



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

**DESARROLLO DE MODELO IOT PARA SOLUCIÓN DE AGRICULTURA  
SOSTENIBLE DE CULTIVO DE ARROZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTORES: Ebert Alexander Lozano Bajaña & Ramiro Eduardo Oñate Álvarez

TUTOR: Valverde Landívar Galo, Msc.

Guayaquil – Ecuador

2024

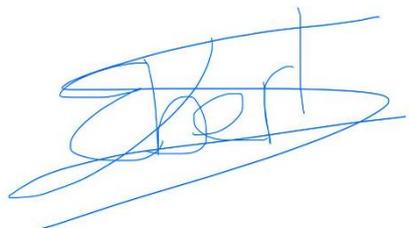
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Ramiro Eduardo Oñate Álvarez** con documento de identificación N° **0954200392** y **Ebert Alexander Lozano Bajaña** con el documento de identificación N° **0932264435**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 5 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

Ebert Alexander Lozano Bajaña

0932264435



---

Ramiro Eduardo Oñate Álvarez

0954200382

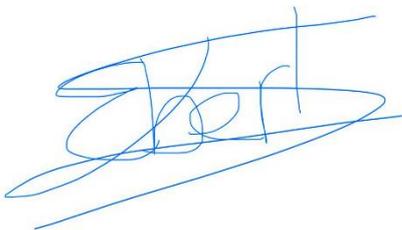
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Ramiro Eduardo Oñate Álvarez** con documento de identificación No. **0954200382** y **Ebert Alexander Lozano Bajaña** con documento de identificación No. **0932264435** expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Desarrollo de modelo IoT para solución de agricultura sostenible de cultivo de arroz”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Ciencias Computacionales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

Ebert Alexander Lozano Bajaña

0932264435



---

Ramiro Eduardo Oñate Álvarez

0954200382

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Galo Enrique Valverde Landívar** con documento de identificación N° **0912511532**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Desarrollo de modelo IoT para solución de agricultura sostenible de cultivo de arroz, realizado por **Ramiro Eduardo Oñate Álvarez** con documento de identificación N° **0954200382** y **Ebert Alexander Lozano Bajaña** con documento de identificación N° **0932264435** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de febrero del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Galo Valverde' with a stylized flourish below it.

---

Galo Enrique Valverde Landívar

0912511532

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer y dedicar este logro a mis padres Ebert y Libanesa quienes han sido un pilar fundamental porque me dieron apoyo incondicional durante esta etapa estudiantil, además de darme fortaleza y motivación para poder seguir adelante y poder con cualquier barrera y/o obstáculo para cumplir los diferentes objetivos. A mis hermanos Neiser y Mileska que han estado en todo momento de la carrera ayudándome y motivándome para llegar a este punto de la carrera universitaria. A mis ángeles en el cielo Bolívar y Oliver quienes sé que me estuvieron cuidando de mí. A mi abuela Eliza Diaz, la cual estuvo presente de mi durante proceso con amor y bendición. Mis tías Patricia y Jessenia quienes me transmitieron amor y felicidad para verme alcanzar y lograr mis metas.

A mi novia Angie, quien estuvo conmigo demostrándome el significado de esfuerzo y perseverancia para enfrentar cualquier obstáculo. También por su apoyo incondicional y por levantarme en los momentos más importante para seguir adelante y lograr este objetivo. Gracias por ser mi soporte, y mi alivio cuando más lo necesitaba.

Finalmente quiero compartir este logro conmigo porque demostrarme que todo es posible en esta vida y cuento con la capacidad de superar obstáculo que la vida me presente.

**Ebert Alexander Lozano Bajaña**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a cada pilar que me sostuvo en este camino. A mí mismo, por la fortaleza que mantuve día a día. A Dios por guiarme y protegerme.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional han sido mi mayor impulso. A mis amigas de toda la vida, que hicieron de este camino más fácil gracias a su compañía.

A mis jefas, Jennifer y Andrea, quienes siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo, siendo fundamentales en la culminación de mis estudios.

A María de los Ángeles, directora del Grupo de Danza Moderna de la Universidad, a quien agradezco por hacerme parte de su familia artística, logrando que la universidad se convirtiera en mi segundo hogar. Cada experiencia compartida en el grupo la recordare por siempre.

A mi pequeño círculo de amigos de la carrera, agradezco su amistad y por hacerme parte de sus vidas.

Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes quienes se quedaron cerca de mí, han dejado una huella imborrable en este viaje llamado Universidad. Gracias por compartir su luz conmigo.

**Ramiro Eduardo Oñate Álvarez**

## **AGRADECIMIENTO**

Con infinita gratitud, culminamos esta etapa académica, agradecemos a quienes han sido un pilar fundamental en nuestro camino. A la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarnos un espacio donde aprendimos, crecimos y nos desarrollamos como personas y profesionales. A Dios, por ser nuestra guía constante dándonos fuerza en los momentos difícil. A los profesores, cuya pasión por enseñar y compartir sus conocimientos nos ha dejado una huella imborrable en nuestra formación. Y un Agradecimiento especial a nuestro Tutor, Galo Valverde, por su dedicación, orientación y apoyo en el desarrollo de este trabajo. Gracias por ser parte esencial de este camino educativo que hoy culminamos con éxito.

**Ebert Alexander Lozano Bajaña**

**Ramiro Eduardo Oñate Álvarez**

## RESUMEN

El presente proyecto propone mejorar la sostenibilidad del cultivo de arroz mediante el uso de un modelo IoT. Haciendo uso de sensores como el de humedad y temperatura DHT22, el sensor de presión BMP-180 y el sensor de humedad de suelo, el objetivo es optimizar el proceso y contribuir a la agricultura sostenible, disminuyendo así los impactos negativos en el medio ambiente ligados al cultivo de arroz.

Se realizó un enfoque metodológico que aplica el uso de sensores para la recopilación de datos, mediante la plataforma de ThingSpeak, basada en protocolos reconocidos como HTTP y MQTT que facilito la comunicación para la obtención de datos en tiempo real. La estructura del modelo, se conformada por cuatro capas (sensores, comunicación, internet y aplicación), que garantizo la recopilación eficiente de información crítica sobre el cultivo de arroz.

Los gráficos generados mediante la plataforma de ThingSpeak reflejaron cambios dinámicos en las variables del clima, proporcionado una visión más clara y detallada a entorno del cultivo. La unión del modelo IoT con la plataforma ThingSpeak resulto ser efectiva para el monitoreo en tiempo real del cultivo de arroz, proporcionándonos información importante para ajustar las prácticas agrícolas según las condiciones requeridas.

