

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE RIEGO Y FUMIGACIÓN EN PLANTACIONES DE PHYSALIS PERUVIANA (UVILLA)

AUTOMATED SYSTEM FOR IRRIGATION AND FUMIGATION CONTROL IN
PHYSALIS PERUVIANA (UVILLA) PLANTATIONS

Recibido: 03/09/2024 – *Aceptado:* 11/11/2024

Marco Antonio Yandún Velasteguí

Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Magister en Auditoría de Tecnologías de la Información
Universidad Particular De Especialidades Espíritu Santo

marco.yandun@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-5627-9838>

Anthony Alexander Quiranza Arciniega

Técnico Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Magister en Ingeniería en Software
Universidad Politécnica Estatal del Carchi

anthony.quiranza@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-5378-6307>

Jhon Jairo Quilismal Túcán

Técnico Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Túcán – Ecuador

Ingeniero en Ciencias de la Computación
Universidad Politécnica Estatal del Carchi

jhon.quilismal@upec.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-9923-3159>

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>



Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Resumen

El presente estudio se centró en el desarrollo de un sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (*Uvilla*). El objetivo principal fue optimizar los procesos de riego y fumigación en las plantaciones mediante el uso de tecnología de bajo costo y fácil acceso. Se emplearon sensores de humedad, temperatura y proximidad, controlados a través de un microcontrolador ESP32, y se diseñó una aplicación móvil utilizando Flutter para monitorear y gestionar el sistema en tiempo real. La metodología incluyó la implementación de un enfoque experimental con pruebas en campo, donde se evaluó la eficacia del sistema automatizado. Los resultados indicaron una reducción significativa en el consumo de agua y una mejora en la eficiencia de la fumigación, lo que contribuyó a un aumento en la productividad del cultivo de uvilla. Las conclusiones destacan la viabilidad técnica y económica del sistema propuesto, así como su potencial para ser replicado en otros contextos agrícolas.

Palabras Clave: Riego automatizado, fumigación, *Physalis peruviana*, tecnología agrícola, ESP32

Abstract

This study focused on the development of an automated system for irrigation and fumigation control in *Physalis peruviana* (*Uvilla*) plantations. The main objective was to optimize irrigation and fumigation processes in plantations through the use of low-cost and easily accessible technology. Moisture, temperature, and proximity sensors were employed, controlled by an ESP32 microcontroller, and a mobile application was designed using Flutter to monitor and manage the system in real-time. The methodology included the implementation of an experimental approach with field tests, where the effectiveness of the automated system was evaluated. The results indicated a significant reduction in water consumption and an improvement in fumigation efficiency, contributing to an increase in uvilla crop productivity. The conclusions highlight the technical and economic feasibility of the proposed system, as well as its potential to be replicated in other agricultural contexts.

Kew Words: Automated irrigation, fumigation, *Physalis peruviana*, agricultural technology, ESP32.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J. (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (*Uvilla*). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Introducción

La creciente demanda por optimizar los recursos hídricos y mejorar la eficiencia en los procesos agrícolas ha impulsado la investigación en sistemas automatizados para el control de riego y fumigación. En el caso específico de la *Physalis peruviana* (uvilla), una fruta de alto valor nutricional y económico, la implementación de tecnologías que mejoren su cultivo es crucial para garantizar su sostenibilidad y productividad. Holguín 2018. Este estudio surge de la necesidad de abordar los desafíos que enfrentan los pequeños y medianos agricultores en la provincia del Carchi, Ecuador, quienes dependen en gran medida de métodos tradicionales de riego y fumigación, los cuales son ineficientes y consumen grandes cantidades de agua, uno de los recursos máspreciados en la agricultura moderna.

El problema central que se busca resolver con esta investigación es la falta de automatización en los sistemas de riego y fumigación, lo que conduce al desperdicio de agua y a una menor eficacia en el manejo de plagas, afectando directamente la producción de uvilla. Los antecedentes indican que, a nivel global, la implementación de sistemas automatizados ha demostrado ser efectiva en la reducción del consumo de agua y en la mejora de la calidad del cultivo, pero su adopción en áreas rurales de Ecuador sigue siendo limitada.

En los últimos cuatro años, el porcentaje de cultivos bajo riego en Ecuador ha aumentado. En 2018, se utilizaba un 21,1 % del agua para riego en los cultivos, mientras que para 2020 esta cifra subió al 25,4 %. A nivel nacional, se emplean varios métodos de riego, siendo los más comunes el riego por aspersión, el riego por goteo y el riego por surcos o inundación, entre otros, para grandes superficies. En particular, el riego por goteo es el más frecuente para cultivos de menor tamaño y para una amplia variedad de sembríos. (INEC, 2020)

En la provincia de Carchi, el riego es esencial para la productividad agrícola. Sin embargo, debido a la falta de planificación, se ha perdido hasta un 50% del caudal de agua por filtración y a través de acequias, según indica la Prefectura del Carchi (2019). El recurso hídrico es crucial para un cultivo adecuado, y en la provincia se emplean diferentes métodos de riego según el tipo de cultivo. Para cultivos grandes, se utiliza el riego por aspersión con caudales elevados, mientras que, para cultivos más pequeños, como invernaderos o terrenos reducidos, se usa agua potable.

