

Implementación de una plataforma IoT para el seguimiento de variables en cultivos de alevinos de trucha

Daza López Diego Andrés, Eraso Muñoz Luis David.
Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, San Juan de Pasto - Colombia
Diegoandres960117@gmail.com

Resumen-El presente proyecto describe la implementación de una plataforma IoT, la cual permite visualizar los datos que arrojan los sensores en tiempo real para así hacer el seguimiento de variables en cultivos de alevinos de trucha en la empresa Acuimayo. En el desarrollo se debe tener en cuenta el análisis que se realizó con de acuerdo con el índice de mortalidad elevado que se presenta en los diferentes tanques de alevinos de truchas, lo cual permite identificar cuáles son los factores que afectan de forma directa en la producción en las etapas tempranas de crecimiento ya que son identificadas como la etapa más crítica en la producción.

Al definir la problemática que existente en el índice de mortalidad en la producción de alevinos de truchas se observa la necesidad de implementar diferentes sensores electrónicos los cuales son: temperatura, pH, humedad, amonio, dióxido de carbono, turbidez, para tener un mejor control de los factores que afectan directamente en la mortalidad. Este proyecto abarca una serie variables que deben estar en un rango óptimo para el buen desarrollo de esta especie, llevando todos estos datos a un banco de información para así poder ser monitoreado desde cualquier lugar con acceso a internet y del mismo modo mejorar el proceso de cultivo de la trucha. Dando continuidad al proyecto en el documento se especifica la programación de cada uno de los sensores y su respectiva conexión, para tener un óptimo funcionamiento en la implementación de la plataforma.

I. INTRODUCTION

La piscicultura es una actividad que desde sus orígenes ha estado vinculada estrechamente a la acuicultura, conjunto de actividades, conocimientos y técnicas de cultivo de especies acuáticas vegetales y animales; las referencias más remotas datan del año 3.500 A.C. (Ucha, 2017). La crianza de peces ha marcado diferencia con los años, es decir las mejoras que han existido permite tener más control en su producción y en su venta.

En la actualidad las empresas dedicadas a la crianza de peces, se presenta un problema muy común y son los índices elevados de muertes en etapas tempranas, por la falta de control de las diferentes variables que tienen que estar controladas para el posible crecimiento de los peces. El desarrollo del proyecto se basa en el monitoreo de variables

que previenen el índice de mortalidad de los alevinos de trucha.

La empresa Acuimayo dedicada a la producción y distribución de truchas, cuenta con elevado índice de producción debido a que es la única en la región encargada de abastecer a los clientes.

Analizando las dificultades que se presentan y los riesgos en los índices de mortalidad elevados, con el presente proyecto se pretende implementar una plataforma IoT para hacer el seguimiento de las variables como temperatura del agua y ambiente, pH, oxígeno disuelto, turbidez, nivel de agua; que afectan de manera directa en los cultivos de alevinos, creando herramientas de visualización para el análisis de datos y estableciendo alarmas para solucionar el problema de mortalidad, a partir de ello se evidencia un problema global que existe en el medio de la piscicultura, es la falta de sistemas de monitoreo y análisis de las diferentes variables que afectan de forma directa al crecimiento de los alevinos y ayudando a prevenir posibles enfermedades.

El propósito del proyecto es dar uso a diversas tecnologías para evitar la mortalidad de trucha en la etapa de alevinos, monitoreando variables físicas para el desarrollo óptimo de la especie, por ende, tener el control de estas y reducir el índice de mortalidad en la etapa temprana de alevinos de trucha.

Teniendo en cuenta el análisis de los diferentes procesos que existen con relación al desarrollo de este proyecto se concluye, que el monitoreo constante de las etapas tempranas de trucha permite un control por parte de la empresa, que reporta una mortalidad del 10% o 10.000 alevinos por cada tanque de esta sección, se pretende disminuir considerablemente el índice de mortalidad, verificando los datos obtenidos que están afectando la producción de alevinos, es decir, que la implementación de la plataforma brinda información necesaria de las posibles causas o factores.

