.2	16	1950	8.9
27/11/2023	6:30PM	7.0	16	1550	8.9
27/11/2023	7:00PM	7.9	19	1700	9.2
27/11/2023	7:30PM	7.4	22	1432	8.9
27/11/2023	8:00PM	7.5	24	1400	9.3
27/11/2023	8:30PM	7.7	21	1200	9.0
27/11/2023	9:00PM	7.8	20	1200	9.2
27/11/2023	9:30PM	7.9	20	1500	9,3

Por lo cual los datos de la plataforma ThingSpeak, en la que se observa los sensores de turbidez, temperatura, pH y oxigenación, se mantienen dentro de los rangos ideales para la crianza de alevinos, estos datos respaldan la efectividad del sistema de monitoreo en la microempresa Acuimayo y respaldan la viabilidad de mantener condiciones óptimas para el crecimiento y así evitar enfermedades.

Las recomendaciones derivadas de estos datos sugiere la implementación del sistema de monitoreo en los 15 estanques restantes, por lo que la extensión del monitoreo a todos los estanques permite una cobertura completa, y así mejorar aún más las condiciones de cría, por ende se reduce la tasa de mortalidad en etapas tempranas, teniendo en cuenta que esta estrategia no solo fortalece la salud y desarrollo de los alevinos en Acuimayo, sino que también consolida la eficiencia del sistema en la gestión global de la piscicultura.

2. Conclusiones

La recopilación de datos de mortalidad de alevinos en la microempresa Acuimayo y la revisión de información científica relacionada con la crianza de la trucha arco iris proporciono una base sólida para este estudio donde comprende la relevancia de monitorear y controlar variables clave en la acuicultura mediante el avance de la tecnología.

Las tablas disponibles en la plataforma ThingSpeak permite observar que los datos recopilados se mantienen dentro de los parámetros correspondientes y esto es un indicador sólido de que las condiciones en el sistema de crianza se encuentran en un estado óptimo para el desarrollo de los alevinos.

Además, el diseño y la implementación del sistema de monitoreo de variables y control de oxigenación del agua basado en IoT junto con el almacenamiento de datos para análisis demostró ser un avance significativo mejorando la capacidad de gestionar y mantener un entorno óptimo para el crecimiento de las truchas debido a que se logra conllevar de manera eficaz y precisa una supervisión constante de las variables clave, incluyendo la temperatura, el nivel de oxígeno disuelto, el pH y la turbidez del agua lo que a su vez ha posibilita una respuesta rápida a cualquier cambio no deseado en estos parámetros.

Por otra parte, la generación de alarmas para las variables relacionadas con los alevinos en la acuicultura es esencial para garantizar el éxito y la sostenibilidad de las operaciones proporcionando alertas tempranas y facilitar un monitoreo constante, estas alarmas se convierten en una herramienta valiosa para mantener un entorno saludable y productivo para los peces jóvenes, al tiempo que contribuyen a la eficiencia y la rentabilidad a beneficio de la microempresa.

Finalmente se determinó mediante un análisis técnico sobre la producción de truchas, la importancia de disponer un sistema de monitoreo y alertas ante cambios en sus valores normales de las variables como temperatura, pH, turbidez y nivel del agua con la finalidad de exigir al propietario una revisión inmediata de los estanques para tomar la mejor decisión evitando pérdidas de alevinos.

4. Referencias bibliográficas

Dussan, S. A., Vanegas, O. O., Chavarro Chavarro, A. F., & Molina, J. J. (2016). Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros físico-químicos en cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil. *Informador Técnico*, 80(1), 49-60.

<https://www.researchgate.net/publication/315918734>

Jojoa Cabrera, Y. M., (2018). Plan de negocios para la producción y comercialización de alevinos de trucha arcoíris en el valle de Sibundoy vereda, Santa Clara municipio de Santiago Departamento del Putumayo. *Repositorio Institucional*, 21-106.