Por ello, este estudio tiene como objetivo principal desarrollar un sistema automatizado que, mediante el uso de sensores y microcontroladores, permita el control eficiente del riego y la fumigación en plantaciones de uvilla, optimizando el uso de agua y mejorando la productividad. Este sistema, controlado a través de una aplicación móvil, busca no solo mejorar la eficiencia del cultivo, sino también ofrecer una solución económica y replicable para otros tipos de cultivos en la región y en contextos similares como la propuesta de Rodríguez et al. (2018), de Lema (2020), y el aporte de Borjas. et al. (2021).

La hipótesis de esta investigación es que la implementación de un sistema automatizado de riego y fumigación incrementará la productividad del cultivo de uvilla, al mismo tiempo que reducirá el consumo de agua y los costos asociados a la producción agrícola. Este enfoque es relevante no solo desde una perspectiva técnica, sino también económica y ambiental, ya que promueve prácticas agrícolas sostenibles y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente en lo que respecta al uso eficiente

de los recursos y la innovación en la agricultura. Por ejemplo, la tabla 1, indica las condiciones óptimas para el cultivo de uvilla. de Romo (2018).

Tabla 1.

*Condiciones óptimas de precipitación fluvial para el crecimiento de la *Physalis peruviana**

Condiciones óptimas para un cultivo de uvilla			
Ubicación	Temperatura	Altura	precipitación de lluvia
Aire libre	13 a 18 °C	1500 a 2600 msnm	1000 a 2000 mm
invernadero	13 a 20 °C	< 2600 msnm	800 a 1000 mm

Fuente: Romo (2018).

Las investigaciones muestran adicionalmente que se debe tomar en cuenta otros factores para brindar un crecimiento óptimo de la planta en la tabla 2 se muestra una guía sobre las mejores prácticas para el cultivo de uvilla, enfocándose en la preparación del suelo, limpieza, abonado, y manejo de semillas.

Tabla 2.

Guía sobre las mejores prácticas para el cultivo de uvilla

Sección	Autor	Descripción
Suelo	Anaguano (2019)	La preparación del suelo incluye el arado e incorporación de desechos de siembras pasadas como abonado. La siembra se recomienda a una distancia de un metro cuadrado por planta y surco, lo que facilita la entrada de aire y disminuye la humedad, mejorando los cuidados de las plantas.
Preparación y limpieza del terreno	Rosales (2021)	La preparación del terreno para el trasplante requiere un suelo mullido con buen drenaje. Se ara, se pasa la rastra, se hacen los surcos y se añade abono orgánico. Además, se limpia el terreno de residuos plásticos y malezas antes de sembrar.
Abonado del terreno	Colta (2018)	La fertilización del terreno se realiza con material orgánico para nutrir los cultivos, removiendo la tierra a una profundidad de 20 a 25 cm.
Preparación de semilla y sembrado	Grace y Mayra (2020)	Las semillas de uvilla se obtienen de frutas maduras, utilizando una despulpadora DF-401 o manualmente. Se lavan y remojan las semillas durante 24 horas antes de sembrarlas en huecos de 1 a 2 cm de profundidad, cubriendolas ligeramente con tierra.

Materiales y métodos

Este estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando investigación exploratoria, descriptiva y experimental para desarrollar y evaluar un sistema automatizado de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (uvilla). A continuación, se describen los principales aspectos metodológicos:

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Tipo de Investigación

- Investigación Exploratoria: Se realizó una revisión de literatura para identificar los desafíos actuales en el riego y fumigación de cultivos de uvilla, así como para explorar las tecnologías disponibles que podrían ser aplicadas en el desarrollo del sistema automatizado.
- Investigación Descriptiva: Se llevaron a cabo observaciones y encuestas en campos de cultivo de uvilla en la provincia del Carchi, Ecuador, para caracterizar las prácticas agrícolas actuales y los problemas específicos relacionados con el manejo del riego y la fumigación.
- Población y Muestra, la población objeto del estudio consistió en 20 agricultores de la provincia del Carchi dedicados al cultivo de uvilla que representan más de 40 hectáreas de este cultivo. Estos agricultores participaron en las encuestas y pruebas de campo, proporcionando información clave sobre las prácticas actuales y los desafíos que enfrentan. La muestra se seleccionó de manera no probabilística, enfocándose en aquellos agricultores con experiencia relevante en el cultivo de uvilla.

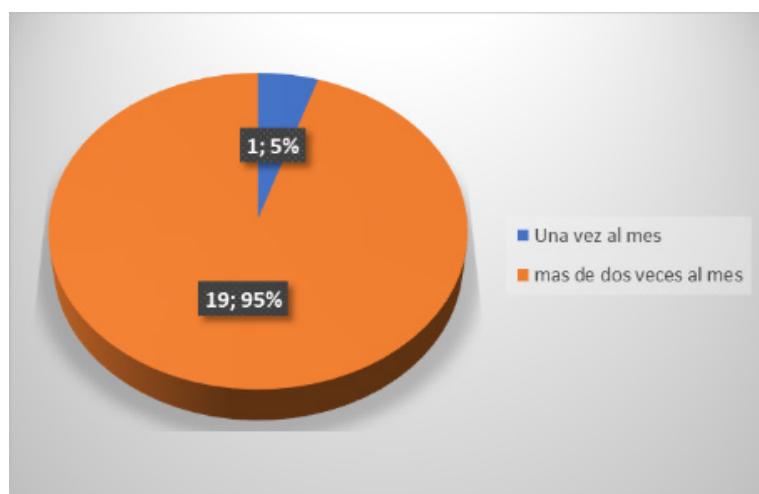
Resultados

Entre los investigados sobre el tiempo que los agricultores dedican al cuidado del cultivo donde la mayoría (95%) dedica más de dos veces al mes, adicionalmente se investigó sobre las condiciones ambientales en donde se encuentra el cultivo sea en invernadero (95%) y al aire libre (5%) se puede determinar que:

La Media, si asumimos respuestas binarias (0 para una vez al mes, 1 para más de dos veces al mes), la media sería 0.95 según como se muestra en la figura 1.