II. OBJETIVO

- Identificar variables físicas que afecta directamente en la producción de alevinos de trucha en la empresa Acuimayo
- Definir el sistema de monitoreo, visualización y almacenamiento de las variables, dando uso del internet de las cosas (IoT), para su posterior implementación.
- Implementar el sistema de monitoreo y una plataforma IoT, que permita la adquisición de datos en tiempo real y la visualización de estos.
- Evaluar los resultados de mortalidad antes y después de implementar el sistema ubicado en la empresa Acuimayo.

III. METODOLOGÍA

El aprendizaje adquirido, se convierte en un pilar fundamental para seleccionar la posible solución para desarrollar el proyecto, concluyendo lo anterior se aplica la metodología conceptual, es claro que el mundo tecnológico ha venido cambiando de manera vertiginosa, siendo una preocupación permanente para la Universidad, uno de los principales objetivos como ingenieros mecánicos, es el diseño y construcción de maquinaria, herramientas o equipos que permitan la solución de problemas industriales; mejorando su eficiencia, a un bajo costo, con un óptimo aprovechamiento de la energía y con el menor impacto ambiental.

Las metodologías de investigación que aportan al desarrollo del proyecto permiten adquirir un amplio conocimiento con relación a la información recolectada por medio de tesis, informes, artículos, blogs etc. Y así tener una investigación amplia acerca de todos los procesos existentes aplicados que ayudan a disminuir el índice de mortalidad en alevinos de trucha. En La implementación de nuevas tecnologías en el campo industrial permite adquirir el conocimiento necesario para brindar posibles soluciones al problema de mortalidad en alevinos, siendo este un proyecto de Investigación experimental debido a que según el comportamiento de la especie y los rangos de variables físicas para su buen desarrollo dependen del seguimiento que se realice en cierto tiempo de funcionamiento del sistema.

Con toda la información recolectada y analizada minuciosamente, se da paso a formular el objetivo general que consiste en Implementar un sistema de monitoreo de variables críticas en la producción de trucha que identifique los factores de mortalidad, al identificar las variables que afectan directamente se procede a escoger los sensores más



apropiados para controlarlas y tener información precisa para poder visualizar en la plataforma.

La tecnología que se utilizara es una tarjeta Arduino que sirve para almacenar los datos arrojados por los sensores que controlan cada una de las variables que están siendo intervenidas como son: temperatura, pH, humedad, amonio, dióxido de carbono, turbidez. La plataforma IoT es la encargada de permitir visualización de los datos arrojados por los sensores y así ayude a disminuir en índice de mortalidad elevado en alevinos de truchas.

IV. REFERENTES TEÓRICOS

La optima producción en las empresas dedicadas a la piscicultura, dependen mucho de una adecuada infraestructura y de los cuidados que se tienen en el manejo y control de la producción. Hay varias empresas dedicadas al cultivo de truchas en Colombia, que han presentado un problema muy común en todos, el cual disminuye la producción y por ende la distribución. El poco control de las variables evidenciado en las diferentes empresas hace que el índice de mortalidad aumente muy significativamente.

Acuimayo es una empresa ubicada en el sur del país, en Sibundoy Putumayo, esta empresa se dedica al cultivo de trucha, sus procesos van desde etapas muy tempranas como la incubación, hasta la etapa de engorde que se prepara para su distribución y la comercialización en la región.



Figura 1 Empresa Acuimayo

La empresa Acuimayo es una de la que contiene más procesos de crianza de trucha arcoíris en la región, es decir que contienen desde la incubación de ovas hasta su comercialización. En la (Figura 1) se observa las instalaciones de la empresa y sus respectivos estanques cuando las truchas están en proceso de engorde.

En la (Figura 2), se observa el tamaño de los estanques en donde se inicia la crianza de los alevinos, este cuarto se llama sala de incubación.



Figura 2 sala de incubación.

La empresa Acuímayo cuenta con varias secciones físicas para el cultivo de trucha, se distribuye de la siguiente manera:

Sección de ambiente cerrado: en esta área se localiza las etapas de ovas, larvas y alevinos. En la Figura 3 se observa que son tanques rectangulares de fácil elaboración, el flujo de agua viene del río San Rafael que cuenta con filtros para evitar el paso de arena y objetos extraños como se visualiza en la Figura 4.