La implementación exitosa del modelo IoT con los sensores mencionados resultó mejoras significativas en la eficiencia y rentabilidad del cultivo de arroz. El monitoreo en tiempo real de la humedad del suelo y la temperatura, posibilitado por los sensores, se reveló como una herramienta esencial para la adaptación precisa del cultivo a sus necesidades específicas, allanando así el camino hacia prácticas agrícolas más sostenibles.

La implementación exitosa del modelo IoT da como resultado la mejora significativa tanto en la eficiencia como en la rentabilidad del cultivo, esto ayuda a identificar parámetros para la toma de decisiones para la programación de riego, la aplicación de fertilizantes y la gestión de plagas en el cultivo. El monitoreo en tiempo real gracias a los sensores, se reveló que esta herramienta llega a ser esencial para la adaptación del cultivo respecto a sus necesidades debido al cambio climático, mejorando así las prácticas agrícolas en el cultivo de arroz.

**Palabras claves:** Internet de las cosas (IoT), sensores, agricultura sostenible, ThingSpeak, modelo

## ABSTRACT

This project proposes to improve the sustainability of rice cultivation through the use of an IoT model. Using sensors such as the DHT22 humidity and temperature sensor, the BMP-180 pressure sensor and the soil humidity sensor, the objective is to optimize the process and contribute to sustainable agriculture, thus reducing the negative impacts on the environment linked to rice cultivation.

A methodological approach was carried out that applies the use of sensors for data collection, using the ThingSpeak platform, based on recognized protocols such as HTTP and MQTT that facilitate communication to obtain data in real time. The structure of the model is made up of four layers (sensors, communication, internet and application), which guarantee the efficient collection of citrus information about rice cultivation.

The graphs generated through the ThingSpeak platform reflected dynamic changes in climate variables, providing a clearer and more detailed view of the crop environment. The union of the IoT model with the ThingSpeak platform turned out to be effective for real-time monitoring of rice cultivation, providing us with important information to adjust agricultural practices according to the required conditions.

The successful implementation of the IoT model with the aforementioned sensors resulted in significant improvements in the efficiency and profitability of rice cultivation. Real-time monitoring of soil moisture and temperature, enabled by sensors, emerged as an essential tool for precisely adapting the crop to its specific needs, thus paving the way towards more sustainable agricultural practices.

The successful implementation of the IoT model results in significant improvement in both the efficiency and profitability of the crop, this helps to identify parameters for decision making for irrigation scheduling, fertilizer application and pest management in the crop. Real-time monitoring thanks to sensors revealed that this tool becomes essential for the adaptation of the crop to its needs due to climate change, thus improving agricultural practices in rice cultivation.

**Keywords:** Internet of Things (IoT), sensors, sustainable agriculture, ThingSpeak, model

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. PROBLEMA DE ESTUDIO</b> .....	11
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	12
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	12
<b>4.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	12
<b>4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	12
<b>5. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	13
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	16
<b>7. RESULTADO</b> .....	24
<b>8. CONCLUSIÓN</b> .....	25
<b>9. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b> .....	26
<b>10. PRESUPUESTO</b> .....	27
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	27

## **1. INTRODUCCIÓN**

La agricultura es un pilar fundamental para la seguridad alimenticia a nivel global, en este contexto nos centramos en el cultivo de arroz. En Ecuador el cultivo de arroz se concentra en el 60% de la zona costera del país. La producción interna de este grano abastece para el 97% del consumo interno. Este sector se enfrenta a grandes problemas de camino hacia la sostenibilidad. La comparación realizada frente a otros cultivos demuestra que el cultivo de arroz en el proceso de producción genera un impacto negativo en el medio ambiente generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero, de modo que ante la ausencia de un modelo base que permita a este cultivo tener avances tecnológicos, acceder a información como la variabilidad climática y fenómenos meteorológicos donde impactan directamente en la producción de arroz, y las practicas convencionales que contribuyan a la sostenibilidad.

Por esto se desarrollará un modelo que permita mejoras y tecnificación en el proceso de producción del cultivo, a través de herramientas IoT que se enfocan principalmente en el registro de los factores meteorológicos, ofreciendo un seguimiento detallado de recopilación de datos precisos. El desarrollo del modelo se presenta como una solución para superar los obstáculos que tiene el cultivo para promover la sostenibilidad

## **2. PROBLEMA DE ESTUDIO**

Según (Carreño, 2019) la agricultura sostenible hoy en día se encuentra auge, ya que el impacto del calentamiento global cada día crece a pasos gigantes, buscando así llegar tecnificar cultivos de manera que se pueda reducir la huella medio ambiental logrando así mejorar mediante sus pilares -económico, social y ambiental- a largo plazo sin que se vea afectada la cadena alimenticia de los consumidores.

En los últimos años se han desarrollado varios modelos de agricultura sostenible para diferentes cultivos, en el caso del arroz hemos visto muy pocos modelos los cuales generan muy poco impacto para lograr tener un cultivo sostenible en toda medida.

Los altos índices que genera la agricultura en el medio ambiente provocan que se acelere el proceso del calentamiento global, por ello se ha optado por un desarrollo de agricultura sostenible, el cual viene logrando un impacto significado a largo plazo en los resultados de reducir los índices mencionados.

En Ecuador la agricultura sostenible en el campo del arroz debe cumplir con los aspectos económicos, ecológicos y sociales (Soto, 2019). Tomando en cuenta el aspecto económico se refiere a que en la producción encontremos rentabilidad, en el medio ambiente tenemos la reducción del daño al medio ambiente durante la producción y por último en el aspecto social se enfoca como eje de benéfico a las personas relacionadas con esta actividad de manera directa o indirecta.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La ausencia de modelo base y generalizado para el cultivo de arroz ha provocado que este cultivo no tenga avances significativos para lograr tener una sostenibilidad, el uso de herramientas IoT permitirá conseguir un mejor modelo de agricultura sostenible para este cultivo además permitir tener un cultivo tecnificado ya que la mayoría agricultores de arroz trabajan con técnicas ancestrales y que no tienen uso de tecnología (Bolívar, 2022).

Asimismo, es importante tener en cuenta el rastreo de los factores meteorológicos que inciden durante el proceso de producción de los cultivos de arroz, por el cual se desarrolla un modelo sostenible. el cual permite tener soluciones con parámetros que permitan llevar mediante el uso de herramientas IoT; y tener la sostenibilidad para no contribuir con el incremento del calentamiento global a largo plazo.

