Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

TECNOLOGÍA IOT PARA EL MONITOREO PREDICTIVO DE OXÍGENO EN PECES

IOT TECHNOLOGY FOR PREDICTIVE OXYGEN MONITORING IN FISH

Ma. Guadalupe Galeana Brito
Tecnológico Nacional de México

Enrique Mena Salgado
Tecnológico Nacional de México

Daniel Alvarez Valente
Tecnológico Nacional de México

Rocio de la Cruz Centeno Teliz
Tecnológico Nacional de México

Adan Molina Vergara
Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4.25803

Tecnología IoT para el Monitoreo Predictivo de Oxígeno en Peces

Ma. Guadalupe Galeana Brito[1]
Guadalupe.galeana@iguala.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0007-3968-4314
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Iguala
México

Enrique Mena Salgado
Enrique.mena@iguala.tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0002-8862-7355
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Iguala
México

Daniel Alvarez Valente
22670067@iguala.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0001-0147-764X
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Iguala
Iguala de la Independencia
México

Rocio de la Cruz Centeno Teliz
22670055@iguala.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0005-9276-6162
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Iguala
Iguala de la Independencia
Mexico

Adan Molina Vergara
22670029@iguala.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0008-0187-8102
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Iguala
Iguala de la Independencia
México

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla e implementa un ecosistema de monitoreo continúo basado en Internet de las Cosas (IoT) para la gestión automatizada de oxígeno disuelto en hábitats de cultivo de tilapia. La arquitectura propuesta integra hardware de código abierto (plataforma Arduino) y sensores electroquímicos para la adquisición de datos, utilizando el gestor InfluxDB para el almacenamiento estructurado de series de tiempo. El sistema permite transitar de muestreos manuales e ineficientes a una supervisión en tiempo real, facilitando la detección inmediata de niveles de hipoxia mediante una interfaz de visualización dinámica. Los resultados demuestran que la integración de estas tecnologías fortalece la toma de decisiones preventivas, garantizando la viabilidad biológica del ecosistema mediante el análisis preciso de las fluctuaciones de oxígeno.

Palabras clave: Acuicultura, Arduino, InfluxDB, Internet de las Cosas (IoT), Oxígeno disuelto.

[1] Autor principal
Correspondencia: Guadalupe.galeana@iguala.tecnm.mx

IoT Technology for Predictive Oxygen Monitoring in Fish

ABSTRACT

This work aims to develop and implement a continuous monitoring ecosystem based on the Internet of Things (IoT) for the automated management of dissolved oxygen in tilapia farming habitats. The proposed architecture integrates open-source hardware (Arduino platform) and electrochemical sensors for data acquisition, using the InfluxDB database management system for structured time-series storage. The system allows for a transition from inefficient manual sampling to real-time monitoring, facilitating the immediate detection of hypoxia levels through a dynamic visualization interface. The results demonstrate that the integration of these technologies strengthens preventative decision-making, ensuring the biological viability of the ecosystem through the precise analysis of oxygen fluctuations.

Keywords: Aquaculture, Arduino, InfluxDB, Internet of Things (IoT), Dissolved Oxygez

Artículo recibido 20 julio 2026
Aceptado para publicación: 20 agosto 2026

INTRODUCCIÓN

El oxígeno disuelto (OD) es el parámetro más crítico en la acuicultura. Los estándares de calidad del agua exigen niveles óptimos iguales o superiores a 5.0 mg/L; concentraciones entre 3.0 y 5.0 mg/L causan estrés fisiológico, y valores menores a 3.0 mg/L provocan mortalidad masiva por hipoxia. La medición tradicional mediante muestreos manuales es insuficiente, ya que ignora la dinámica diaria del gas y retrasa la toma de decisiones críticas.

Para superar estas limitaciones, expone la implementación de un ecosistema de monitoreo continúo basado en el Internet de las Cosas (IoT). La integración de sensores y microcontroladores automatiza la adquisición, transmisión y almacenamiento de datos en tiempo real, transformando la simple lectura local en un sistema de inteligencia de datos. Esta arquitectura tecnológica facilita la visualización inmediata y genera un registro histórico robusto, indispensable para el análisis predictivo, la prevención de crisis hipóxicas y la viabilidad del hábitat piscícola.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se utiliza un modelo de desarrollo lineal de cinco etapas, permitiendo un control riguroso sobre la integración del hardware y la gestión de la información.