<http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/401>

Cárdenas, A., (2016) ¿Qué es una plataforma IoT? Recuperado de:

<https://secmotic.com/plataforma-iot/>

Ávila Guzmán, C. A. (2018). Diseño y construcción de un sistema hidropónico con IoT adaptable a acuaponía. *Uniandes*.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/38769>

Herreño Quitian, E., & Mantilla Sánchez, J. D. (2017). Estudio de pre-factibilidad para el diseño de un dispositivo de monitoreo de las variables de acides (pH) y temperatura en la producción de Tilapia. *Universidad de Caldas*.

<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5898>

Santos Benavides, P. G. (2019). Red Inalámbrica de Sensores (WSN) de Monitoreo de la calidad del agua para estanques de truchas. *Universidad de Ambato*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29894>

Piamba Mamian, T. M., Zambrano, L. E., Montañó Rúales, L. A., & Rojas Gonzales, F. A. (2020). Implementación de un sistema de monitoreo IoT aplicado a una piscicultura de trucha. *Informador Técnico*, 85(1), 3-19.

<https://doi.org/10.23850/22565035.2937>

Jurado Lozada, M. A., & Santos Benavidez, P. G., (2019). Red inalámbrica de sensores (WSN) de monitoreo de la calidad del agua para estanques de truchas. *Universidad Técnica de Ambato*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29894>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Manual Práctico para el Cultivo de la Truchas Arcoíris,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>. [Último acceso: 02 Octubre 2017].

G. Aquino, «Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*),» Enero 2008. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/320934783_Manual_basico_para_el_cultivo_de_trucha_arco_iris_Oncorhynchus_mykiss_GEM_TIES_Cuencas_Sa_nas_y_Modos_de_Vida_Sustentable_Series_de_Manuales_de_Capacitacion. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].

D. He y L.-X. Zhang, «The Water Quality Monitoring System Based on WSN,» 17 Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6201666/>. [Último acceso: 22 Noviembre 2017]

Y. Chen y G. Hou, «WSN-based monitoring system for factory aquaculture,» 23 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6933600/>. [Último acceso: 27 Noviembre 2017].

T. Kageyama, M. Miura, A. Maeda, A. Mori y S.-S. Lee, «A wireless sensor network platform for water quality monitoring,» 09 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7808887/>. [Último acceso: 29 Noviembre 2017].

C. Encinas, E. Ruizy, J. Cortez y A. Espinoza, «Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture,» 8 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7943540/>. [Último acceso: 29 Noviembre 2017].

Desai, K., Velingkar, H., Karambelkar, A., Rane, M., Govenkar, S., & Mandrekar, V. (2020). Pisciculture Monitoring System. ICRITO 2020 - IEEE 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions), 748–752. <https://doi.org/10.1109/ICRITO48877.2020.9197931>

Proain Tecnología Agrícola, «Producción de peces (Piscicultura),» 08 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-pecespiscicultura-en-mexico>. [Último acceso: 08 Diciembre 2021].

E. Woinarovich, «Cartilla del Piscicultor,» [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/ag196s/AG196S01.htm#ch1>. [Último acceso: 5 Enero 2022].

I. Rodríguez, «Cultivo de Trucha,» 04 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://agrotendencia.tv/agropedia/agropedia/acuicultura/cultivo-de-la-trucha/>. [Último acceso: 6 Noviembre 2021].

N. Hurtado, «CRIANZA DE TRUCHAS Y POTENCIAL DE LA ACUICULTURA,» 5 2019. [En línea]. Available: <https://www.rmr-peru.com/crianza-de-truchas.htm>. [Último acceso: 20 07 2022].

D. A. Silva Torres y J. I. Coello Hurtado, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real de sensores de temperatura, turbidez, TDS Y pH para la calidad del agua utilizando la tecnología LoRaWAN,» Guayaquil, 2020.

E. Soler, «Exploración de aplicaciones usando tecnología LoRa,» 27 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://medium.com/pruebas-de-laboratorio-de-la-modulaci%C3%B3nlor/modulaci%C3%B3n-lora-4ad74cabd59e>. [Último acceso: 4 Enero 2022].

