

# INTELLIGENT MONITORING OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN GREENHOUSES WITH LORA FOR AGRICULTURAL OPTIMIZATION

Laura Cristina Mieles Baron <sup>1</sup>, Fernando Jose Guañuna Ramirez <sup>2</sup>, Karen Michelly Moreira Torres <sup>3</sup>

\*CORRESPONDENCIA  
Corresponding Author  
[cristinabron001@gmail.com](mailto:cristinabron001@gmail.com)

Pikenani Journal  
Recibido: 28 Mayo 2023  
Aceptado: 30 Junio 2023  
Publicado: 17 Julio 2023

CITACIÓN  
Mieles, C., Guañuna, F., Moreira, K. (2023) Intelligent monitoring of temperature and humidity in greenhouses with lora for agricultural optimization. Pikenani 1(2),14.

COPYRIGHT: © 2023. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia de Atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite al autor original y la fuente.

## Resumen

Esta investigación cualitativa se centra en el análisis de un software de monitoreo para visualizar y tomar decisiones sobre variables de temperatura y humedad en la zona agrícola de La Belleza. El estudio propone el uso de tecnología LoRa para el monitoreo, con la implementación de software innovador y el uso de metodologías ágiles. El objetivo es mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en las actividades agrícolas de la zona. Los instrumentos de recolección de datos incluyen un cuestionario y entrevistas, y se implementa una arquitectura LoRa para la comunicación inalámbrica. Se destaca la importancia de la tecnología LoRa en La Belleza por su alta tolerancia a interferencias, larga duración de batería y capacidades de largo alcance. El proyecto tiene como objetivo diseñar un software de monitoreo de variables de temperatura y humedad en la zona agrícola de La Belleza, utilizando tecnología LoRa y metodología ágil. El objetivo es mejorar la recopilación y gestión de datos climáticos en la zona para facilitar la toma de decisiones informadas en el sector agrícola. El documento analiza las tecnologías clave que se utilizarán y plantea preguntas de investigación sobre los desafíos y el impacto potencial del proyecto. El enfoque de investigación empleado es cualitativo. La tecnología LoRa opera en colaboración con redes IoT para comunicación remota. Utiliza una arquitectura de red en estrella para preservar la duración de la batería. El artículo analiza los materiales utilizados para la medición de variables ambientales en la agricultura, como sensores de humedad, sensores de temperatura, sensores de presión barométrica, entre otros. También explora diferentes tipos de sensores y sus aplicaciones, así como el protocolo MQTT para visualización de datos. El artículo compara las bases de datos MySQL, PostgreSQL y MongoDB. Menciona el diseño del prototipo de análisis del sensor e incluye referencias bibliográficas.

**Palabras clave:** Agricultura<sup>1</sup>, LoRa<sup>2</sup>, Redes IoT<sup>3</sup>, Sensores<sup>4</sup>.

### Abstract

This qualitative research focuses on analysis a monitoring software to visualise and make decisions on temperature and humidity variables in the agricultural area of La Belleza. The study proposes the use of LoRa technology for monitoring, with innovative software implementation and use agile methodologies usages. The aim is to improve efficiency and decision-making in agricultural activities in the area. Data collection instruments include a questionnaire and interviews, LoRa architecture is implemented for wireless communication. LoRa technology in La Belleza importance is highlighted due to its high tolerance to interference, long battery life and long range capabilities. The project aims to design a software for monitoring temperature and humidity variables in the agricultural area in La Belleza, using LoRa technology and agile methodology. The objective is to improve climate data collection and area management to facilitate informed decision-making in the agricultural sector. This paper discusses the key technologies to be used and poses research questions about challenges and potential impact of the project. The research approach employed was qualitative. LoRa technology operated in collaboration with IoT networks for remote communication. It used a star network architecture to preserve battery life. The article analyses the materials used for measuring environmental variables in agriculture, such as humidity sensors, temperature sensors, barometric pressure sensors, among others. It also explored different sensors types and their applications, as well as MQTT protocol for data visualisation. The article compared MySQL, PostgreSQL and MongoDB databases. It mentions sensor analysis prototype desing bibliographical references.