Del mismo modo se busca obtener parámetros meteorológicos con herramientas de IoT, como lo son la temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, humedad del suelo con el fin de recopilar datos que aporten al crecimiento en la producción del cultivo de arroz; y se adapte a las necesidades de que carecían los modelos anteriormente desarrollados.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo utilizando IoT para lograr agricultura sostenible en el cultivo de arroz. Utilizando la recolección de datos meteorológicos con el fin de mejorar la producción.

#### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Monitorear en tiempo real la humedad del suelo y la temperatura en el cultivo de arroz mediante sensores IoT para adaptar el cultivo a necesidades específicas.

- Optimizar los procesos de cultivo de arroz a través de un modelo de agricultura sostenible basado en IoT para reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia del cultivo.
- Desarrollar un modelo a través de tecnología IoT para optimizar el cultivo de arroz, identificando parámetros clave y aplicando factores determinantes con el propósito de aumentar la eficiencia y rentabilidad

## **5. REVISIÓN DE LITERATURA**

Internet of Things (internet de las cosas) se puede definir como la red de dispositivos interconectados con capacidad de interacción entre sí. Este gran avance viene dado gracias al desarrollo de nuevos chips que cuenta con la conectividad 5G que nos brinda la conexión entre dispositivos de todo tipo.

Esta nueva tecnología permite que los dispositivos tengan acceso a enviar y recibir datos para comunicarse además no existe necesidad de intervención humana. La posibilidad de realizar dispositivos IoT que nos den facilidades en nuestra vida cotidiana es infinita. La importancia de esta tecnología radica en uso sencillo además de tener bajo costo en comparación con la nube, big data, analítica entre otras tecnologías, donde las manos del mundo física van de la mano con la mano humana para complementarse.

Según (Mahedero, 2020) el desarrollo de la tecnología IoT abarca desde los dispositivos de uso doméstico hasta dispositivos industriales, con la constante aparición de nuevos sistemas, permitiendo que la sociedad avance a pasos agigantados hacia la conectividad global. En los últimos años el mercado de la tecnología se está centrando en el desarrollo, uso y comercialización de productos basado en IoT quienes brindan capacidad de agilizar, mejorar y automatizar procesos que nos permita tener información en tiempo real con acceso desde cualquier parte del mundo.

Ejemplos realizados y utilizados exitosamente de esta tecnología es la administración energética de los hogares automatizados además de la optimización en la gestión de procesos de producción en el ámbito industrial, se puede demostrar la capacidad específica del uso del internet con sus herramientas para generar beneficios en diferentes áreas. Así, la tecnología

basada en IoT cubre más necesidades fundamentales para realizar las labores de los seres humanos.

Este avance de la tecnología IoT no solo se traduce en el ámbito de las grandes ciudades, hoy en día tiene presencia en el ámbito rural donde se ha ido posicionado en las últimas dos décadas como salida factible a cumplir diferentes necesidades del sector agrícola, generando así una labor de tecnificación en el proceso de producción de la agricultura. Estos avances tecnológicos han demostrado la incorporación de sensores en dispositivos IoT en la agricultura. Los sensores en la agricultura están diseñados para poder detectar y medir cambios en el entorno físico y químico, como lo es la humedad del suelo, la temperatura, la precipitación entre otros parámetros que se utilizan en el cultivo. Operan capturando datos en el entorno y los convierte en señales digitales o eléctricas que se interpretan por medio de otros dispositivos, como las computadoras. Esta unión entra la tecnología IoT y los sensores agrícolas se presentan como una aplicación significativa dentro del sector agrícola, mejorando la productividad y la sostenibilidad en la producción de alimentos.

Por ello la llegada de nuevas tecnologías en el sector viene de la mano con facilidades para el proceso que hace unos años todavía contaba con técnicas ancestrales de cultivo.

(Moya, 1994) Con la conservación del entorno rural junto con la necesidad de proporcionar alimentos a una población que está en constante crecimiento, esto ha dado a lugar a generar nuevos enfoques y corrientes dentro del ámbito agrícola.

Estas corrientes se engloban en base al término de la agricultura sostenible, con este contexto, se dan a conocer algunos de sus enfoques, como la lucha biológica y el control de plagas, de igual forma incluir sistemas de agricultura integrada, el laboreo de conservación y agricultura ecológica.

La agricultura cultura sostenible nace como alternativa para abastecer a la población mundial del futuro. Esta cuenta con 5 componentes los cuales son: Frenar la degradación de la tierra y de los recursos naturales, gestionar mejor los recursos, minimizar el impacto respecto al cambio climático, mejora el control de enfermedades y otras amenazas propias de la naturaleza y reforzar las políticas de conservación de especies y espacios naturales, pero el aspecto más importante es su contribución para reducir a la huella de carbono que esta actividad genera. Expertos señalan que llevar a cabo labores para la reducción de la emisión

de gases de efecto invernadero es importante para disminuir el calentamiento global generado por las acciones humanas. La agricultura y el uso de la tierra para cultivos es responsable de más del 20% de emisión de gases. Cabe recalcar que la implementación de la agricultura sostenible no solo ayuda mejora el proceso producción o a la reducción del calentamiento global, también contribuye a mejorar la calidad del agua, desarrollo económico y social, aumentar la biodiversidad de las tierras de cultivo.

Para (Lynas, 2004) el calentamiento global se nos presenta como el problema ambiental más significativo y complejo en la actualidad. Expertos sostienen que, para lograr combatir este fenómeno peligroso para el planeta y la vida, es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por el ser humano.

El calentamiento global aumenta por las acciones de los seres humanos. El clima no es algo que se mantiene estático, sino que de manera natural ha ido cambiando a lo largo de los años.

Aunque el efecto invernadero sea un acontecimiento natural y necesario para la tierra, este ha sido la causa de un cambio climático brusco en el planeta, por el aumento de temperatura en la atmósfera y océanos.