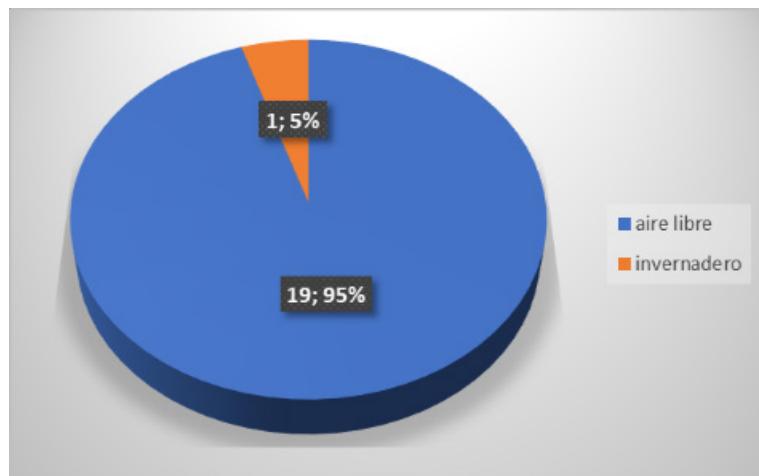
Figura 1.

Tiempo de dedicación al cuidado y condiciones ambientales.



Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>



Con los resultados obtenidos se deriva los siguientes aspectos analizados:

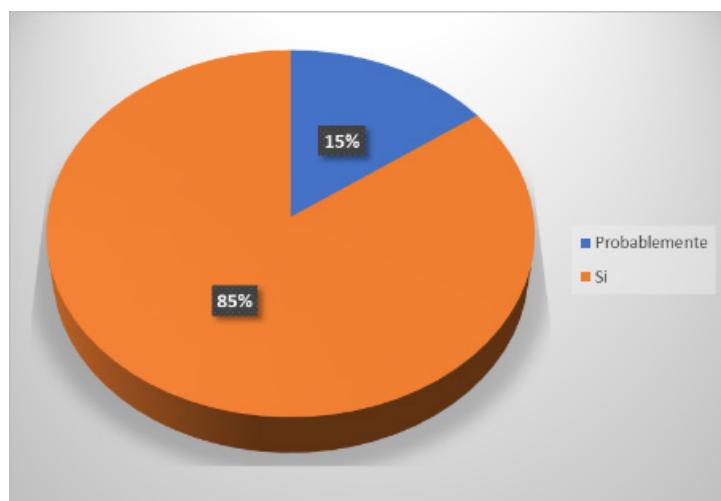
Desviación Estándar: La dispersión sería baja debido a la homogeneidad de las respuestas.

Correlación de Pearson: Entre la disposición a invertir y la percepción del ahorro de agua, Si calculamos la correlación entre las preguntas sobre la percepción de pérdida de agua (95% afirman que sí) y la disposición a implementar un sistema automatizado (85% sí), podríamos obtener un valor de correlación alto, indicando una relación directa entre la preocupación por el agua y la disposición a adoptar tecnología, figura 2.

Modelo de Predicción de Inversión: Si desarrollamos un modelo que predice si un agricultor invirtiera en un sistema automatizado basado en las otras respuestas (como percepción de ahorro de agua y tecnología utilizada), podríamos calcular la precisión de este modelo comparando las predicciones con las respuestas reales.

Figura 2.

Disposición a invertir en sistemas de ahorro y buena gestión de agua.



Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Se muestra adicionalmente la forma como se obtiene el agua y la forma como se la utiliza, se muestra en la tabla 3.

- Canal de riego: Es el tipo de riego más común (70%), pero solo el 5% del agua proviene de canales de riego. Esto sugiere que, aunque es el método más utilizado, la fuente de agua principal podría no ser siempre un canal de riego.
- Riego por chorros: Utilizado por el 20% de los agricultores, tiene una correlación baja con fuentes de agua potable (5%), lo que indica que no todos los que usan este método dependen exclusivamente de agua potable.
- Riego por goteo: Aunque solo el 5% de los agricultores usa este tipo de riego, la mayoría del agua proviene de reservorios (85%), sugiriendo que este tipo de riego es altamente dependiente de fuentes de agua almacenada.
- Riego por surcos: También utilizado por el 5%, este tipo de riego tiene una distribución uniforme con la fuente de agua de los ríos (5%).

Tabla 3.

Tipo de riego y fuentes de agua.