**Keywords:** Agriculture<sup>1</sup>, LoRa<sup>2</sup>, IoT networks<sup>3</sup>, Sensors<sup>4</sup>.

## 1 Introducción

La investigación se enfoca en la zona agropecuaria de La Belleza, donde se enfrenta un desafío crucial vinculado a la gestión de riesgos climáticos en la producción agrícola. La insuficiencia de información confiable y actualizada sobre variables climáticas, como la temperatura y la humedad, constituye un obstáculo significativo para anticipar y responder eficazmente a los cambios ambientales. Esta carencia crítica de datos impacta negativamente la toma de decisiones informadas en el sector agropecuario, afectando la resiliencia y la capacidad de adaptación frente a los desafíos climáticos. En respuesta a esta problemática, se propone el diseño de un software de monitoreo de variables climáticas, con el objetivo de proporcionar a agricultores y actores relevantes del sector una herramienta efectiva que les permita visualizar y analizar en tiempo real la temperatura y humedad en diferentes áreas de producción.

El problema central radica en la ausencia de información climática confiable y actualizada en la zona agropecuaria de La Belleza. El objetivo primordial es desarrollar un software de monitoreo que utilice tecnología de sensores y dispositivos de medición para ofrecer una solución efectiva que permita la toma de decisiones fundamentadas y mejore la resiliencia del sector agropecuario frente a las adversidades climáticas. Para la implementación de esta solución, se empleará la metodología ágil XP (Programación Extrema), destacando su enfoque centrado en prácticas de desarrollo y mejora continua del código. Este enfoque específico se adapta a la naturaleza del proyecto, garantizando calidad y eficiencia en el proceso de creación del software de monitoreo climático.

Se anticipa que la implementación de la arquitectura IoT y el software de monitoreo propuesto mejorarán la recopilación y gestión de datos climáticos en La Belleza. Se espera que la conexión en tiempo real mediante tecnologías como LoRa y la integración con bases de datos faciliten un acceso dinámico a la información, mejorando la toma de decisiones en el sector agropecuario. La estructura del artículo comprenderá una Introducción, un Marco Teórico, la Metodología utilizada, la Implementación de la Arquitectura IoT, el Desarrollo del Software de Monitoreo, los Resultados Esperados, las Conclusiones y las Recomendaciones.

Por ende, se detallan las siguientes tecnologías clave: Sensores de Temperatura y Humedad, Protocolos de Comunicación, Microcontroladores o Microprocesadores, Comunicación Inalámbrica, Plataforma de Desarrollo de Software, Bases de Datos, Interfaces de Usuario (UI) y Experiencia de Usuario (UX), Servidores y Almacenamiento, Seguridad, Herramientas de Análisis de Datos, Nube o Servidores Locales.

La combinación de estas tecnologías permite crear un sistema integral que no solo captura datos de temperatura y humedad, sino que también los procesa, almacena y presenta de manera accesible para los usuarios, facilitando la toma de decisiones basada en información precisa y actualizada (Contreras Lizeth, 2020).

Para abordar la problemática de estudio, se plantean dos preguntas clave:

1. ¿Cuáles son los desafíos específicos asociados al diseño e implementación de un software de monitoreo basado en la tecnología LoRa para variables de temperatura y humedad en la zona agropecuaria de La Belleza, y cómo pueden abordarse para garantizar la efectividad y confiabilidad del sistema?
2. ¿Cómo la integración de la tecnología LoRa en un software de monitoreo puede optimizar la toma de decisiones en la gestión de variables críticas como temperatura y humedad en la agricultura y ganadería?

de La Belleza, y cuál es el potencial impacto positivo en la productividad y sostenibilidad de la actividad agropecuaria en la región?

## 2 Materiales and métodos

En esta sección, se detalla con precisión la metodología empleada en la investigación, aplicando los conocimientos adquiridos en diversas materias, tales como sistemas de comunicación, administración de bases de datos, inteligencia de negocios, fundamentos de redes y sistemas interactivos multimedia.

Las técnicas utilizadas son estrategias y métodos específicos empleados para alcanzar los objetivos de manera más efectiva. Según Feria Avila et al. (2020), en un sentido científico, los métodos y técnicas son considerados fuentes de conocimiento y herramientas con perspectivas indagatorias diversas. Esto implica que los métodos y técnicas se reconocen como fuentes de conocimiento en el ámbito científico, siendo las técnicas las herramientas particulares utilizadas dentro de esos métodos con el fin de obtener información detallada.