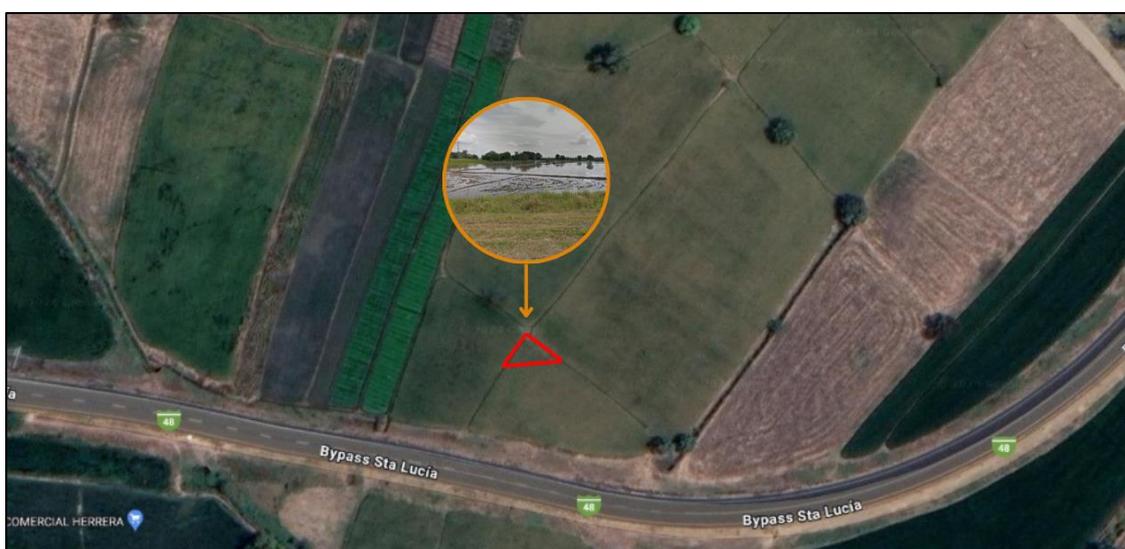
El calentamiento global se forma por la absorción de energía solar por parte del planeta. Cuando el planeta se calienta desprende calor a la atmosfera en forma de rayos infrarrojos, pero parte de este calor regresa a la superficie terrestre y como consecuencia es el recalentamiento del planeta.

Ahora el cambio climático se da a conocer por los cambios a largo plazo de la temperatura y los patrones climáticos. Estos cambios o modificaciones en el clima son naturales, producto de alteraciones en la actividad solar o erupciones volcánicas significativas, pero desde el siglo XIX se ha demostrado que la fuente principal y motor de cambio climático son las actividades humanas gracias a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Las consecuencias del incremento el calentamiento global es cada vez más notorios en los glaciares los cuales se deshielan a niveles acelerados, el nivel del mar está aumentando, mientras que las selvas se están secando también en la flora y fauna tienen nuevos ciclos que están alterando sus ciclos vitales para poder luchar en mundo con cambios graves que impactan a la biodiversidad.

## 6. METODOLOGÍA

El lugar seleccionado para aplicar el modelo IoT de agricultura sostenible para el cultivo de arroz, cumple con las características requeridas para la aplicación del mismo, el lote forma parte de un área rural ubicada en la ciudad de Santa Lucía que se encuentra a una hora de la ciudad de Guayaquil, cuya área es de 85 m<sup>2</sup> como se muestra en la Ilustración 1. El cual se encuentra rodeada de parcelas cultivables de arroz, cuyas coordenadas del lote son: 1°43'33.5"S 79°58'42.5"W.

*Ilustración 1.* Área de recopilación de datos



*Nota.* Ubicación satelital del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Las variables para realizar la recolección de datos son temperatura ambiente, humedad del suelo, presión atmosférica y humedad relativa. El sistema implementado integra cinco sensores teniendo en cuenta que dos de ellos son para la medición de humedad del suelo, que además tiene como función medir el vapor de agua presente en el suelo. El mecanismo en el que se basa para medir la humedad del suelo consiste en colocar los 4 sensores en diferentes ubicaciones del lote, para así poder obtener el dato de la variable de humedad de suelo mediante el cálculo de la suma de todos los datos recolectados y dividiéndolo para los dos sensores.

Mientras que la variable de temperatura utiliza un único sensor que realiza la medición de la temperatura del ambiente, asimismo, se utiliza el barómetro que cuenta con un único sensor para medir la presión atmosférica.

La medición de todas estas variables meteorológicas permite tener una mejor comprensión de los cambios climáticos. Mediante la unión de todos estos sensores se produce una visión general de las condiciones ambientales, dando respaldo a la toma de decisiones en diversos contextos.

Los componentes utilizados para la recolección de datos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Sensores

Componente	Descripción	Función
DHT22	Es un sensor digital, utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante	Temperatura
Sensor de humedad de suelo	Es un sensor analógico, aplica tensión entre los 2 terminales del módulo a través de la corriente, y esta genera los datos a través de la resistencia que aplica el suelo.	Humedad del suelo
BPM-180	Es un sensor digital, realiza una medición a través de la presión de aire y altitud.	Barómetro

*Nota.* Descripción de los sensores del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Mediante la API ThingSpeak, desarrollada por MathWorks, que es una empresa destacada en el desarrollo de software. La aplicación es de código abierto enfocado en Internet de las Cosas (IoT) para en la recopilación, visualización y el análisis de datos en tiempo real. Su modo de uso abarca desde proyectos sencillos a proyectos de gran magnitud, destacada por su flexibilidad y facilidad de implementación. En este proyecto se utiliza ThingSpeak para la gestión de datos provenientes del modelo, aprovechando sus protocolos estándar para la recopilación de datos en tiempo real.

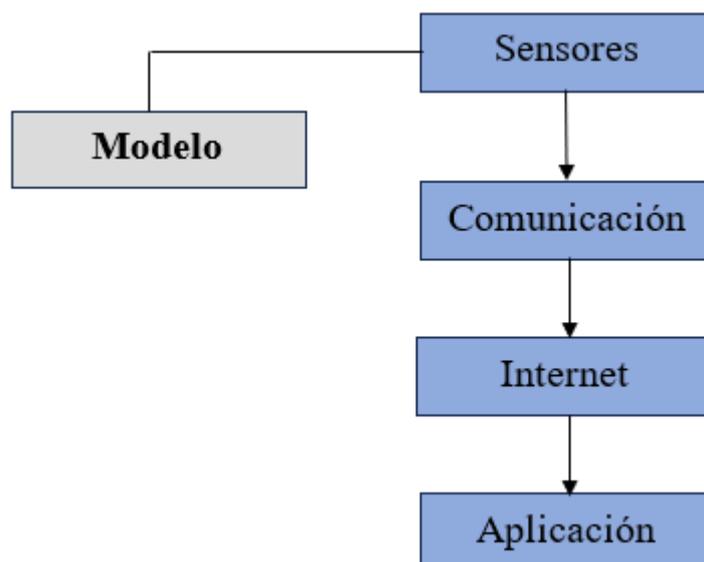
La página web de ThingSpeak utiliza protocolos muy reconocidos en el ámbito del IoT, tiene como pilares fundamentales HTTP y MQTT para la comunicación de los datos. La integración de estos protocolos facilita la interconexión con varios dispositivos y sistemas, permitiendo una unión eficiente entre el modelo en la plataforma. Estos protocolos ofrecen una adaptabilidad clave para diversos contextos y dispositivo. ThingSpeak ofrece un conjunto

de funcionalidades, permitiendo la configuración de canales para organizar y almacenar datos de manera estructurada, a su vez cuenta con la capacidad de transmitir datos en tiempo real mediante sensores y dispositivos conectados a través de cualquier microcontrolador con un módulo de Wi-Fi integrado, facilitando la monitorización continua de los mismos.