I. Ordóñez Monfort, «Estudio de la arquitectura y el nivel de desarrollo de la red LoRaWAN y de los dispositivos LoRa.,» p. 11, 2017.

DispatchTrack, «Ventajas y desventajas del “internet de las cosas” (IoT),» 2021. [En línea]. Available: <https://www.beetrack.com/es/blog/ventajas-y-desventajas-internet-de-las-cosasiot>. [Último acceso: 30 Enero 2022].

S. Rojas , «Arquitectura empresarial con capas para el Internet de las Cosas | 2ª parte,» 01 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.vssystemas.com/Blog/Actualidad/arquitectura-empresarial-con-capas-para-iot>. [Último acceso: 30 Enero 2022].

BricoGeek, «Sensor DS18B20 estanco,» 2020. [En línea]. Available: <https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html>. [Último acceso: 31 Enero 2022].

DFROBOT Drive the future, «Turbidity sensor SKU: SEN0189,» 2017. [En línea]. Available: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0189_Web.pdf. [Último acceso: 31 Enero 2022].

TRE "C" - EVERWATT Group S.r.l., «Control de temperatura - PT1000,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.resistencias-electricas.com/productos/control-detemperatura/resistenciastermicas/pt1000/#:~:text=El%20sensor%20PT1000%20tiene%20un,%20valor%20%C3%B3hmico%20del%20cable..> [Último acceso: 31 Enero 2022].

LTH Electronics, «Suspended Solids and Turbidity Sensors,» 2020. [En línea]. Available: <https://lth.co.uk/storage/232/Suspended-Solids-and-Turbidity-Sensors.pdf>. [Último acceso: 31 Enero 2022].

6. Anexos.

Anexo 1. Código de programación sistema de monitoreo



```

sensores_Ronald

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <URLEncoder.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h> //LoRa Library
#include <ThingSpeak.h>

#define RX 3
#define TX 1
int variables[4];
int cont = 0;

// filas y columnas de la lcd
int lcdColumns = 16;
int lcdRows = 4;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);
//thingspeak

unsigned long channelID = 2291646;
const char* WriteAPIKey = "EMUVS9LQKN3NJKJA";
/*Definimos el cliente WiFi que usaremos*/
WiFiClient cliente;

// sensor oxigeno

```

sensores_Ronald Arduino 1.8.12

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

// sensor oxigeno

#define VREF 3300 //VREF (mv)
#define ADC_RES 1024 //ADC Resolution
//Single-point calibration Mode=0
//Two-point calibration Mode=1
#define TWO_POINT_CALIBRATION 0
//Single point calibration needs to be filled CAL1_V and CAL1_T
#define CAL1_V (7689) //mv
#define CAL1_T (2386) //°C
//Two-point calibration needs to be filled CAL2_V and CAL2_T
//CAL1 High temperature point, CAL2 Low temperature point
#define CAL2_V (1300) //mv
#define CAL2_T (15) //°C

float READ_TEMP;
float oxigeno;

const uint16_t DO_Table[41] = {
    14460, 14220, 13820, 13440, 13090, 12740, 12420, 12110, 11810, 11530,
    11260, 11010, 10770, 10530, 10300, 10080, 9860, 9660, 9460, 9270,
    9080, 8900, 8730, 8570, 8410, 8250, 8110, 7960, 7820, 7690,
    7560, 7430, 7300, 7180, 7070, 6950, 6840, 6730, 6630, 6530, 6410};

uint8_t Temperaturet;
uint16_t ADC_Raw;
uint16_t ADC_Voltage;
uint16_t DO;

```

```

sensores_Ronald
uint16_t DO;

int16_t readDO(uint32_t voltage_mv, uint8_t temperature_c)
{
    #if TWO_POINT_CALIBRATION == 0
        uint16_t V_saturation = (uint32_t)CAL1_V + (uint32_t)35 * temperature_c - (uint32_t)CAL1_T * 35;
        return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
    #else
        uint16_t V_saturation = (int16_t)((int8_t)temperature_c - CAL2_T) * ((uint16_t)CAL1_V - CAL2_V) / ((uint8_t)CAL1_T - CAL2_T) + CAL2_V;
        return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
    #endif
}