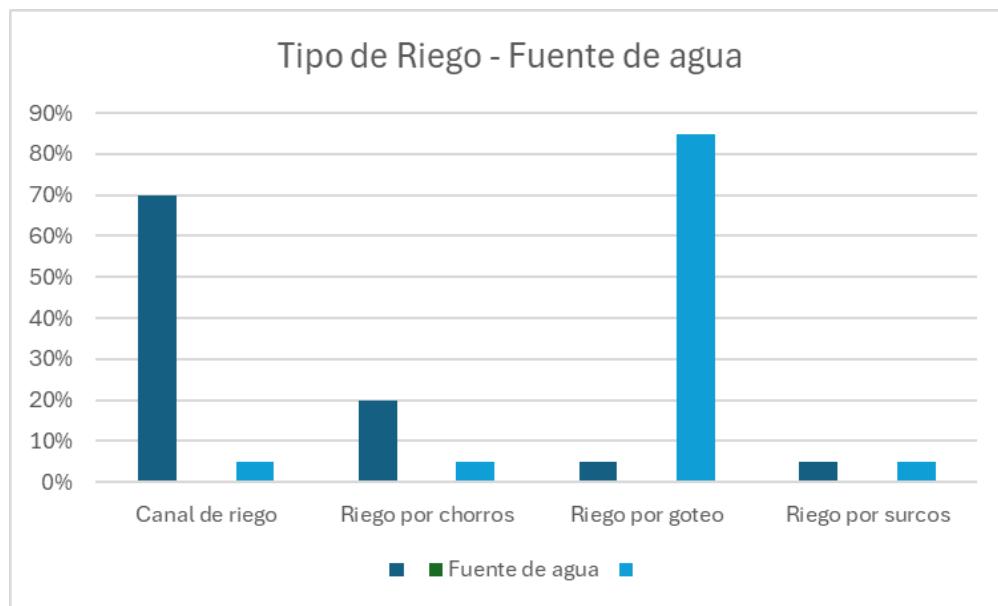
Tipo de riego		Fuente de agua	
Canal de riego	70%	Canal de riego	5%
Riego por chorros	20%	Agua potable	5%
Riego por goteo	5%	Reservorio	85%
Riego por surcos	5%	Ríos	5%

El riego por goteo está fuertemente correlacionado con el uso de agua de reservorios, mientras que otros tipos de riego como el canal de riego y riego por chorros muestran una relación más difusa con sus respectivas fuentes de agua como se indica en la figura 3.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Figura 3.
Tipo de riego y fuentes de agua.



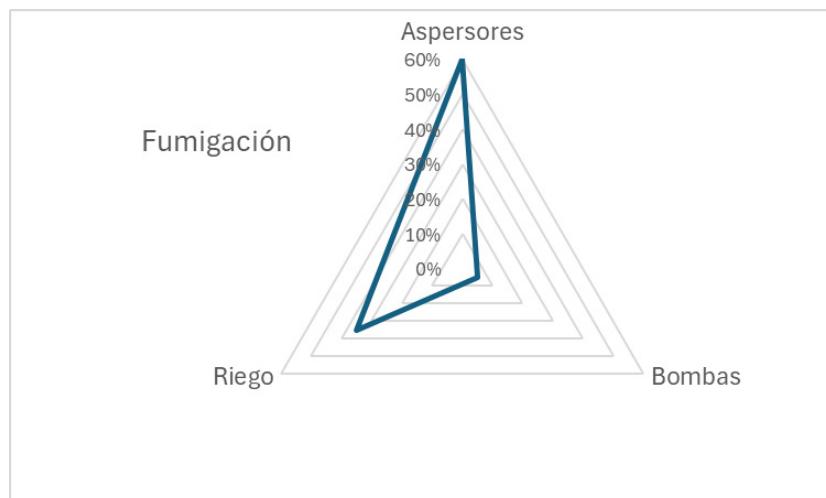
La figura 4, muestra que los aspersores juegan un papel importante, especialmente en actividades de fumigación. Esto sugiere un enfoque significativo en el uso de aspersores para ciertas tareas específicas, mientras que otras actividades pueden depender de diferentes tecnologías o métodos, en donde:

Los Aspersores (60%), presenta el valor más alto, lo que indica que los aspersores son utilizados de manera significativa en el contexto evaluado. Esto sugiere que la mayoría de las actividades de fumigación, se realizan utilizando aspersores.

La fumigación por medio de Riego (10%) tiene un valor bajo en comparación con aspersores, indicando que el riego puede estar siendo realizado con otros métodos que no son necesariamente aspersores.

La fumigación por medio de elementos de bombeo manual o estacionarias es del (3%): estas tienen un uso mínimo en relación con aspersores, lo que podría indicar que, aunque se utilizan en menor medida, podrían estar relacionadas con la operación de sistemas de fumigación, pero no son predominantes.

Figura 4.
Tipo de elementos utilizado en la fumigación.



Investigación tecnológica

- La investigación experimental se centró en el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo de sistema automatizado de riego y fumigación, seguido de pruebas de campo para evaluar su efectividad.
- El sistema automatizado desarrollado consta de varios componentes electrónicos y una aplicación móvil para su control. Los principales materiales utilizados incluyen: A) Microcontrolador ESP32: Este dispositivo fue elegido como el “cerebro” del sistema debido a su capacidad para manejar múltiples sensores y actuadores, así como su conectividad inalámbrica. B) Sensores: Se emplearon sensores de humedad del suelo (FC-28), temperatura ambiente (DHT-11), y proximidad (HC-SR04). Estos sensores monitorean las condiciones del cultivo y proporcionan datos en tiempo real al microcontrolador. C) Actuadores: Bombas de agua y servomotores controlan el flujo de agua y la aplicación de productos químicos para la fumigación, respectivamente. D) Aplicación Móvil: Desarrollada en Flutter, la aplicación móvil permite a los agricultores monitorear y controlar el sistema en tiempo real, visualizando datos de los sensores y ajustando los parámetros de riego y fumigación según sea necesario.