El enfoque de la investigación es cualitativo porque, permitiendo comprender el enfoque epistemológico adoptado por el investigador, se inicia con un análisis de las principales características del tema: "Análisis de un software de monitoreo para la visualización y toma de decisiones de variables temperatura y humedad a través de la tecnología lora en el ámbito agrícola de la Belleza".

Se considera también exploratorio, ya que aborda los aspectos clave del problema para su análisis e interpretación, recurriendo a aportes provenientes de diversas fuentes bibliográficas, definiciones y contribuciones de varios autores relacionados con el objeto de estudio. Por ende, resulta crucial examinar un software de monitoreo diseñado para la visualización y toma de decisiones respecto a las variables de temperatura y humedad mediante la tecnología LoRa en la zona agropecuaria de La Belleza.

A través de un análisis detallado de las variables climáticas mediante el empleo de la tecnología LoRa, será posible determinar el tipo de suelo y clima, contribuyendo así a una agricultura más sustentable para todos los agricultores del sector La Belleza. La falta crítica de datos obstaculiza la toma de decisiones informadas en el sector agropecuario, afectando la resiliencia y la capacidad de adaptación frente a los desafíos climáticos.

Finamente descriptivo ya que tiene como objetivo detallar las principales características del objeto de estudio para el análisis del tema "Software de monitoreo para la visualización y toma de decisiones de variables de temperatura y humedad a través de la tecnología LoRa en el ámbito agrícola de La Belleza".

### Diseño del instrumento:

Se desarrolló un cuestionario compuesto por ocho preguntas que será administrado a las personas de la comunidad para obtener los datos necesarios. Se utilizará el método de la encuesta y entrevista para explorar el seguimiento de condiciones ambientales relevantes para la actividad agropecuaria, facilitando la toma de decisiones informadas en la gestión de cultivos y animales.

### **Procedimientos:**

El presente trabajo se centra en proponer el diseño de un software innovador para el monitoreo de variables climáticas, aprovechando la última tecnología en sensores y dispositivos de medición. La implementación de esta propuesta se realizará mediante la metodología ágil XP, el formato XML y la aplicación de la tecnología LoRa.

Como parte integral de esta iniciativa, se ha establecido una conexión directa a una base de datos en tiempo real, así como la integración con una API que proporciona datos actualizados de manera constante. Esta integración tecnológica avanzada permite la recopilación continua de información crucial relacionada con el fenómeno en estudio, contribuyendo así a la comprensión profunda y actualizada de las condiciones climáticas en la zona agrícola de interés.

El objetivo primordial de esta propuesta es brindar a los agricultores del sector una herramienta altamente efectiva que les permita visualizar y analizar en tiempo real las variables críticas de temperatura y humedad en distintas áreas de producción. A través de esta solución tecnológica, se busca proporcionar a los usuarios finales una perspectiva detallada y en tiempo real de las condiciones climáticas, permitiéndoles tomar decisiones informadas y estratégicas para optimizar la gestión agrícola.

En resumen, la propuesta se enmarca en la convergencia de la metodología ágil, el formato XML y la tecnología LoRa, con el propósito de ofrecer a los agricultores una herramienta integral que revolucione el monitoreo climático en el sector, contribuyendo así al desarrollo de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.

### **Técnicas E Instrumentos Utilizados:**

La implementación de la comunicación inalámbrica, utilizando tecnologías como Wi-Fi o Bluetooth, resulta fundamental para la transferencia eficiente de información entre los sensores y el sistema de monitoreo en el ámbito del proyecto. Este enfoque se ve respaldado por el uso de la metodología ágil XP, el formato XML y la aplicación de la tecnología LoRa, que en conjunto permiten una integración tecnológica robusta y eficaz.

En el contexto del desarrollo de software, se recurre a lenguajes de programación como Python, Java o C#, respaldados por frameworks específicos, para la construcción de la lógica del sistema. Las interfaces de usuario, desarrolladas mediante tecnologías web como HTML, CSS y JavaScript, son diseñadas para ofrecer a los usuarios finales una experiencia intuitiva y eficaz al visualizar y analizar los datos climáticos recopilados.

La implementación exitosa de un software de monitoreo climático en la zona de La Belleza podría tener un impacto significativo en la toma de decisiones, permitiendo la optimización de recursos y la reducción de riesgos en diversas actividades económicas. Este avance tecnológico no solo ofrece una gestión más efectiva de las variables climáticas, sino que también puede contribuir a un manejo más sostenible y eficiente de los recursos, mejorando así la resiliencia de las actividades económicas en la región.