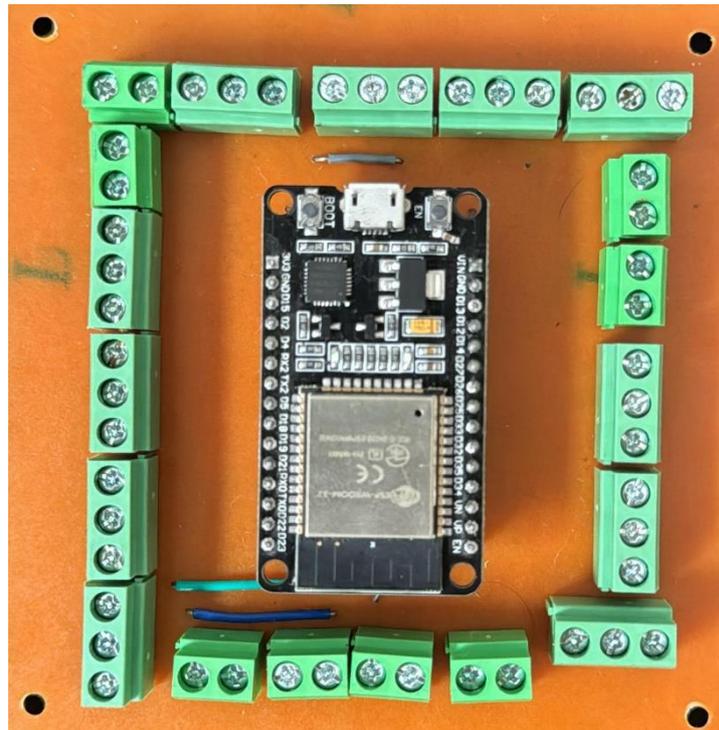
Además, cuenta con un conjunto de herramientas de análisis y visualización, como gráficos y widgets personalizables que proporcionan una representación visual y detallada de los datos.

Para la obtención de datos mediante el modelo se declaró una secuencia de 4 capas como lo describe la Ilustración 2.

*Ilustración 2.* Arquitectura del modelo.



*Nota.* Proporciona una visión de las capas del modelo. Fuente: Elaboración propia.

*Ilustración 3. Modelo físico.*

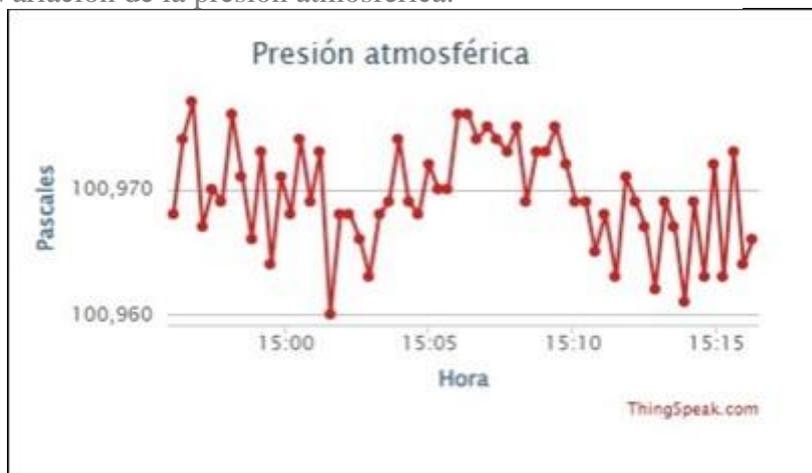
*Nota.* Modelo físico para la recolección de datos. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 3, se muestra que donde la conexión a la primera capa llamada sensores, es la encargada de recibir todos los datos que se van a analizar. Todos los sensores se encuentran conectados una PCB, la cual contiene un microcontrolador ESP8266, el cual es el encargado de la comunicación de datos con la API, además este dispositivo cuenta con varias entradas analógicas y digitales. Los sensores se encuentran conectados en el primer puerto de este microcontrolador para recibir todos los datos que los sensores están recolectando. Estos son procesados por el microcontrolador que dispone de un módulo Wi-Fi mediante el cual se encarga del envío de datos a la plataforma de ThingSpeak para la visualización de los gráficos en tiempo real.

Para la implementación de este modelo realizaron pruebas en dos días distintos, en las cuales se experimentaron condiciones climáticas diferentes: uno con condiciones soleadas y otro con condiciones lluviosas.

En la ilustración 4 se muestra los datos del sensor de presión atmosférica durante el día con condiciones soleadas.

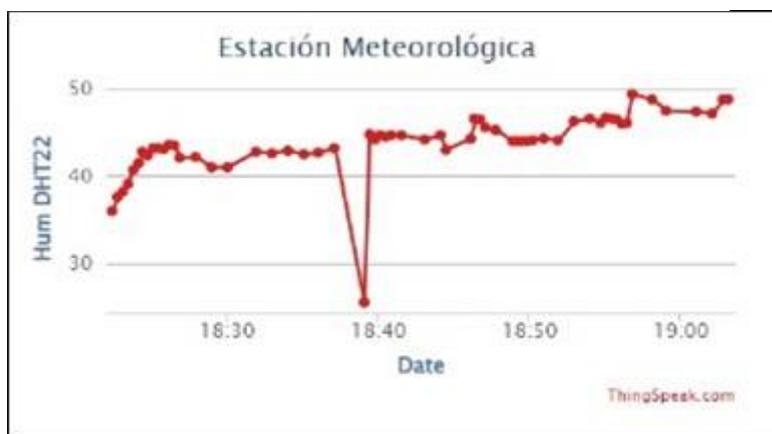
*Ilustración 4.* Variación de la presión atmosférica.



*Nota.* Gráfico de la presión atmosférica en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 5 se muestra los datos del sensor de humedad durante el día con condiciones soleadas.