Figura 3 Tanques de cría para alevinos Acuímayo



Figura 4 Tanque de almacenamiento y filtrado de agua Acuímayo

Sección abierta: en esta área se localiza la etapa de engorde y cosecha de trucha como se observa en la Figura 5.



Figura 5 Tanque de engorde de trucha Acuímayo

El desarrollo de este trabajo de grado se trabaja en la sección de ambiente cerrado donde se encuentran tanques de ovas y tanques de alevinos, se monitorea algunos de los diez tanques donde se encuentran los alevinos de trucha.

V. RESULTADOS

Se observa que la piscicultura en esta región se inició y se formó de manera empírica y tradicional, mejorando los procesos aplicando prueba y error en algunos, en cierto tiempo notaron mejoría y otros a su vez tuvieron pérdida total de sus cultivos de trucha arcoíris, de ello la mayoría de piscicultores realizan alta inversión para lograr la adecuación ideal empleando métodos que han fracasado, infraestructuras que no cumplen por completo su objetivo, combinación de alimentos y sistemas de crianza no óptimos, entre otros. En el 2019 (Piamba, 2019), propone un sistema de monitoreo para vigilar variables críticas que afectan el cultivo de truchas y sobre todo las ovas y alevinos por su delicadeza, la mortalidad es alta y no se sabe por qué ocurre, y se han creado métodos que no han resultado viables, se busca las variables que ocasionan la mortalidad y se define las siguientes: turbidez del agua, temperatura del agua, nivel del agua en cada tanque, oxígeno disuelto y pH; se plantea una solución de bajo costo a excepción de del sensor de oxígeno y amonio debido a su elevado costo de (290 – 320 dólares) y (1500 – 2000 dólares) respectivamente por tanto no se implementaron en Acuímayo, los demás sensores se encuentran a bajo precio y hay amplio mercado en Colombia.

Al implementar el sistema, (Piamba, 2019) obtuvo información y la relaciono con la mortalidad y concluye:

- La temperatura se mantiene en rango ideal para el caso de larvas y alevinos
- La turbidez por factores naturales aumenta el paso de partículas como lodo, hojas basura, entre otros a la fuente principal, donde se ocasiona el taponamiento de tuberías, muerte de alevinos por obstrucción a las

branquias y debido al agua turbia se presenta mortalidad porque los peces no diferencian el alimento, se crea alarmas para que las aguas turbias no lleguen a la sección de los alevines y dar inicio a la recirculación del agua.

- Al implementar el sensor de oxígeno, oscilo entre los 8 y 9.5 mg/L en condiciones normales.

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza el sistema de monitoreo expuesto en donde actúan dos módulos que se conectan a la misma plataforma y uno monitorea ciertas variables en el tanque 1 y el otro el tanque 2 y 3 de la sección de alevines, (Figura 7) y (Figura 8) respectivamente.



Figura 7 Modulo 1. Presente investigación 2020



Figura 8 Modulo 2. Presente investigación 2020

Se procede a verificar que los sensores estén enviando información al módulo y que tienen un buen funcionamiento tanto el 1 y el 2, y después de verificar los datos obtenidos se procede a revisar la calibración del sensor de pH debido a que se hace con sustancia conocida en este caso con agua destilada, se comprueba con un medidor electrónico marca ATC que se lo calibra con la misma sustancia, y de ese modo se comprueba que en el medio que se encuentra el sensor que se implementa y el medidor para su respectiva verificación están con valores similares (Figura 10).



Figura 10 Verificación valores pH. Presente investigación 2020

Después se procede a verificar que los valores obtenidos por el esp32 se están subiendo a la plataforma (Figura 11).

humedad	71.00	7 minutos ago
nivel_agua_s1	1.00	7 minutos ago
nivel_agua_s2	0.00	13 minutos ago
nivel_agua_s3	0.00	13 minutos ago
pH_s1	7.31	8 minutos ago
temp_s2	20.44	11 minutos ago
temp_s3	20.50	11 minutos ago
turbidez_s1	2,649.20	7 minutos ago
turbidez_s2	691.58	11 minutos ago
turbidez_s3	2,956.92	11 minutos ago

Figura 11 Datos Ubidots Presente investigación 2020.