### **Métodos:**

El crecimiento significativo de la población humana en el último siglo ha planteado desafíos considerables en el ámbito agrícola, al requerir una maximización de la producción alimentaria para satisfacer la creciente demanda. Sin embargo, la eficiencia en la agricultura está estrechamente ligada al conocimiento detallado de la tierra, considerando factores como el clima, la temperatura y el tipo de suelo para determinar qué cultivos son los más apropiados.

En este contexto, el tema de investigación aborda un análisis exhaustivo, respaldado por diversas fuentes bibliográficas, que ofrece un conocimiento específico sobre el uso de la tecnología, así como enfoques metodológicos relevantes para medir la temperatura y humedad del suelo mediante la tecnología LoRa.

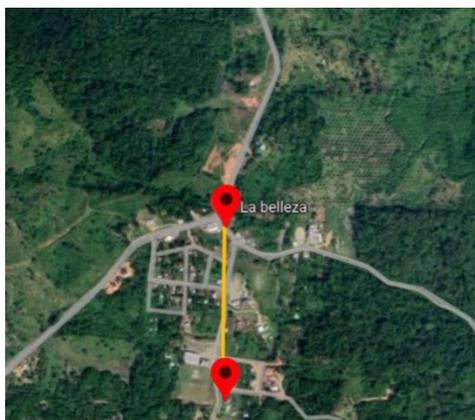
La tecnología, entendida como la aplicación de conocimientos y habilidades para crear innovaciones, ha tenido un impacto significativo en la sociedad. Según Guña et al. (2017), la tecnología se define como "el conjunto de conocimientos y técnicas aplicadas para modificar el entorno". La dependencia de la sociedad de la tecnología es evidente en todos los aspectos de la vida cotidiana.

El proyecto de investigación, titulado "Análisis de un software de monitoreo para la visualización y toma de decisiones de variables de temperatura y humedad mediante la tecnología LoRa en la zona agropecuaria de La Belleza", se centra en medir las variables fundamentales en la zona agropecuaria, utilizando estas herramientas tecnológicas para optimizar las actividades agrícolas y mejorar la producción.

El prototipo propuesto implica la colaboración de dos microcontroladores: uno transmisor y otro receptor. El primero muestra los datos en tiempo real en el campo, mientras que el segundo recibe la información y la refleja en una pantalla incorporada para su verificación sin necesidad de estar en el lugar. Además, los datos se registran en una base de datos y se reflejan en una página web, permitiendo el acceso remoto desde cualquier parte del mundo gracias a la conectividad Wi-Fi y de radiofrecuencia de los microcontroladores.

El protocolo MQTT se utiliza para mantener una sesión segura entre el usuario y el dispositivo, permitiendo al usuario visualizar datos específicos a los que está suscrito, como temperatura, humedad y presión, a través de una interfaz gráfica. Este enfoque tecnológico integral busca mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en las actividades agrícolas de la zona agropecuaria de La Belleza.

**Figura 1:** Zona geográfica la Belleza



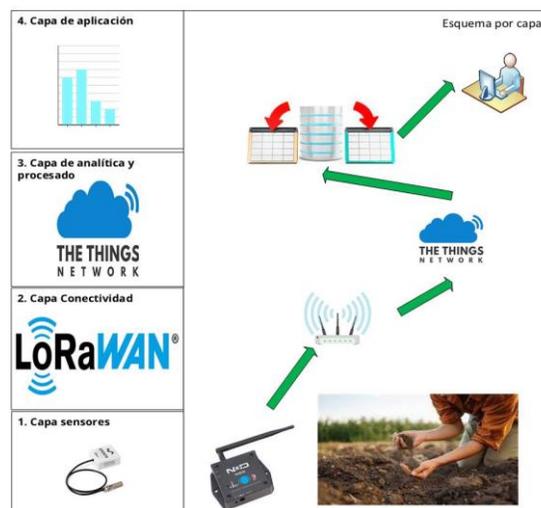
**Fuente:** Google maps, comunidad La Belleza.

La reconocida como parroquia el 30 de julio de 1998 según el registro oficial No. 372. La Belleza se encuentra delimitada al norte la parroquia García Moreno al sur el cantón Tena (provincia del Napo) al este las parroquias de Dayuma, Inés Arango y al oeste los cantones Loreto y Tena, con una cabida de 60.668,28ha con una población censal del año 2010 de 4.128 habitantes.