//conecccion a wifi
const char* ssid = "Ronald";
const char* password = "123456789";

// callmetbot
String phoneNumber = "+573045660290";
String apiKey = "6122424";

//se define los pines para el modulo de recepcion
#define NSS 5
#define RST 14
#define DIO 2

String lora_data = "";

```

```
✓ → 📄 ⬆ ⬇
sensores_Ronald
String lora_data = "";

//sensor de temp
OneWire ourWire(4); //Se establece el pin 2 del ESP32 para la lectura del sensor de Temp
DallasTemperature DS18B20(&ourWire); //Se declara una variable u objeto para el sensor
float tem;

//variables sensor de Turvidez
double calc_NTU(double volt);
float NTU = 0.0;
int sensorValue;

// variables sensor de ph
float calibration_value = 20.24 - 0.7; //21.34 - 0.7
int phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[10], temp;
float ph_act;

float nivel;

int packetSize;

void setup()
{
  Serial.begin(115200, SERIAL_8N1, RX, TX); //Se inicia el monitor serie a 115200 baudios

  // initialize LCD
```



```

// initialize LCD
lcd.init();
// turn on LCD backlight
lcd.backlight();

LoRa.setPins(NSS, RST, DI0);

while (!LoRa.begin(433E6)) {
  Serial.println(".");
  delay(500);
}

Serial.println("LoRa conectados");
LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12,default 7 see API docs

WiFi.begin(ssid, password);
Serial.println("Connecting");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.print("Conectado: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

ThingSpeak.begin(cliente);

DS18B20.begin(); //Se inicia el sensor temperatura

```

```

sensores_Ronald$
    LoRa.begin(cliente);

    DS18B20.begin(); //Se inicia el sensor temperatura
}
void loop()
{
    onReceive(LoRa.parsePacket());
    delay(1000);

    Serial.print(oxigeno);
    Serial.print("O");

    Serial.print(tem);
    Serial.print("T");

    Serial.print(NTU);
    Serial.print("N");

    Serial.print(ph_act);
    Serial.print("P");

    delay(200);
}

void onReceive(int packetSize) {
    cont = cont + 1;
    if (packetSize == 0) {
        Temp();
        Turvidez();
        Ph();
        Do();
        if(cont == 30) {
            enviar();
        }
    }
}

```

```

sensores_Ronald$
    DO(),
    if(cont == 30){
    enviar();
    cont = 0;
    }
    pantalla();
    return;          // if there's no packet, return
}

// read packet header bytes:
String incoming = "";

while(LoRa.available()) {
    incoming = (char)LoRa.read();
    nivel = incoming.toFloat();
    if(nivel!=0 && LoRa.read()){
    sendMessage("Hubo un cambio de Nivel");
    }
    Temp();
    Turvidez();
    Ph();
    Do();
    if(cont == 30){
    enviar();
    cont = 0;
    }
    pantalla();
    }
}

void enviar(){
    ThingSpeak.writeFields(channelID,WriteAPIKey);
    ThingSpeak.setField(1,tem);
}

```

```

sensores_Ronald$
void enviar() {
    ThingSpeak.writeFields(channelID,WriteAPIKey);
    ThingSpeak.setField(1,tem);
    ThingSpeak.setField(2,ph_act);
    ThingSpeak.setField(3,NTU);
    ThingSpeak.setField(4,oxigeno);
    ThingSpeak.setField(5,nivel);
    lcd.clear();
}

void pantalla() {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Niv:");
    lcd.setCursor(5, 0);
    lcd.print(nivel);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Temp:");
    lcd.setCursor(5, 1);
    lcd.print(tem);

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("Turv:");
    lcd.setCursor(5, 2);
    lcd.print(NTU);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("Ph:");
    lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.print(ph_act);

    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("Oxig:");
    lcd.setCursor(6, 3);
}

```