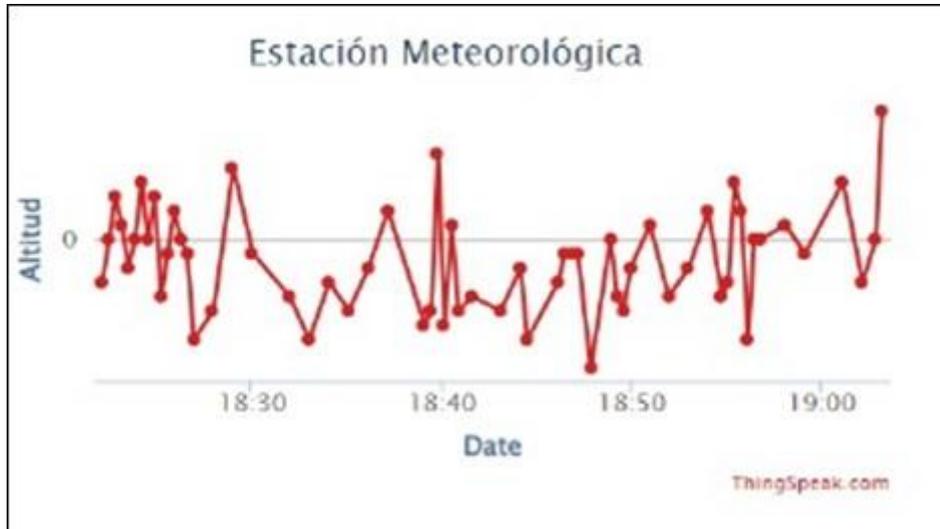
*Ilustración 5.* Variación de la humedad relativa



*Nota.* Gráfico de la humedad en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 6 se muestra los datos del sensor de humedad del suelo durante el día con condiciones soleadas.

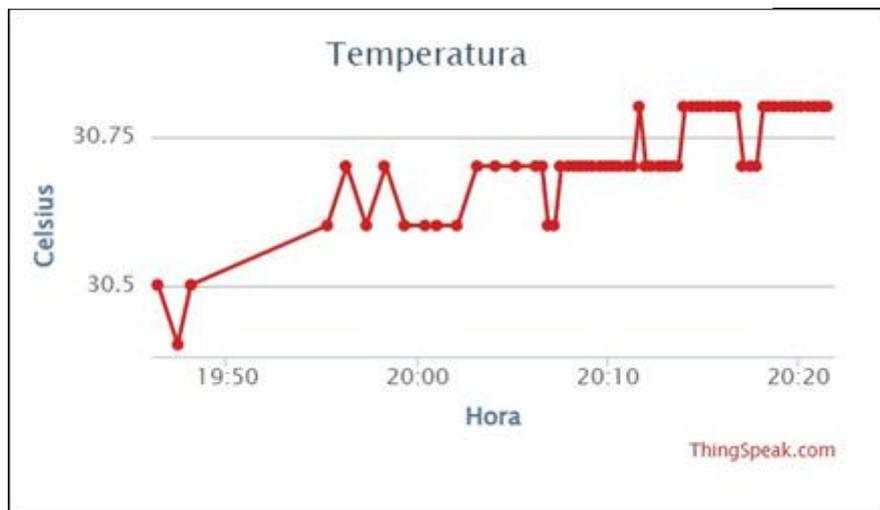
*Ilustración 6.* Variación de la humedad del suelo.



*Nota.* Gráfico de la humedad de suelo en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 7 se muestra los datos del sensor de temperatura durante el día con condiciones soleadas.

*Ilustración 7.* Variación de la temperatura



*Nota.* Gráfico de la temperatura en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 8 se muestra los datos del sensor de temperatura durante el día con condiciones lluviosas.

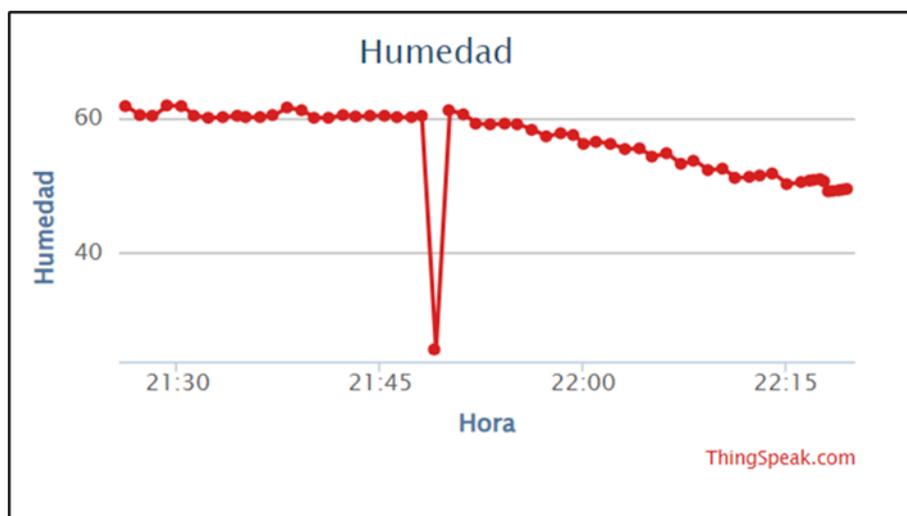
*Ilustración 8.* Variación de la temperatura



*Nota.* Gráfico de la temperatura en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 9 se muestra los datos del sensor de humedad relativa durante el día con condiciones lluviosas.

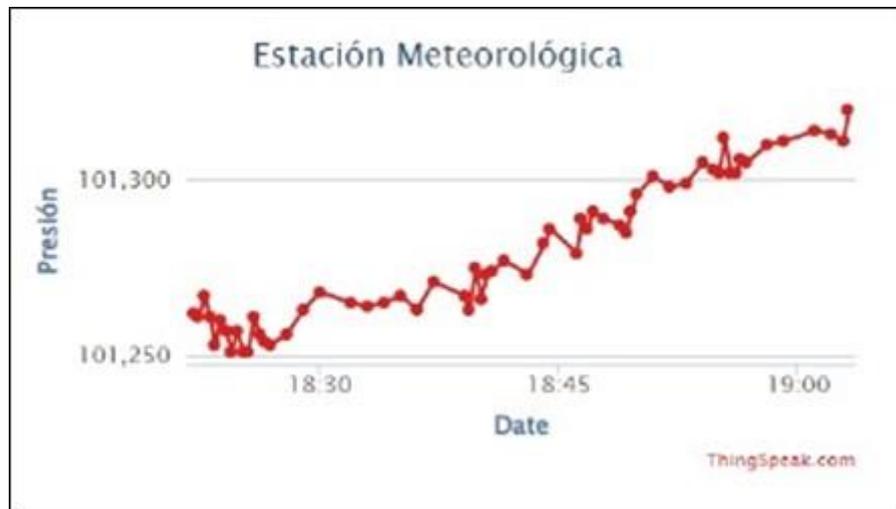
*Ilustración 9.* Variación de la humedad relativa



*Nota.* Gráfico de la humedad relativa en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 10 se muestra los datos del sensor de presión atmosférica durante el día con condiciones lluviosas.