El 77% de los asentamientos humanos pertenecen a la jerarquía 3 cuya característica negativa es el déficit de infraestructura básica, el 21% se ubica en centros poblados definidos por la ubicación de sus viviendas y el 2% de la pertenece a la cabecera parroquial La Belleza centro administrativo que debe atender a la población conforme a las competencias específicas que señala el COOTAD.

### Arquitectura Lora

**Figura 2:** Arquitectura a implementarse



**Fuente:** Elaboración propia.

El Control de la Temperatura y Humedad Ambiente resulta vital para los cultivos. Debemos asegurarnos que su valor esté comprendido entre unos determinados valores que oscilan según el ciclo en el que se encuentre el cultivo. La conexión de este sensor de temperatura y humedad relativa con un Controlador de Clima permite controlar la temperatura y humedad del aire en un invernadero, granja, bodega o secadero, etc.

### Conexión del sensor de temperatura y humedad relativa

Red (rojo) – (V+) Alimentación de la sonda de 15-36 Vcc.

Black (negro) – (V-)/GND Alimentación de la sonda de 15-36 Vcc.

Yellow (amarillo) – (HR) Señal de salida hacia el programador de la Humedad Relativa.

White (blanco) – (T<sup>a</sup>) Señal de salida hacia el programador de la Temperatura

### **Nodos LoRa**

En la red del sistema se forman dos nodos LoRa para los cuales se utilizan tarjetas de desarrollo basadas en ESP32 las cuales incorporan un módulo LoRa 868/915 MHz, las tarjetas mencionadas permiten al usuario trabajar con datos en forma bidireccional a distancias considerables, y a través de su pantalla OLED permite la visualización de información evitando el típico cableado para integrar un display. Por medio de estas tarjetas se enviará la información a largas distancias a través de un Gateway. La frecuencia utilizada es de 915MHz.

### **LoRaWAN Gateway**

Los gateways son los encargados de conectar toda la red, es decir son los que crean la comunicación entre los nodos finales y el servidor permitiendo enviar y recibir información.

### **Servidor de Red LoRaWAN**

El servidor se encarga de recibir la información del Gateway y transmitirla hacia los dispositivos finales, este caso dispositivos móviles o computadoras. Para el servidor se utiliza en este caso un microordenador conocido como Raspberry Pi-4.

Se utilizará este tipo de tecnología arquitectónica LoRa, inalámbrica con enlaces de radio que utiliza modulación en radiofrecuencia, también conocida como CSS (Chirp Spread Spectrum) se utiliza para comunicación a largas distancias (por lo general kilómetros). Al encontrarse la comunidad La Belleza en un lugar rodeado de flora y fauna en la amazonia ecuatoriana, es necesario utilizar equipos que tengan largo alcance un radio amplio de comunicación que no generen interferencia por las condiciones del entorno.

Algunas ventajas de la tecnología LoRa:

- Alta tolerancia a las interferencias
- Alta sensibilidad para recibir datos (-168dB)
- Bajo Consumo (hasta 10 años con una batería)
- Largo alcance 10 a 20km
- Baja transferencia de datos (hasta 255 bytes)
- Conexión punto a punto
- Frecuencias de trabajo: 868 Mhz en Europa, 915 Mhz en América, y 433 Mhz en Asia

Esta tecnología opera en colaboración con las redes IoT para aprovechar las capacidades de dispositivos con la capacidad de comunicarse de manera remota. La arquitectura de red LoRa se basa en una topología de tipo estrella, lo que contribuye a preservar la vida útil de las baterías. En esta configuración, los nodos están conectados a las puertas de enlace (Gateways), en lugar de establecer conexiones directas con todos los demás dispositivos. Este enfoque crea nodos sencillos con un alcance de comunicación extenso y un bajo consumo de potencia, sin sacrificar la cobertura de la red. La complejidad principal de la red radica en el servidor, encargado de la gestión de la red, el filtrado de paquetes de datos redundantes y la seguridad de la red.