```

sensores_Ronald$
    lcd.setCursor(0, 5);
    lcd.print("Oxig:");
    lcd.setCursor(6, 3);
    lcd.print(oxigeno);
    delay(200);
}

void Temp() {
    DS18B20.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
    tem = DS18B20.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C
    if(tem > 25){
        sendMessage("Temperatura muy alta");
    }
    if(tem < 5){
        sendMessage("Temperatura muy baja");
    }
    READ_TEMP = tem;
}

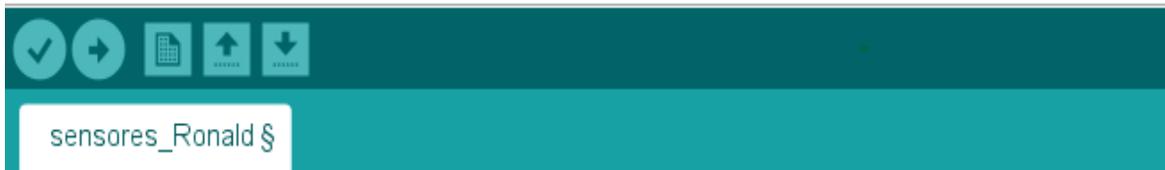
void Turvidez() {
    analogReadResolution(12);
    analogSetWidth(12);
    analogSetPinAttenuation(32, ADC_11db);

    sensorValue = analogRead(32);
    NTU = map(sensorValue, 800, 2500, 5.0, 0.0);

    if(NTU >= 5){
        sendMessage("Turbidez muy alta");
    }
}

void Ph() {

```



```

void Ph() {
  for (int i = 0; i < 10; i++)
  {
    buffer_arr[i] = analogRead(36);
    delay(30);
  }
  for (int i = 0; i < 9; i++)
  {
    for (int j = i + 1; j < 10; j++)
    {
      if (buffer_arr[i] > buffer_arr[j])
      {
        temp = buffer_arr[i];
        buffer_arr[i] = buffer_arr[j];
        buffer_arr[j] = temp;
      }
    }
  }
  avgval = 0;
  for (int i = 2; i < 8; i++)
    avgval += buffer_arr[i];
  float volt = (float)avgval * 3.3 / 4096.0 / 6;

  ph_act = -5.70 * volt + calibration_value;

  if(ph_act > 11){
    sendMessage("Ph muy alto");
  }
  if(ph_act < 5){
    sendMessage("Ph muy bajo");
  }
}

```



```

}

void Do() {
    Temperaturet = (uint8_t)READ_TEMP;
    ADC_Raw = analogRead(34);
    ADC_Voltage = uint32_t(VREF) * ADC_Raw / ADC_RES;

    float DO;
    DO = (readDO(ADC_Voltage, Temperaturet));
    oxigeno = (DO/1000)+8;

    if(oxigeno < 4){
        sendMessage("Nivel de oxigeno muy bajo");
    }
}

void sendMessage(String message) {

    // Data to send with HTTP POST
    String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" + phoneNumber + "&apikey=" + apiKey + "&text=" + urlEncode(message);
    HTTPClient http;
    http.begin(url);

    // Specify content-type header
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

    // Send HTTP POST request
    int httpResponseCode = http.POST(url);

    /*if (httpResponseCode == 200) {
        Serial.println("Message sent successfully");
    }
}

```

```

// Send HTTP POST request
int httpResponseCode = http.POST(url);

/*if (httpResponseCode == 200) {
    Serial.println("Message sent successfully");
}
else {

    Serial.println("Error sending the message");
    Serial.print("HTTP response code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
}*/

// Free resources
http.end();
}

```



arduino2_recepciona

```

#include <SPI.h> // Librería para la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface)
#include <SD.h> // Librería para manejar la tarjeta SD
#include <FS.h> // Librería para manejar el sistema de archivos
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

RTC_DS3231 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Domingo", "Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes", "Sabado"};

#define SD_CS 5 // Definir el pin CS (Chip Select) de la tarjeta SD

String dataMessage;
String fecha;
String hora;

char datos[13]; //Variable array para capturar datos de llegada
int posicion = 0; //Variable de posición para datos de llegada.