Para verificar que el sistema está funcionando, se simula un acuario (Figura 12) en donde se instala el sistema y se monitorea las variables anteriormente expuestas, este se lo hace con peces ornamentales que viven a temperatura ambiente y su pH bajo es similar al de las truchas, hasta obtener pruebas realizadas en la empresa y con la especie que se trabaja en el desarrollo del proyecto y midiendo todas sus variables críticas.

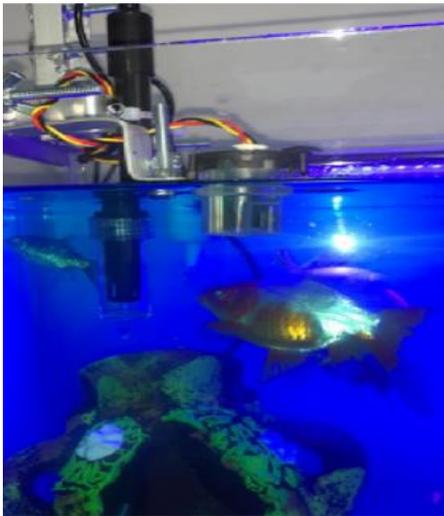


Figura 12 Peces ornamentales

VI. CONCLUSIÓN

- Las tecnologías de cuarta revolución ayudan a solucionar problemas en cualquier tipo de empresa y así mismo a detectar fallas a tiempo y donde el operario puede hacer seguimiento y visualización de la información en tiempo real y dando uso de conexión de red incluso sino está en el lugar puede supervisar lo que sucede.
- El sistema propuesto por (Piamba, 2019) genera mejorías en el ecosistema de la trucha optimizando la oxigenación de los alevines y el monitoreo de variables de las zona de incubación, siendo el proyecto desarrollado un complemento implementando el sistema en la zona de alevines teniendo un monitoreo de todas variables en un tanque y monitoreo parcial en otros dos, esto en tiempo real verificando afecciones en diferentes espacios en lapsos de tiempo y con información almacenada de los tres tanques monitoreados de los diez que cuenta la empresa.
- Se avanza en el sector acuícola implementado sistemas de monitoreo para sus cultivos a un bajo costo.
- La disminución en el índice de mortalidad en la empresa Acuímayo, genera satisfacción por parte de los dueños, con la implantación de sensores que permiten tener un monitoreo global de las variables que intervienen de forma directa en el proceso de producción y así tener más claro como intervenir.
- Las nuevas tecnologías siempre buscan mejoras en procesos industriales los cuales facilitan y permiten que los usuarios siempre estén en busca de mejores

procesos para poder seguir innovando en sus empresas.

VII. REFERENCES

- Acuicultura, Á. F. (2015). Guía para la incubación y alevinaje de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. *IMARPE*, 74.
- Adafruit. (2019). *DHT-Sensor-library*. Recuperado el 2019, de GitHub: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>
- Arias, N. M. (2018). Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14636/1/MendozaGutierrezIvanCamilo2018.pdf>
- AtlasScientific. (2019). *Dissolved Oxygen*. Recuperado el 2019, de AtlasScientific: https://www.atlas-scientific.com/product_pages/kits/do_kit.html
- BASTO, A., & PINZÓN, J. (2016). SISTEMA DE CONTROL PARA UN HÁBITAT ESTABLE DE TRUCHAS ARCOÍRIS. *Repositorio universidad Católica de Colombia*, 70.
- Brayan, P. (2019). Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20474/2/019BrayanPi%3%b1eros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BricoGeek. (27 de 05 de 2020). Obtenido de <https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html>
- CAÑAL, R. (2012). AVANCES DEL ENCADENAMIENTO PISCICOLA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. *Gobernación de Nariño*, 14.
- Cárdenas, A. (28 de Noviembre de 2016). *¿Qué es una plataforma IoT?* Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de Secmotiic: <https://secmotiic.com/plataforma-iot/>
- Cervantes, D. (2019). *Cómo usar un sensor de pH con arduino*. Recuperado el 2019, de Science and technology: <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>
- Comunicaciones, R. d. (02 de 23 de 2016). *Colombia se afianza como el segundo exportador de trucha y tilapia a Estados Unidos*. Recuperado el MAYO de 2019, de MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/colombia-se-afianza-como-exportador-de-trucha-y-tilapia.aspx>
- Deloitte. (2019). Obtenido de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>
- DFROBOT. (2019). *Analog pH Sensor*. Recuperado el 2019, de DFROBOT: <https://www.dfrobot.com/product-1110.html?search=pH&page=2>
- DFROBOT. (2019). *Analog Turbidity Sensor for Arduino*. Recuperado el 2019, de DFROBOT: <https://www.dfrobot.com/product-1394.html?search=turbi>
- DFROBOT. (07 de 08 de 2020). Obtenido de <https://www.dfrobot.com/product-1394.html>
- Dussán, S., Vanegas, O., Chavarro, A., & Molina, 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.
- electronics, M. (1 de Mayo de 2019). *ARDUINO MEGA 2560*. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de Arduino.cl: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Electronilab. (01 de 05 de 2019). *ESP8266 -ESP-01*. Recuperado el 01 de 06 de 2019, de Electronilab:



- <https://electronilab.co/tienda/esp8266-modulo-wifi-serial-transceptor/>
- Engineering, T. C. (2019). *¿Qué es la NTU?* Recuperado el 2019, de Tecno Converting Engineering: <https://www.tecnoconverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>
 - **FUNCIONES MINAGRICULTURA.** (20 de mayo de 2019). Recuperado el junio de 2019, de MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL: <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/quienes-somos/Paginas/Funciones.aspx>
 - Gall, G., & Crandell, P. (1992). The rainbow trout. *Aquaculture*, 100.
 - IAC. (2018). *¿Qué es IoT?* Recuperado el 30 de 05 de 2019, de IAC - Ingeniería Asistida por Computador: <https://www.iac.com.co/que-es-iot/>
 - Ipower. (2019). Obtenido de <http://ipowerelectronics.com/biometrico/2159-sensor-ph-metro-analogico-electrodo-sonda-arduino-raspberry.html>
 - Ipower. (2019). Obtenido de <http://ipowerelectronics.com/biometrico/2159-sensor-ph-metro-analogico-electrodo-sonda-arduino-raspberry.html>
 - Llamas, L. (21 de Febrero de 2019). *Protocolos de Comunicación para IoT.* Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de LuisLlamas: <https://www.luisllamas.es/protocolos-de-comunicacion-para-iot/>
 - **MANUAL PRÁCTICO PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS.** (2014). Guatemala: FAO.
 - Martínez, A. (2012). *Evaluación de cría, levante y engorde de trucha arcoiris.* Recuperado el 2019, de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos96/evaluacion-cria-levante-y-engorde-trucha-arcoiris-colombia/evaluacion-cria-levante-y-engorde-trucha-arcoiris-colombia.shtml>
 - Mathworks. (2019). *Matlab.* Recuperado el 2019, de Mathworks: https://la.mathworks.com/?s_tid=gn_logo
 - MAXIM INTEGRATED. (2019). *DS18B20-SL+T&R.* Recuperado el 2019, de MaximIntegrated: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors.html>
 - Montañez, F. (2017). Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/20703/1/169076.pdf>
 - Mouser Electronics. (2019). *Atmel/Microchip.* Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de Mouser Electronics: <https://www.mouser.mx/atmel/>
 - Navarro, A., Padilla, J., & Prías, J. (2013). Construcción de un Sistema de Instrumentación para la medición de la temperatura, PH y Oxígeno disuelto presentes en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. *Scientia et Technica*, 7.
 - NAYLAMP. (2017). Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/46_Tutorial-sensor-de-temperatura-DS18B20.html
 - Naylamp. (2019). *Tutorial sensor digital de temperatura DS18B20.* Recuperado el 2019, de Naylamp Mechatronics: https://naylampmechatronics.com/blog/46_Tutorial-sensor-de-temperatura-DS18B20.html
 - NAYLAMP. (07 de 2020). Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>