Fase 1: Especificación de Parámetros y Requisitos

Se definieron los criterios técnicos y biológicos para el sostenimiento de peces beta, estableciendo los umbrales críticos de oxígeno disuelto frente a los métodos manuales. Tecnológicamente, se seleccionó la plataforma Arduino para procesar el nodo sensor y una arquitectura IoT para garantizar un flujo constante de datos.

Fase 2: Arquitectura y Diseño de la Solución

Se procedió a la estructuración técnica del ecosistema, diseñando los diagramas de conexión para los sensores electroquímicos y la lógica de comunicación inalámbrica. En esta fase, se configuró el esquema de la base de datos en InfluxDB, seleccionada específicamente por su eficiencia en el manejo de series de tiempo, permitiendo que cada registro de calidad de agua se almacene con una precisión temporal absoluta.

Fase 3: Desarrollo y Programación del Sistema

Se implementaron algoritmos de adquisición de datos en el microcontrolador. El código se optimizó para garantizar lecturas precisas del sensor de oxígeno disuelto y su correcta transmisión telemétrica. Además, se desarrollaron funciones para asegurar una conexión estable entre el hardware local y el servidor de almacenamiento.

Fase 4: Implementación y Configuración en Entorno Real.

El despliegue consistió en la instalación física de los dispositivos en los depósitos de acuicultura destinados a los ejemplares de pez beta. Se realizaron protocolos de calibración para eliminar el ruido en las señales analógicas y se verificó la correcta sincronización del tablero de monitoreo. Además, se definieron las alertas visuales que se activan automáticamente cuando los niveles de gas se desvían de los estándares establecidos.

Fase 5: Evaluación y Validación de Resultados

Mediante pruebas de monitoreo continuo, se validó la estabilidad operativa del sistema. Se confirmó su capacidad para detectar hipoxia tempranamente, garantizando un entorno seguro y tecnificado. Asimismo, los ajustes aseguraron una transición de datos físicos a digitales fluida y exacta.

Desarrollo

Para el desarrollo del ecosistema físico se hizo uso de una placa microcontroladora (tipo Arduino) ya disponible para el proyecto, acoplada a un sensor especializado en la medición de oxígeno disuelto. Esto permitió realizar las lecturas de forma directa en el hábitat de los peces beta. Asimismo, se integraron diversas librerías específicas para la gestión de red y la conexión telemétrica, con el objetivo de facilitar la exportación de los datos hacia el gestor InfluxDB para su almacenamiento como series de tiempo. No fue necesario adquirir servidores físicos adicionales, ya que el sistema aprovechó la conectividad local para el envío de la información.

Para ilustrar la arquitectura implementada, la Imagen 1 muestra el flujo de monitoreo en tiempo real desde la captura del dato hasta su almacenamiento, y la Imagen 2 detalla el diagrama de conexión electrónica de la placa con el sensor.

Imagen 1 Diagrama de flujo de monitoreo en tiempo real.

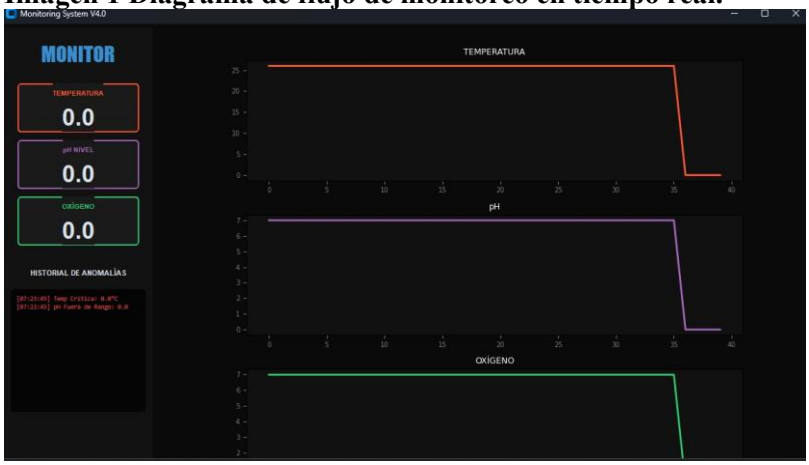
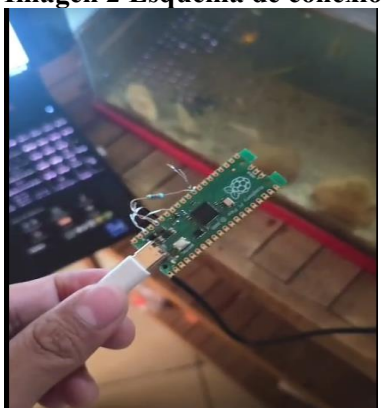


Imagen 2 Esquema de conexión de la placa microcontroladora y el sensor de oxígeno.