char *resultado = NULL; //Variable de segmentación de datos string de llegada.
char separador[] = "OTNP"; //Variable separadora de datos
int valores[] = {0,0,0,0}; //Variable de tipo array para almacenar datos segmentados
int oxigeno;
int tem;
int ntu;
int ph;

unsigned long Tiempo_Tx; //Variable de tiempo para transmisión de datos.

void setup()
{
    Serial.begin(115200);

    SD.begin(SD_CS);

```

A screenshot of an IDE window showing C++ code for an Arduino project named 'arduino2_recepciona'. The code is enclosed in curly braces and includes several initialization and file-handling steps. It starts with serial communication setup, followed by SD card initialization and file creation. It also includes a check for an RTC module and a date-time adjustment.

```
{
  Serial.begin(115200);

  SD.begin(SD_CS);
  if(!SD.begin(SD_CS)) {
    Serial.println("Card Mount Failed");
    return;
  }
  uint8_t cardType = SD.cardType();
  if(cardType == CARD_NONE) {
    Serial.println("No SD card attached");
    return;
  }
  Serial.println("Initializing SD card...");
  if (!SD.begin(SD_CS)) {
    Serial.println("ERROR - SD card initialization failed!");
    return; // init failed
  }
  File file = SD.open("/data.txt");
  if(!file) {
    Serial.println("File doesn't exist");
    Serial.println("Creating file...");
    writeFile(SD, "/data.txt", "Date, Time, Temperature, Humidity \r\n");
  }
  else {
    Serial.println("File already exists");
  }
  file.close();

  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  rtc.adjust(DateTime(2023, 11, 24, 14, 36, 0));
}
```

```

arduino2_recepciona

rtc.adjust(DateTime(2023, 11, 24, 14, 36, 0));
delay(3000);
}

void loop()
{
  DateTime now = rtc.now();

  fecha = String(now.year(), DEC) + ":" + String(now.month(), DEC) + ":" + String(now.day(), DEC);

  hora = String(now.hour(), DEC) + ":" + String(now.minute(), DEC) + ":" + String(now.second(), DEC);

  boolean segmentacion;          //Variable para segmentación de datos después de la recepción de datos.

  //Recepción de datos
  while(Serial.available()>0)
  { //Mientras haya datos en el buffer ejecuta la función
    delay(5); //Ponemos un pequeño retardo para mejorar la recepción de datos
    datos[posicion] = Serial.read(); //Leemos un carácter del string "cadena" de la "posición", luego lee el siguiente carácter con "posición++"
    posicion++; //Aumentamos la variable en 1 para ir leyendo los datos de llegada uno a uno
    segmentacion = true; //Después de la recepción de datos, aprobamos (true) para introducir la segmentación de datos
  }
  posicion = 0; //Encerramos el contador de posición para empezar de nuevo en la próxima recepción de datos.

  //Segmentación de datos.
  if(segmentacion == true)
  {
    int index = 0;
    resultado = strtok(datos, separador); //Separamos los datos correspondientes a O, T, N y P.
    while((resultado != NULL) && (index<4))
    {
      valores[index++] = atoi(resultado); //Almacenamos los datos segmentados en el array y los transformamos de string a entero.
      resultado = strtok(NULL, separador); //Anulamos los resultados para una próxima segmentación.
    }
  }
}

```

```

arduino2_recepciona$
}
segmentacion = false; //Despues de la segmentación, lo desaprobamos (false) hasta nuevos datos de recepción.
}

oxigeno = valores[0];
tem = valores[1];
ntu = valores[2];
ph = valores[3];

if(now.minute()==30 && now.second()==0){
  logSDCard();
}
if(now.minute()==59 && now.second()==0){
  logSDCard();
}

Serial.println(fecha);
Serial.println(hora);
Serial.println(oxigeno);
Serial.println(tem);
Serial.println(ntu);
Serial.println(ph);
delay(500);
}