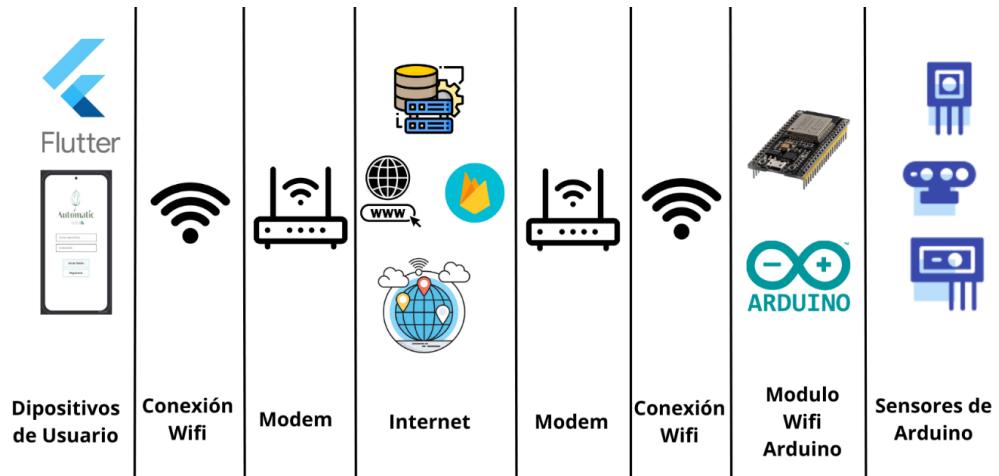
Procedimiento

Instalación del Prototipo: El prototipo del sistema fue instalado en una parcela seleccionada de uvilla. Se conectaron los sensores al microcontrolador ESP32, que a su vez controlaba las bombas de agua y los servomotores para el riego y la fumigación. Aplicando la arquitectura propuesta en la figura 5.

Cómo citar este artículo:

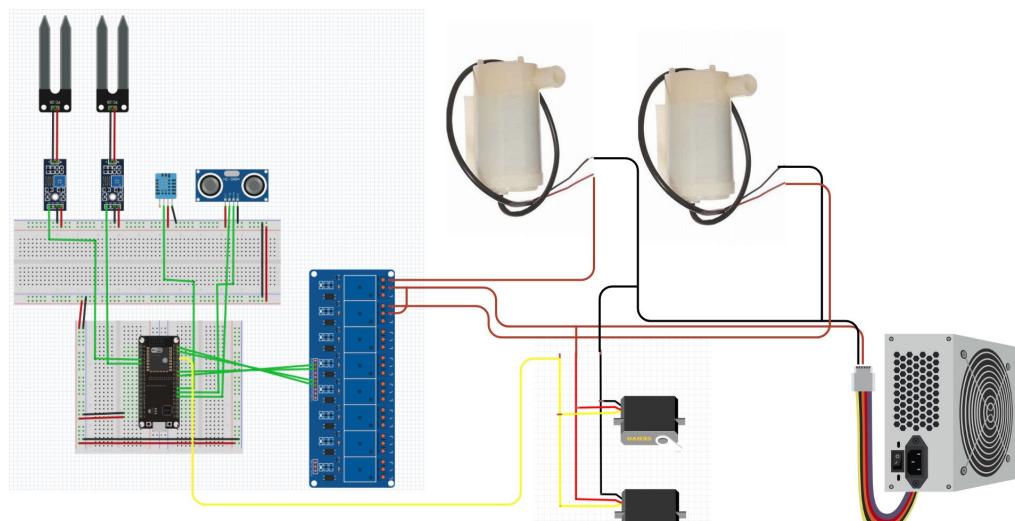
Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Figura 5.
Arquitectura propuesta.



Modelo del circuito en la figura 6, se presenta el diagrama electrónico que incluye todos los componentes y sensores necesarios para el funcionamiento del sistema. Los elementos utilizados son: módulo WiFi ESP-32, sensores de humedad FC-28, fuente de alimentación de 5V, módulo relé de 8 pines, un sensor de temperatura y humedad relativa DHT11, motores de 5V, bombas de agua y un sensor de ultrasonido HC-SR04.

Figura 6.
Modelo circuito propuesto.



Recolección de Datos: Durante un período de tres meses, se recolectaron datos sobre el uso del agua, la frecuencia de riego y fumigación, y el crecimiento del cultivo. Los datos fueron transmitidos en tiempo real a la aplicación móvil y almacenados en una base de datos Firebase.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Análisis de Datos: Se realizó un análisis estadístico de los datos recolectados para evaluar la eficiencia del sistema en comparación con los métodos tradicionales de riego y fumigación. Se utilizaron métodos descriptivos y de variabilidad para interpretar los resultados, se muestran en los resultados y la discusión

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los hallazgos más importantes obtenidos durante la implementación y evaluación del sistema automatizado de riego y fumigación para *Physalis peruviana* (uvilla). Los resultados se analizan en función de los objetivos planteados y se comparan con estudios previos para discutir su relevancia y posibles implicaciones.