Con base en los diseños establecidos durante la fase de planificación, se implementaron las interfaces de visualización (Dashboard), cuidando aspectos visuales y de legibilidad para las gráficas de tendencia. Durante este proceso, surgieron ajustes necesarios derivados de la interacción práctica del sensor con el medio acuático, lo cual llevó a modificar algunos parámetros de lectura y frecuencia de muestreo que, aunque planeados inicialmente, no resultaban viables para el comportamiento dinámico del agua. Estos cambios permitieron optimizar la comunicación entre el hardware de recolección y la base de datos, ajustando la estructura de los paquetes de información para mejorar la velocidad de respuesta del sistema y asegurar que las alertas se reflejaran sin retrasos.

A continuación, la Tabla 1 presenta una muestra representativa de las concentraciones capturadas durante un periodo de observación de tres días, contrastando el valor físico con el estado operativo del ecosistema.

Tabla 1. Registro Telemétrico Simulado de Oxígeno Disuelto en Hábitat de Pez Beta

Fecha de Muestreo	Periodo Operativo	Hora de Registro (Timestamp)	Lectura de OD (mg/L)	Estado del Ecosistema
Día 1	Mañana	06:15 a. m.	4.8 mg/L	Alerta / Estrés leve
Día 1	Tarde	02:30 p. m.	6.1 mg/L	Óptimo
Día 1	Noche	10:00 p. m.	5.5 mg/L	Óptimo
Día 2	Mañana	05:50 a. m.	4.6 mg/L	Alerta / Estrés leve
Día 2	Tarde	03:10 p. m.	6.3 mg/L	Óptimo
Día 2	Noche	11:15 p. m.	5.4 mg/L	Óptimo
Día 3	Mañana	06:05 a. m.	4.9 mg/L	Alerta / Estrés leve
Día 3	Tarde	01:45 p. m.	6.0 mg/L	Óptimo
Día 3	Noche	10:30 p. m.	5.6 mg/L	Óptimo

Resultados

A continuación, se enumeran los principales logros alcanzados durante el desarrollo e implementación del ecosistema, destacando que la fase práctica y experimental se ejecutó de la mejor manera, cumpliendo con los objetivos técnicos planteados:

- Sensado ininterrumpido**:** Se logró un monitoreo constante y estable de los niveles de oxígeno disuelto en el hábitat del pez beta, capturando sin fallas las fluctuaciones reales a lo largo del día y la noche.
- Integración de hardware y software**:** Instalación exitosa y comunicación fluida entre el nodo sensor (basado en microcontrolador) y la arquitectura de red.

- Almacenamiento estructurado**:** Implementación funcional de la transmisión de datos hacia la base de datos InfluxDB, garantizando la integridad de cada registro como una serie de tiempo exacta.
- Generación de inteligencia operativa**:** Creación de un panel de visualización que traduce los datos crudos en gráficas de tendencia legibles en tiempo real.
- Validación de alertas preventivas**:** Comprobación empírica de la capacidad del sistema para detectar descensos de oxígeno hacia la franja de "Alerta", superando las limitaciones del monitoreo manual.

Al pasar de registros estáticos a una base de datos conectada, el oxígeno deja de ser un misterio y se vuelve un factor bajo control. El experimento validó que la tecnología es útil cuando permite reaccionar a tiempo, cuidando a los peces a distancia y garantizando su salud sin necesidad de estar presentes físicamente en todo momento.