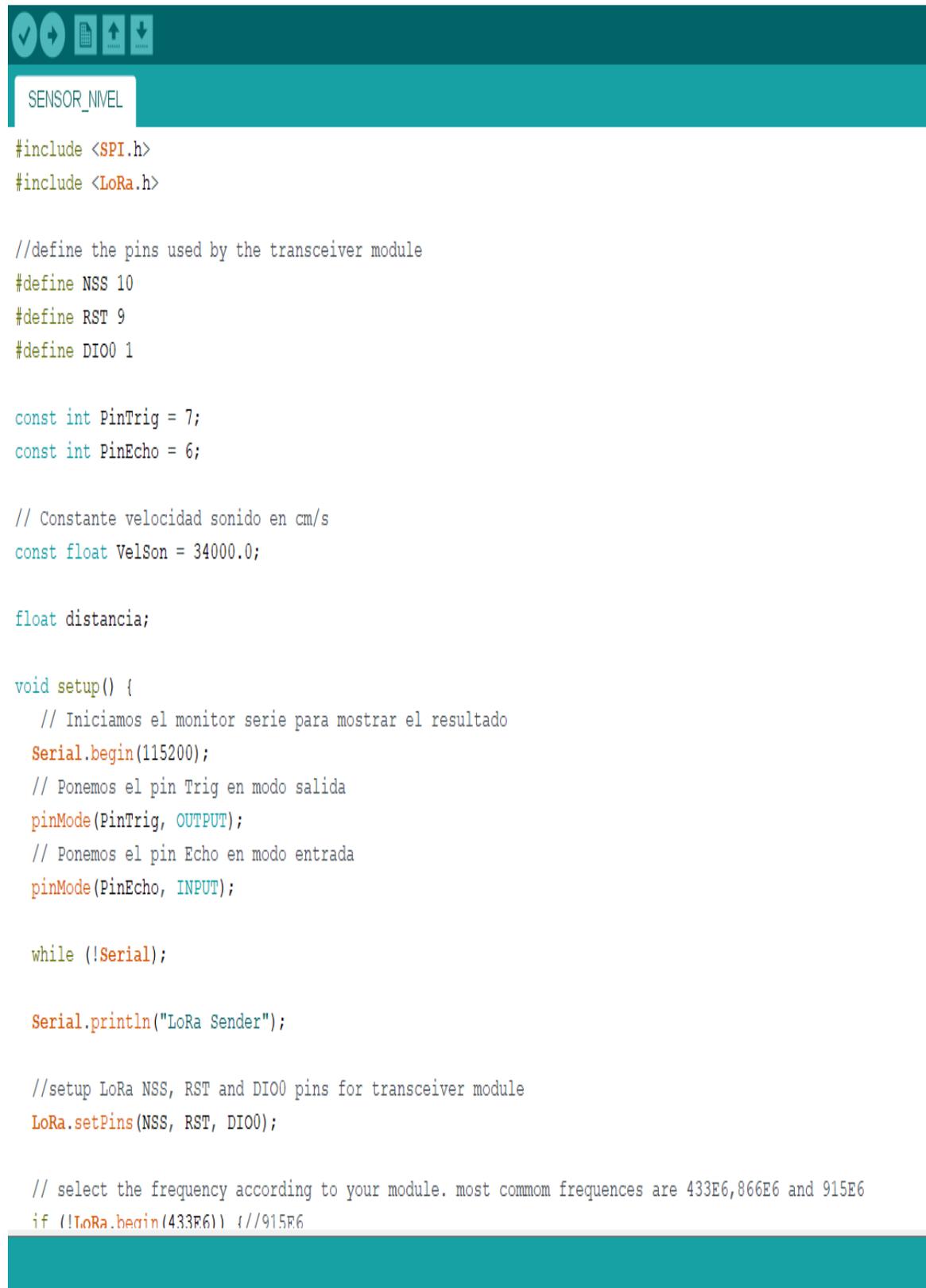
// Write the sensor readings on the SD card
void logSDCard() {
  dataMessage = fecha+","+hora+","+String(oxigeno)+","+String(tem)+","+String(ntu)+","+String(ph)+ "\r\n";
  Serial.print("Save data: ");
  Serial.println(dataMessage);
  appendFile(SD, "/data.txt", dataMessage.c_str());
}