*Ilustración 10.* Variación de la presión atmosférica



*Nota.* Gráfico de la presión atmosférica en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 11 se muestra los datos del sensor de humedad del suelo durante el día con condiciones lluviosas.

*Ilustración 11.* Humedad del suelo



*Nota.* Gráfico de la humedad del suelo en condiciones lluviosas en un intervalo de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

## 7. RESULTADO

El propósito de comparar y analizar los datos obtenidos en diferentes condiciones climáticas es detectar mejoras para optimizar los recursos utilizados en el proceso del cultivo de arroz y mejorar la eficiencia del mismo. Se evaluaron cinco variables climáticas: humedad relativa, humedad del suelo, temperatura y presión atmosférica.

En la tabla 2 se analizan los resultados obtenidos para ambas condiciones climáticas.

*Tabla 1. Análisis de amabas condiciones climáticas*

Condiciones	Humedad relativa	Humedad de suelo	Temperatura	Presión Atmosférica
Días lluviosos	62%	30%	29 C°	1010 hPa
Días soleados	45%	10%	31 C°	1009.7 hPa

*Nota.* Gráfico de la recolección de datos de las diferentes variables climáticas de los diferentes días.  
Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos de los gráficos de ThingSpeak mediante la recopilación de datos muestran el cambio de las variables climáticas dependiendo del tipo de día.

En los días lluviosos, se observa que la humedad relativa es considerablemente alta, alcanzando el 62%, lo que indica que es un ambiente húmedo propicio para el crecimiento de cierto hongos y bacterias. En cuanto a la humedad del suelo, tiene un valor optimo, con un valor del 30%, lo cual es un ambiente ideal para el crecimiento del cultivo. En términos de temperatura, se registró una media de 29°C, lo cual es ideal para realizar tareas al aire libre. Debido a que tener altas temperaturas combinadas con la humedad elevada genera condiciones no amigables para las personas. Mientras que, en la presión atmosférica, se determinó que se encuentra dentro de un rango normal, con un valor de 1010 hPa.

Por otro lado, en el día soleado el primer dato que resalta es la humedad relativa debido a que se observa una disminución de la humedad relativa, alcanzando un valor del 45%. En cuanto a la humedad del suelo es baja logrando obtener un 10%, en consecuencia, el cultivo necesitaría de la aplicación de riego adicional para mantener un buen proceso de producción. Mientras que la temperatura es ligeramente superior con 31°C. En términos de la presión atmosférica se obtuvo un valor dentro del rango normal con 1009.7 hPa.

En el análisis se destaca que una humedad relativa entre el 70% y el 80% es crucial para el desarrollo del arroz, especialmente en las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo. Mientras que la variable de humedad del suelo debe estar inundada la mayor parte del ciclo de crecimiento. En cuanto a la temperatura, se considera un rango ideal del 20°C al 30°C, para el crecimiento óptimo del cultivo de arroz. Estos datos y análisis proporcionan información relevante para comprender las condiciones ambientales en el cultivo de arroz.

## **8. CONCLUSIÓN**

Mediante la aplicación de un modelo basado en tecnología IoT para optimizar el cultivo del arroz, se obtuvo como resultado la mejora significativa tanto en la eficiencia como en la rentabilidad del cultivo. Esto a su vez ayuda a identificar los parámetros y aplicar factores determinantes, para tomar decisiones en cuanto a la programación de riego, la aplicación de fertilizantes y la gestión de plagas.

El monitoreo en tiempo real de la humedad del suelo y la temperatura en el cultivo de arroz a través de sensores IoT ha demostrado ser una herramienta fundamental en el proceso de adaptación del cultivo a las necesidades específicas. Mediante los resultados obtenidos se revelan que, en los días lluviosos, la humedad relativa alcanzó un 62%, lo que indica un ambiente propicio para el crecimiento de ciertos hongos y bacterias. Mientras que la humedad del suelo tiene un valor del 30%, lo cual favorece al desarrollo del cultivo. Sin embargo, un exceso de lluvia puede ser perjudicial para las especies debido a que se incrementa la humedad del suelo y afecta negativamente al cultivo. Estos hallazgos resaltan la importancia de contar con un monitoreo en tiempo real para así obtener y minimizar el riesgo de pérdida del cultivo.

La implementación de un modelo de agricultura sostenible basado en IoT para optimizar el proceso de cultivo de arroz ofrece una oportunidad única para reducir el impacto ambiental e incrementar la eficiencia del cultivo. A través de la gestión del uso del suelo junto a un riego programado se genera beneficios para la salud del suelo en términos de conservación de recursos hídricos y su capacidad para retener agua reduciendo el riesgo de erosión contribuyendo a la sostenibilidad del cultivo. Esta práctica abre las puertas al desarrollo de nuevas técnicas sostenibles y amigables con el medio ambiente de la mano de la tecnificación del cultivo logrando así obtener eficiencia y sostenibilidad en los futuros procesos de producción del cultivo de arroz.

## 9. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Tabla 3. Cronograma de desarrollo de actividades

Nombre de tarea	Horas	Comienzo	Fin
<b>Artículo Académico</b>		lun 02/10/23	vie 19/01/24
<b>FASE 1</b>		lun 02/10/23	vie 06/10/23
<b>Realizar un plan inicial de investigación.</b>	34	lun 02/10/23	mie 04/10/23
<b>Plantear tema y método.</b>	34	mie 04/10/23	vie 06/10/23
<b>FASE 2</b>		lun 09/10/23	mar 31/10/23
<b>Investigar sobre estudios vinculados con el tema</b>	70	lun 09/10/23	vie 13/10/23
<b>FASE 3</b>		mar 14/11/23	vie 24/10/23
<b>Redactar introducción, usando las fuentes relacionadas.</b>	28	lun 16/11/23	mie 18/10/23
<b>Establecer antecedentes del problema.</b>	32	lun 23/11/23	mar 25/10/23
<b>Elaborar el anteproyecto.</b>	40	vie 27/11/23	mar 31/10/23
<b>FASE 4</b>		lun 06/11/23	lun 20/11/23
<b>Construir la sección de materiales y métodos. Recolectar datos.</b>	16	lun 06/11/23	mie 08/11/23
<b>Organizar el orden de imágenes y tablas.</b>	18	jue 09/11/23	jue 09/11/23
<b>Redactar los resultados y representarlos en gráficos.</b>	20	vie 10/11/23	vie 10/11/23
<b>Desarrollar las conclusiones.</b>	20	mar 14/11/23	mie 15/11/23
<b>Enlistar las referencias de los estudios referentes al tema.</b>	18	lun 20/11/23	lun 20/11/23
<b>FASE 5</b>		lun 04/12/23	lun 18/12/23
<b>Realizar una revisión del artículo.</b>	18	lun 04/12/23	mar 05/12/23
<b>Reformular el título, de ser necesario.</b>	19	jue 07/12/23	mar 15/12/23
<b>Elaborar versión final tomando en cuenta las observaciones del revisor.</b>	27	mie 13/12/23	mie 23/12/23
<b>Enviar a la revista el borrador para previa aprobación.</b>	19	mie 20/12/23	vie 08/12/23
<b>Correcciones del artículo, por observaciones realizadas por parte de la revista.</b>	18	mie 10/01/24	vie 12/01/24
<b>Presentación del artículo.</b>	19	mie 17/01/23	vie 02/02/24