La tecnología LoRa se destaca como una solución inalámbrica emergente con características distintivas, como un alcance considerable y un bajo consumo de potencia de transmisión, especialmente adecuada para la transmisión de datos de sensores utilizados en el Internet de las cosas (IoT). LoRa utiliza una técnica de modulación conocida como espectro ensanchado y Chirp Spread Spectrum (CSS). En este método, la señal se modula en diferentes canales y velocidades, y también incorpora la corrección de errores (FEC) para mejorar la fiabilidad de la transmisión de datos.

### Sensor de Temperatura y Humedad Ambiental DHT22

El DHT22 es un sensor de temperatura y humedad básico y de bajo costo. Está constituido por un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, además cuenta con un circuito integrado básico en su interior que permite la conversión de señal analógica a digital y posteriormente envía la señal digital con los datos de temperatura y humedad.

La temperatura del suelo se relaciona de forma directa con la temperatura atmosférica. El suelo toma energía del sol, absorbe y emite calor, para mantener el equilibrio térmico. Parte es transferida al interior del suelo y otra parte es elevada al exterior. Por tanto, el suelo es la fuente de calor para la temperatura del aire, así, en un día soleado donde el suelo absorbe energía, la temperatura aumenta.

### El protocolo MQTT.

Se encarga de mantener una sesión entre el usuario y el dispositivo mediante credenciales para que el usuario pueda visualizar por una interfaz gráfica los datos obtenidos por los sensores, el usuario al utilizar este servicio sólo va a poder recibir la información a la que está suscrito, en este caso los datos de temperatura y humedad. Este protocolo va directo al bitware, se envían los datos a la nube, se almacenan en una base de datos SQL, mediante un dashware visualizamos en usuario en un computador.

**Tabla 1.** Comparación base de datos

Nombre	MySQL	PostgreSQL	MongoDB
Modelos de datos	Relacional	Relacional	No relacional
Lenguaje de consulta	SQL	SQL	MongoDB Query Lenguaje
Soporte ACID	Si	Si	Si

<b>Esquema</b>	Estricto	Flexible	Dinámico
<b>Licencia</b>	General Public	PostgreSQL License	Server Side Public License

**Fuente:** Elaboración propia.

MySQL es un gestor de bases de datos relacional multihilo y multiusuario ampliamente reconocido por su seguridad, escalabilidad y facilidad de manejo. Se basa en la arquitectura Cliente-Servidor, lo que le permite admitir múltiples conexiones simultáneas de diversos programas clientes. La licencia para el uso de MySQL está bajo la GNU GPL, aunque las empresas que deseen emplear este gestor de datos para servicios privados deberán adquirir una licencia de la empresa propietaria, Oracle Corporation.

Por otro lado, PostgreSQL es un servidor de bases de datos relacionales, un tipo de sistema muy popular que se utiliza en la creación de diversos tipos de sitios web. PostgreSQL, siendo uno de los sistemas más utilizados a nivel mundial, se distingue por ser de código libre y totalmente gratuito, gestionado por una comunidad de desarrolladores. A diferencia de MySQL, que pasó a ser propiedad de Oracle, PostgreSQL sigue siendo una opción gratuita respaldada por una comunidad activa. Aunque MySQL cuenta con una versión gratuita, esta situación está sujeta a la decisión de Oracle. Afortunadamente, existen alternativas como MariaDB, una opción sumamente similar a MySQL, en caso de que se necesite un reemplazo en el futuro.

### 3 Resultados

El monitoreo de datos climáticos es crucial para comprender el cambio climático y sus impactos en el planeta. La plataforma The Things Network (TTN) ofrece una solución de bajo costo para la recopilación de datos climáticos a través de sensores inalámbricos. Esta evaluación se centra en la eficacia del software de monitoreo para la recopilación de datos climáticos utilizando la plataforma TTN.

La evaluación se realizó simulando una serie de sensores inalámbricos conectados a la plataforma TTN. Los sensores recopilaban datos de temperatura, humedad, presión atmosférica y calidad del aire durante un período de seis meses. El software de monitoreo se utilizó para almacenar, visualizar y analizar los datos recopilados.

Almacenar de forma segura y eficiente grandes cantidades de datos climáticos: El sistema demostró una capacidad robusta para almacenar grandes volúmenes de datos climáticos de manera segura y eficiente. La estructura de almacenamiento implementada garantizó la integridad y confidencialidad de los datos, permitiendo su acceso y gestión de manera ágil y organizada.