Recomendaciones

El ecosistema IoT desarrollado establece una base tecnológica sólida para el monitoreo de la calidad del agua; sin embargo, su arquitectura escalable permite la integración de nuevas capas de inteligencia artificial y automatización. Para futuras fases del proyecto, se proponen las siguientes implementaciones:

- Integración de Bioacústica y Reconocimiento de Sonidos: Se recomienda la incorporación de hidrófonos de bajo costo al nodo Arduino para capturar el espectro acústico del estanque. Mediante algoritmos de aprendizaje automático (*Machine Learning*), el sistema podrá identificar los patrones sonoros del pez beta asociados al estrés, la respiración en superficie o la actividad de nado, correlacionándolos con los niveles de oxígeno.
- Cálculo Dinámico de Horarios de Alimentación: Utilizando los registros históricos de InfluxDB, se propone desarrollar un algoritmo que determine los horarios óptimos para la alimentación. Al cruzar los picos de mayor concentración de oxígeno con los periodos de mayor actividad acústica, el sistema podrá generar cronogramas de alimentación precisos, mejorando la conversión metabólica del pez y reduciendo el desperdicio de alimento que contamina el agua.

- Modelos Predictivos de Hipoxia: Aprovechando la base de datos de series de tiempo, se sugiere entrenar un modelo predictivo capaz de anticipar caídas críticas de oxígeno disuelto con horas de anticipación, basándose en el comportamiento cíclico diario, alertando al usuario antes de que el agua alcance la franja de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amazon Web Services, Inc. (s.f.). ¿Qué es una base de datos? - Explicación de las bases de datos en la nube. https://aws.amazon.com/es/what-is/database/

Andrade Pérez, C. A., Flores Saavedra, M., Taboada Vázquez, J., Anguiano Bello, E., & Chávez Solano, J. (2025). Aplicación Web Local para la Gestión de Material Bibliográfico en el Centro de Información del Instituto Tecnológico de Iguala. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(4), 10709-10718. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

Arduino. (2023). *Arduino Docs: Hardware and Software for IoT and Data Acquisition*. https://docs.arduino.cc/

Bharathiraja. (2021, 24 de diciembre). *PHP Read and Write Excel File Using PhpSpreadsheet*. Medium. https://medium.com/ampersand-academy/php-read-and-write-excel-file-using-phpspreadsheet-ec0b41fb1fd0

Boyd, C. E. (2020). *Water Quality: An Introduction* (3.a ed.). Springer.

Colaboradores de Wikipedia. (2024, 27 de enero). *Clasificación de la Biblioteca del Congreso*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_la_Biblioteca_del_Congreso

Flores, A. (2022, 17 de abril). ¿Qué es la maquetación web? ¡Enamora a tus usuarios a primera vista! Crehana. https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/que-es-maquetacion-web/

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2022). *Water quality management in aquaculture*. Fisheries and Aquaculture Department.

Hackio. (2022, 16 de diciembre). *¿Qué es la programación web?* https://www.hackio.com/blog/que-es-la-programacion-web

InfluxData. (2024). *InfluxDB Time Series Database Documentation*. https://docs.influxdata.com/

Islas, D. S. (2025, 20 de mayo). *Qué es un sitio web: definición, componentes y cómo funciona*. Blog de Wix. https://es.wix.com/blog/que-es-un-sitio-web

Lastreto, R. (2018, 14 de febrero). *La clasificación en las bibliotecas*. Soy Bibliotecario. https://soybibliotecario.blogspot.com/2018/02/la-clasificacion-en-las-bibliotecas.html

Llevat, N. (2025, 3 de marzo). *Entornos Web: qué son, cuántos hay y aplicaciones en las empresas*. iFP. https://www.ifp.es/blog/entornos-web-que-son-cuantos-hay-aplicaciones-empresas

Monvises, A., Nuangsaeng, B., Panyaarachun, N., & Raksasiri, P. (2009). The Siamese fighting fish: Behaviour and water quality requirements. *Aquaculture Research*, *40*(1), 1-14.

Oracle. (2020, 24 de noviembre). *What Is a Database?* https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/

PhpSpreadsheet. (s.f.). *PHPSpreadsheet Documentation*. Read the Docs. https://phpspreadsheet.readthedocs.io/en/latest/

QZ Industries. (s.f.). qz | Getting Started. https://qz.io/docs/getting-started

Qzind. (s.f.). *Architecture*. GitHub. https://github.com/qzind/tray/wiki/Architecture

TripleTen México. (2025, 28 de marzo). *Las mejores Herramientas de Desarrollo Web que debes usar*. TripleTen. https://tripleten.mx/blog/las-mejores-herramientas-de-desarrollo-web-que-debes-usar/

Vargas, L., & Mota, V. C. (2022). Internet of Things (IoT) for continuous water quality monitoring in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, *98*, 102244.