*Nota. Esta tabla muestra el tiempo en el que se desarrolla cada fase para la elaboración del Artículo Científico.*

## 10. PRESUPUESTO

*Tabla 4. Distribución del Presupuesto para la elaboración del Artículo Científico.*

<b>Gastos del trabajo de investigación</b>	<b>Valores (\$)</b>
<i>Transporte</i>	\$ 200
<i>Impresión de Documentación</i>	\$ 15
<i>Traducción de Documentación</i>	\$ 90
<i>Materiales</i>	\$ 25
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 330</b>

*Nota. Se han determinado los siguientes rubros que permiten el desarrollo de la propuesta planteada en el documento.*

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cano Coca Dominga Micaela, & Reyes Palomino Smith Ervin. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572022000100053](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000100053)
- Chimarro Amaguaña Juan David, Luzón Maldonado Jackson Martín, Lanchango Quimbiulco Patricia Emperatriz, & Acosta Jaramillo Carlos Andrés. (2023). Sistemas inteligentes de lectura y monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad con tecnología IoT y su aplicación móvil para uso en invernaderos agrícolas. *FIPCAEC*. <https://fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/897>
- Cobos Mora Fernando, Gómez Villalba Juan, Hasang Morán Edwin, & Medina Litardo Reina. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz. *ZENODO*. <https://zenodo.org/records/4116460>
- Compagnucci Rosa Hilda. (2011). Historia del cambio climático o calentamiento global. *Contribuciones científicas GAEA*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/15942>
- Cuadrado Coronel Sonia Lizbeth. (2022). *Aplicación de la tecnología IoT (Internet of Things) para la medición de variables meteorológicas en la agricultura sostenible la tecnología IoT (Internet of Things) con sensores de bajo costo, como herramienta de monitoreo de las variables meteorológicas temperatura y humedad del suelo para la optimización del recurso hídrico en la agricultura sostenible*. [BachelorThesis, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22946>
- Cuasquer Chiscueth Daniela Lisseth. (2022). *Aplicación de la tecnología IoT (Internet of Things) para la medición de variables meteorológicas en la agricultura sostenible: aplicación del IoT en sensores de bajo costo que monitorean las variables de precipitación, temperatura y humedad ambiental para optimizar el uso del recurso hídrico en la agricultura sostenible*. [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22945>

- Cunduri Lema Sergio Roberto, & Dávila Morán Teddy Gustavo. (2022). *Análisis del Internet de las Cosas (IoT) aplicado en los parámetros de producción para los sectores acuícola y agrícola de los principales productos de exportación del Ecuador* [Bachelor Thesis, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/7384d77f-e42f-4907-ac30-ca3615589978>
- Durán Gabela Carlos Fernando. (2020). *Agricultura Sostenible: Relación entre Conocimiento y Actitud en Estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6785>
- Espinosa Asael, Ponte Daniel, González Carlos, & Gibeaux Soizic. (2021). *Estudio de Sistemas IoT Aplicados a la Agricultura Inteligente. Plus Economía*. <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/479>
- Fonseca Carreño Nelson Enrique, Salamanca Merchán Juan David, & Vega Baquero Zulma Yesenia. (2019). *La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. Una revisión. Revista Temas Agrarios*. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1356>
- García Alberto, Laurín Mamen, Llosá María José, González Victor, Sanz María José, & Porcuna José. (2008). *CONTRIBUCIÓN DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COMPARACIÓN CON LA AGRICULTURA CONVENCIONA. Universidad de Murcia*. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/169>
- García Jaime. (2009). *Consideraciones básicas sobre la agricultura sostenible. Revista Acta Académica*. <http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/291>
- Mahedero Biot Francisco. (2020). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN IoT PARA EL ENVÍO DE IMÁGENES MEDIANTE EL PROTOCOLO MQTT* [Bachelor Thesis]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/152408>
- Mondragón Suárez J.H., Sandoval Villalbazo A., & Breña Ramos F. (2019). *Calentamiento global: una secuencia didáctica. Revista Mexicana de Física*. <https://rmf.smf.mx/ojs/index.php/rmf-e/article/view/467>
- Montaño Blacio Manuel, González Escarabay Jorge, Jiménez Sarango Óscar, Mingo Morocho Leydi, & Carrión Aguirre César. (2023). *Diseño y despliegue de un sistema de monitoreo basado en IoT para cultivos hidropónicos. INGENIUS Revista de Ciencia y Tecnología*. <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/6736>
- Pedrés Pérez Gerardo, & Martínez-Jiménez, P. (2010). *Publicidad, educación ambiental y calentamiento global. CEIDA Centro de Extensión Universitaria e Divulgación Ambiental de Galicia*. <https://helvia.uco.es/handle/10396/8303>
- Perez Casar María Laura. (2021). *Agricultura regenerativa: aliada para un futuro sostenible. RIA*. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10164#>
- Ruiz Moya José. (1999). *La agricultura sostenible como alternativa a la agricultura convencional. Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=34808>
- Somayya Madakam, & Siddharth Tripathi. (2015). *Internet of Things (IoT): A Literature Review. Scientific Research Open Access*. [https://www.scirp.org/html/56616\\_56616.htm](https://www.scirp.org/html/56616_56616.htm)
- Tomalá Yépez July Annabel, & Zambrano Bailón Kevin Darío. (2022). *Desarrollo de un prototipo en IOT para la sistematización de los parámetros que controlan la producción de cacao*

[Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/19cf23cb-c344-4754-b331-b06cc751278f>