Resultados

- **Consumo de Agua:** La implementación del sistema automatizado resultó en una reducción significativa en el consumo de agua. Antes de la automatización, el riego manual utilizaba un promedio de 135 litros de agua por día para una parcela de 144 plantas. Con el sistema automatizado, el consumo de agua se redujo a un promedio de 95 litros por día, lo que representa una disminución del 29.6% en el uso del recurso hídrico. Este ahorro se debe a la precisión del riego por goteo controlado por los sensores de humedad del suelo, que activan las bombas de agua solo cuando es necesario.
- **Eficiencia en la Fumigación:** El sistema permitió una aplicación más precisa y uniforme de los productos de fumigación, mejorando la protección del cultivo contra plagas. En comparación con los métodos tradicionales, donde la fumigación se realizaba manualmente y de manera generalizada, el sistema automatizado aplicó los químicos directamente en las raíces de las plantas, reduciendo el desperdicio de productos y el impacto ambiental. Además, se observó una reducción en el tiempo de aplicación de la fumigación, pasando de un promedio de 4 horas por semana a solo 1.5 horas con el sistema automatizado.
- **Crecimiento y Productividad del Cultivo:** Los datos recogidos durante el periodo de pruebas mostraron un incremento en la tasa de crecimiento y productividad del cultivo de uvilla. Las plantas en la parcela automatizada crecieron un 15% más rápido en comparación con aquellas regadas manualmente, y la producción de frutos aumentó en un 20%. Este resultado se atribuye a la optimización del riego y la fumigación, que proporcionaron un ambiente más controlado y favorable para el desarrollo de las plantas. Por medio de las pruebas realizadas en dispositivos móviles, tabla 4, tabla 5, figura 7, figura 8.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Tabla 4.

Prueba de rendimiento Píxel 5.

Prueba de Rendimiento			
Celular	Píxel 5	Id prueba	1
Tiempo de ejecución	1 min 9s	Versión de Android	11
Tiempo para la visualización inicial	462 ms	Tiempo de visualización completa	462 ms
Estadísticas graficas			
Sincronizaciones verticales perdidas			
Latencia de entrada alta			
Subproceso de la IU lento			
Rendimiento en el tiempo			
Uso CPU max	13%	Uso CPU medio	8%
Fotogramas max	87	Fotogramas medios	30
RAM max	170 KiB	RAM media	117 KiB

Figura 7.

Prueba de rendimiento Píxel 5.

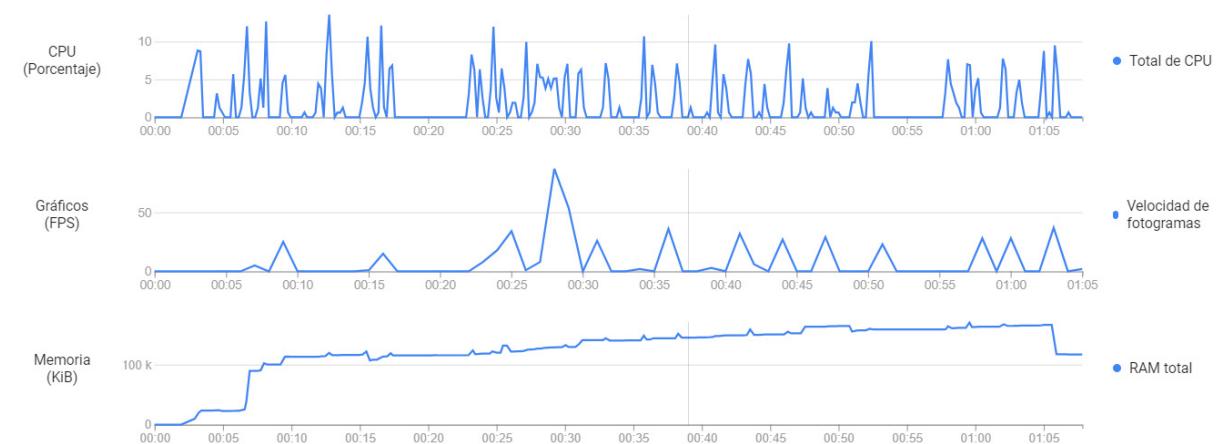


Tabla 5.

Prueba de Rendimiento Moto E5 Play

Prueba de Rendimiento			
Celular	Moto E5 Play	Id prueba	2
Tiempo de ejecución	3 min 10 s	Versión de Android	8.1.0