// Write to the SD card (DON'T MODIFY THIS FUNCTION)
void writeFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {

```



```
arduino2_recepciona $
-----
Serial.print("Save data: ");
Serial.println(dataMessage);
appendFile(SD, "/data.txt", dataMessage.c_str());
}
// Write to the SD card (DON'T MODIFY THIS FUNCTION)
void writeFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {
  Serial.printf("Writing file: %s\n", path);
  File file = fs.open(path, FILE_WRITE);
  if(!file) {
    Serial.println("Failed to open file for writing");
    return;
  }
  if(file.print(message)) {
    Serial.println("File written");
  } else {
    Serial.println("Write failed");
  }
  file.close();
}
// Append data to the SD card (DON'T MODIFY THIS FUNCTION)
void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {
  Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);
  File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
  if(!file) {
    Serial.println("Failed to open file for appending");
    return;
  }
  if(file.print(message)) {
    Serial.println("Message appended");
  } else {
    Serial.println("Append failed");
  }
  file.close();
}
```

Anexo 2. Código de programación nivel.


```

SENSOR_NIVEL

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

//define the pins used by the transceiver module
#define NSS 10
#define RST 9
#define DIO0 1

const int PinTrig = 7;
const int PinEcho = 6;

// Constante velocidad sonido en cm/s
const float VelSon = 34000.0;

float distancia;

void setup() {
  // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
  Serial.begin(115200);
  // Ponemos el pin Trig en modo salida
  pinMode(PinTrig, OUTPUT);
  // Ponemos el pin Echo en modo entrada
  pinMode(PinEcho, INPUT);

  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Sender");

  //setup LoRa NSS, RST and DIO0 pins for transceiver module
  LoRa.setPins(NSS, RST, DIO0);

  // select the frequency according to your module. most common frequencies are 433E6,866E6 and 915E6
  if (!LoRa.begin(433E6)) { //915E6

```



```

SENSOR_NIVEL

// select the frequency according to your module. most common frequencies are 433E6,866E6 and 915E6
if (!LoRa.begin(433E6) ) { //915E6
  Serial.println("Starting LoRa failed!");
}

LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12,default 7 see API docs
Serial.println("LoRa Initializing OK!");
}

void loop() {

  iniciarTrigger();
  // La función pulseIn obtiene el tiempo que tarda en cambiar entre estados, en este caso a HIGH
  unsigned long tiempo = pulseIn(PinEcho, HIGH);

  // Obtenemos la distancia en cm, hay que convertir el tiempo en segundos ya que está en microsegundos
  // por eso se multiplica por 0.000001
  distancia = tiempo * 0.000001 * VelSon / 2.0;
  Serial.print("Distancia value: ");
  Serial.print(distancia);
  Serial.print(" cm");
  Serial.println();

  if(distancia <= 5 || distancia >= 200){
  sendMessage(distancia);
  }
  delay(500);
}

void sendMessage(float outgoing) {
  LoRa.beginPacket(); // start packet
  LoRa.print(outgoing); // add payload
}

```



```

SENSOR_NIVEL
// por eso se multiplica por 0.000001
distancia = tiempo * 0.000001 * VelSon / 2.0;
Serial.print("Distancia value: ");
Serial.print(distancia);
Serial.print(" cm");
Serial.println();

if(distancia <= 5 || distancia >= 200){
  sendMessage(distancia);
}
delay(500);
}

void sendMessage(float outgoing) {
  LoRa.beginPacket();           // start packet
  LoRa.print(outgoing);         // add payload
  LoRa.endPacket();             // finish packet and send it
}

// Método que inicia la secuencia del Trigger para comenzar a medir
void iniciarTrigger()
{
  // Ponemos el Triiger en estado bajo y esperamos 2 ms
  digitalWrite(PinTrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  // Ponemos el pin Trigger a estado alto y esperamos 10 ms
  digitalWrite(PinTrig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);

  // Comenzamos poniendo el pin Trigger en estado bajo
  digitalWrite(PinTrig, LOW);
}

```