Visualizar los datos climáticos en una variedad de formatos: El software proporcionó diversas opciones para visualizar los datos climáticos recopilados, incluyendo gráficos, tablas y mapas interactivos. Esta variedad de formatos permitió a los usuarios interpretar los datos de manera más intuitiva y comprensible, facilitando la identificación de patrones y tendencias climáticas.

Analizar los datos climáticos para identificar tendencias y patrones: El software incluyó herramientas de análisis de datos que permitieron a los usuarios explorar y examinar los datos climáticos en busca de tendencias y patrones significativos. Estas herramientas de análisis proporcionaron insights valiosos

sobre el comportamiento climático a lo largo del tiempo, lo que facilitó la toma de decisiones informadas en la gestión agrícola y la planificación de actividades futuras.

En conjunto, estos resultados destacan la eficacia y versatilidad del software de monitoreo en la plataforma TTN para la recopilación, visualización y análisis de datos climáticos. Esta herramienta proporciona una solución integral para la gestión de variables climáticas en la zona agrícola de La Belleza, mejorando la capacidad de los agricultores y otros actores relevantes para tomar decisiones fundamentadas y responder de manera efectiva a los cambios ambientales.

#### 4 Discusión

La evaluación de la eficacia del software de monitoreo para la recopilación de datos climáticos utilizando la plataforma The Things Network (TTN) revela la importancia y el potencial de esta tecnología para abordar desafíos relacionados con el cambio climático y su impacto en el planeta. Al respecto, varios estudios respaldan la relevancia del monitoreo climático para comprender y mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Por ejemplo, según Zhang et al.,( 2011), el monitoreo continuo de datos climáticos es esencial para comprender los cambios en los patrones climáticos a lo largo del tiempo y para predecir posibles eventos climáticos extremos. Asimismo, la recopilación precisa de datos climáticos puede ayudar a los científicos y responsables de políticas a desarrollar estrategias de adaptación y mitigación efectivas (Huggel et al., 2015).

En el contexto específico de la agricultura y la gestión de recursos naturales, la disponibilidad de datos climáticos confiables es fundamental para optimizar la producción agrícola y la gestión de recursos hídricos (Shiferaw et al., 2009). Los datos climáticos precisos y oportunos pueden ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre la selección de cultivos, la programación de riegos y la gestión de plagas y enfermedades (Evans et al., 2017).

En cuanto a la eficacia del software de monitoreo en la plataforma TTN, los resultados obtenidos en este estudio respaldan su utilidad para almacenar, visualizar y analizar datos climáticos de manera segura y eficiente. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que destacan las ventajas de las tecnologías de monitoreo remoto para la recopilación y análisis de datos climáticos en tiempo real (Cheng & Teizer, 2013).

La evaluación de la eficacia del software de monitoreo en la plataforma TTN subraya su papel crucial en la gestión de variables climáticas en la agricultura y otras actividades relacionadas. Esta herramienta proporciona una solución integral para la recopilación, visualización y análisis de datos climáticos, lo que mejora la capacidad de los agricultores y otros actores relevantes para tomar decisiones informadas y responder de manera efectiva a los cambios ambientales.

#### 5 Conclusión

El estudio tuvo como objetivo fundamental la evaluación de la eficacia del software de monitoreo en la recopilación de datos climáticos utilizando la plataforma The Things Network (TTN). Esta evaluación se centró en analizar la capacidad del software para almacenar, visualizar y analizar los datos recopilados de manera segura y eficiente. Los resultados obtenidos revelaron que el software de monitoreo demostró ser efectivo en varios aspectos clave. En primer lugar, se evidenció su habilidad para almacenar grandes

volúmenes de datos climáticos de manera segura y eficiente. Asimismo, se destacó la diversidad de opciones ofrecidas por el software para visualizar los datos en diferentes formatos, lo que facilitó su interpretación por parte de los usuarios. Además, se observó que el software incluyó herramientas de análisis de datos que permitieron identificar tendencias y patrones significativos en el comportamiento climático.

Estos hallazgos resaltan la importancia y el potencial del software de monitoreo en la plataforma TTN para la gestión de variables climáticas en la agricultura y otras actividades relacionadas. La capacidad del software para almacenar, visualizar y analizar datos climáticos de manera eficiente proporciona una solución integral para la toma de decisiones informadas y la respuesta efectiva a los cambios ambientales.