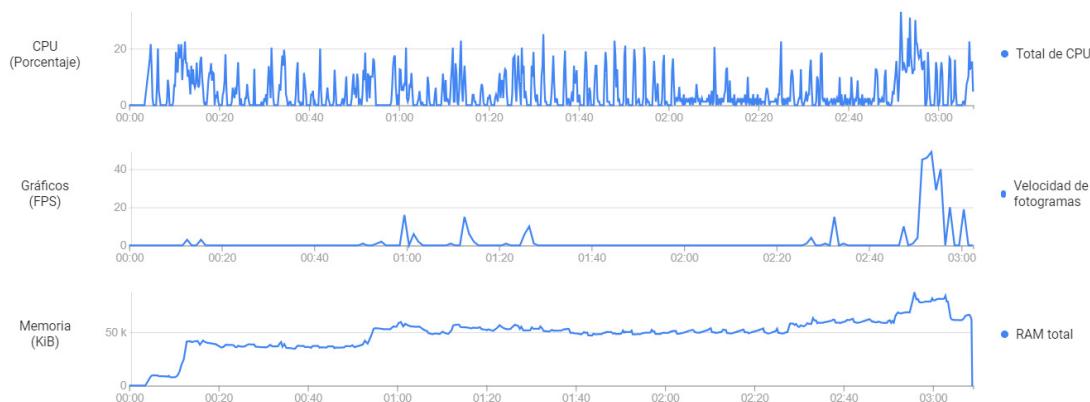
Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Tiempo para la visualización inicial	2s 791ms	Tiempo de visualización completa
Estadísticas graficas		
Sincronizaciones verticales perdidas		70%
Latencia de entrada alta		0%
Subproceso de la IU lento		85%
Rendimiento en el tiempo		
uso CPU max	32%	uso CPU medio
Fotogramas max	49	Fotogramas medios
RAM max	87 Kib	RAM media
		50 Kib

Figura 8.

Estadísticas de Prueba de Rendimiento



Las figuras 9, 10 y 11 muestra un fragmento de código en Arduino (C++), utilizado para controlar y monitorear la humedad del suelo en una parcela agrícola, función de datos del terreno y gestión de reservorios de agua.

La figura 12, reflejan la interfaz de usuario desarrollada.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Figura 9.
Código fuente de gestión de parcelas.



```
String DatosParcela1() {
  int humedad = analogRead(humedadPin1);
  digitalWrite(relePin1);
  //Código para obtener la información de los sensores
  //_____
  float porcentaje1 = map(humedad, 0, 4095, 0, 100);
  Serial.print("Humedad 1: ");
  Serial.print(porcentaje1);
  Serial.println("%");
  delay(1000);

  if (porcentaje1 < 65) {
    digitalWrite(relePin1, LOW);
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Parcela_1/Bomba_1", "Prendido");
  } else {
    digitalWrite(relePin1, HIGH);
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Parcela_1/Bomba_1", "Apagado");
  }
  Firebase.setInt(dbDatos, path + "/Parcela_1/Humedad_1", porcentaje1);
}

String DatosParcela2() {
  int humedad2 = analogRead(humedadPin2);
  digitalWrite(relePin2);
  float porcentaje2 = map(humedad2, 0, 4095, 0, 100);
  Serial.print("Humedad 2: ");
  Serial.print(porcentaje2);
  Serial.println("%");
  delay(1000);

  if (porcentaje2 < 65) {
    digitalWrite(relePin2, LOW);
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Parcela_2/Bomba_2", "Prendido");
  } else {
    digitalWrite(relePin2, HIGH);
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Parcela_2/Bomba_2", "Apagado");
  }
  Firebase.setInt(dbDatos, path + "/Parcela_2/Humedad_2", porcentaje2);
}
```

Figura 10.
Función datos de terrenos



```
String DatosTerreno() {
  float temp = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
  digitalWrite(relePin5);

  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println("°C");

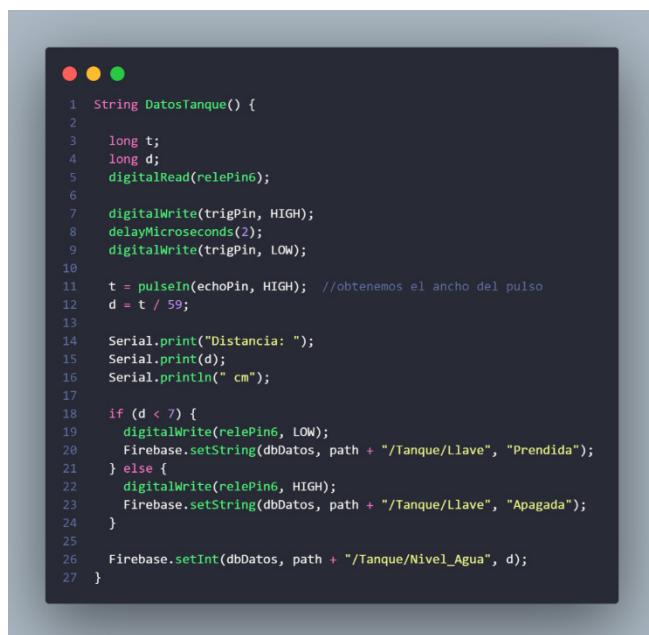
  if (temp < 3 || temp > 30) { //Si la temperatura es menor a 3 °C o mayor a 30 °C
    digitalWrite(relePin5, LOW); //Activamos el módulo de relé
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Datos_Terreno/Motor", "Prendido");
  } else {
    digitalWrite(relePin5, HIGH); //De lo contrario, desactivamos el módulo de relé
    Firebase.setString(dbDatos, path + "/Datos_Terreno/Motor", "Apagado");
  }

  Firebase.setInt(dbDatos, path + "/Datos_Terreno/Temperatura_terreno", temp);
}
```

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Figura 11.
Función datos de tanques de reserva