Es fundamental tener en cuenta las limitaciones del estudio. Por ejemplo, la evaluación se basó en simulaciones de sensores inalámbricos y no en datos reales, lo cual podría limitar la generalización de los resultados. Además, solo se evaluó la eficacia del software de monitoreo en la plataforma TTN, sin considerar otras posibles soluciones, lo que podría afectar la comprensión completa del panorama tecnológico disponible.

Las implicaciones prácticas derivadas de este estudio son significativas, ya que ponen de relieve la utilidad del software de monitoreo en la gestión de variables climáticas en la agricultura. Se recomienda realizar investigaciones adicionales que validen estos hallazgos utilizando datos reales y que comparen diferentes plataformas de monitoreo. Asimismo, se sugiere explorar estrategias para mejorar la eficiencia y la precisión del software de monitoreo, lo que podría potenciar aún más su utilidad en diversos contextos agrícolas.

En conclusión, este estudio proporciona evidencia sólida del potencial del software de monitoreo en la plataforma TTN para la gestión de datos climáticos en la agricultura. A pesar de algunas limitaciones, los resultados subrayan la importancia de continuar explorando y desarrollando soluciones tecnológicas innovadoras para abordar los desafíos del cambio climático y mejorar la resiliencia en el sector agrícola.

## 6 Conflicto de intereses

“Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.”

## 7 Contribuciones de los autores

LM, FG y KM contribuyeron a la concepción y el diseño del estudio. LM organizó la base de datos. KM realizó el análisis. FG redactó el primer borrador del manuscrito. LM y KM redactaron partes del manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la revisión del manuscrito, leído y aprobado la versión presentada ”.

## 8 Financiamiento

Deben facilitarse detalles de todas las fuentes de financiación, incluidos los números de subvención, si procede. Asegúrese de añadir toda la información de financiación necesaria, ya que después de la publicación esto ya no es posible.

## 9 Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a todos los colaboradores por su dedicación y esfuerzo en este proyecto de investigación; su invaluable contribución ha sido fundamental. Expresamos nuestra gratitud los docentes de la carrera por su colaboración e interés en este trabajo.

## 10 Material suplementario

El material suplementario debe cargarse por separado en el momento del envío; si hay figuras suplementarias, incluya el pie de foto en el mismo archivo que la figura.

## 11 Referencias

Alvaro Alarcón, G. A. (2017). Diseño de un sistema de control y automatización de temperatura, humedad del suelo y humedad relativa para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubierta en CORHUILA. Congreso Internacional AmITIC.

Castaño, A. G. (2012). Estimación de áreas ocupadas por cultivos de invierno en Uruguay utilizando teledetección. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2).

Contreras Lizeth, G. C. (2020). Diseño y construcción de sensor de humedad IoT hecho de PVDF para aplicaciones en la industria del cultivo. México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Navarro Cadavid Andrés, F. M. (2013). A review of agile methodologies for software development. *PROSPECTIVA*, 11(2), 30-39.

Navarro Cadavid, A., Fernández Martínez, J. D., & Morales Vélez, J. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *PROSPECTIVA*, 11(2), 30-39.

Contreras, L & González, C. (2020) Diseño y construcción de sensor de humedad IoT hecho de PVDF para aplicaciones en la industria del cultivo. Universidad Autónoma del Estado de México. ISSN 1870-4069

Cheng, T., & Teizer, J. (2013). Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. *Automation in Construction*, 34, 3–15. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2012.10.017>

Evans, K. J., Terhorst, A., & Kang, B. H. (2017). From Data to Decisions: Helping Crop Producers Build Their Actionable Knowledge. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36(2), 71–88. <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1336047>

Huggel, C., Scheel, M., Albrecht, F., Andres, N., Calanca, P., Jurt, C., Khabarov, N., Mira-Salama, D., Rohrer, M., Salzmann, N., Silva, Y., Silvestre, E., Vicuña, L., & Zappa, M. (2015). A framework for the science contribution in climate adaptation: Experiences from science-policy processes in the Andes. *Environmental Science & Policy*, 47, 80–94. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2014.11.007>

Shiferaw, B. A., Okello, J., & Reddy, R. V. (2009). Adoption and adaptation of natural resource management innovations in smallholder agriculture: Reflections on key lessons and best practices. *Environment, Development and Sustainability*, 11(3), 601–619. <https://doi.org/10.1007/S10668-007-9132-1/METRICS>

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., Trewin, B., & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 851–870. <https://doi.org/10.1002/WCC.147>