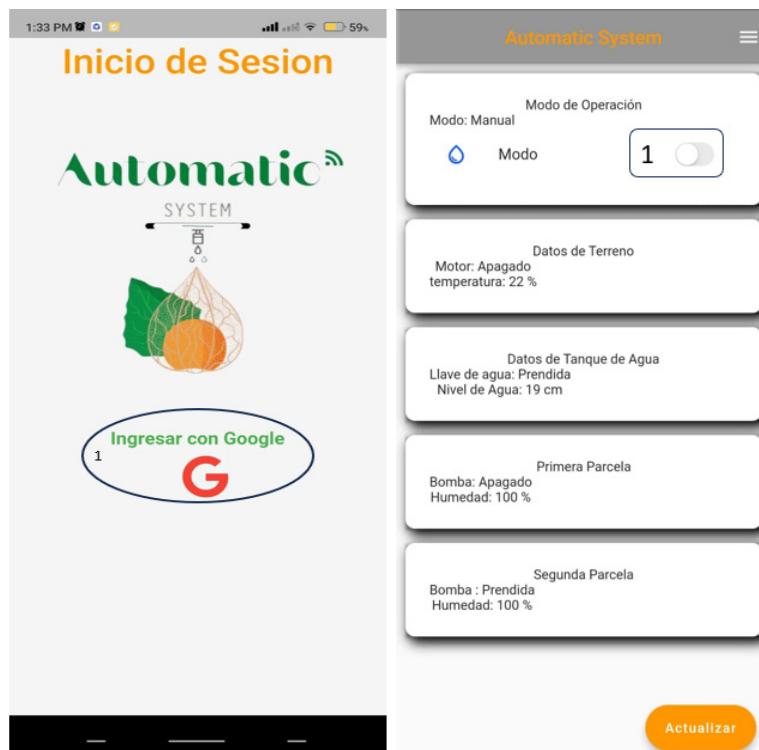


```

1 String DatosTanque() {
2
3     long t;
4     long d;
5     digitalWrite(relePin6);
6
7     digitalWrite(trigPin, HIGH);
8     delayMicroseconds(2);
9     digitalWrite(trigPin, LOW);
10
11    t = pulseIn(echoPin, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
12    d = t / 59;
13
14    Serial.print("Distancia: ");
15    Serial.print(d);
16    Serial.println(" cm");
17
18    if (d < 7) {
19        digitalWrite(relePin6, LOW);
20        Firebase.setString(dbDatos, path + "/Tanque/Llave", "Prendida");
21    } else {
22        digitalWrite(relePin6, HIGH);
23        Firebase.setString(dbDatos, path + "/Tanque/Llave", "Apagada");
24    }
25
26    Firebase.setInt(dbDatos, path + "/Tanque/Nivel_Agua", d);
27 }

```

Figura 12.
Interfaz de usuario.



Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Discusión

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada al inicio de esta investigación: la implementación de un sistema automatizado de riego y fumigación no solo reduce el consumo de agua, sino que también mejora la productividad del cultivo de uvilla. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado la eficacia de la automatización en la agricultura para optimizar los recursos y aumentar la eficiencia productiva.

En comparación con otros sistemas automatizados reportados en la literatura, el sistema desarrollado en este estudio presenta varias ventajas, como su bajo costo de implementación y su adaptabilidad a diferentes tipos de cultivos y condiciones de campo. Además, la facilidad de uso de la aplicación móvil desarrollada permite a los agricultores monitorear y controlar el sistema en tiempo real, lo que representa una mejora significativa en la gestión agrícola.

Sin embargo, algunos desafíos fueron identificados durante el estudio. La dependencia del sistema en la conectividad a internet es un factor limitante, especialmente en áreas rurales donde el acceso a internet es limitado o inexistente. Este aspecto debe ser considerado en futuras investigaciones, con el objetivo de desarrollar alternativas que permitan la operación del sistema sin necesidad de una conexión constante a internet.

Perspectivas futuras

Los resultados obtenidos abren la puerta a nuevas investigaciones en el campo de la agricultura automatizada. Futuras investigaciones podrían enfocarse en la integración de energías renovables, como paneles solares, para alimentar el sistema automatizado, reduciendo aún más los costos operativos y mejorando la sostenibilidad del proyecto. Además, la expansión del sistema para incluir otros cultivos podría proporcionar beneficios similares en términos de ahorro de agua y aumento de productividad.

Conclusiones

El desarrollo e implementación del sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (uvilla) ha demostrado ser una solución efectiva para optimizar el uso de recursos hídricos y mejorar la productividad del cultivo. Los resultados obtenidos indican que el sistema permite una reducción significativa en el consumo de agua, con un ahorro del 29.6%, y mejora la eficiencia de la fumigación, lo que contribuye a un incremento del 20% en la producción de frutos. Estas conclusiones están respaldadas por datos empíricos y comparaciones con métodos tradicionales, lo que subraya la viabilidad técnica y económica del sistema.

Además, la facilidad de uso de la aplicación móvil desarrollada y la adaptabilidad del sistema a diferentes condiciones de cultivo refuerzan su potencial para ser replicado en otros contextos agrícolas. Sin embargo, la dependencia de la conectividad a internet representa un desafío que debe ser abordado en futuras investigaciones para garantizar la operatividad del sistema en áreas rurales con acceso limitado a la red.

En resumen, el sistema automatizado propuesto no solo cumple con los objetivos de ahorro de recursos y mejora de la productividad, sino que también ofrece una herramienta accesible y replicable que puede contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura en regiones similares.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Recomendaciones

- **Desarrollo de Alternativas para la Conectividad:** Se recomienda investigar y desarrollar soluciones que permitan el funcionamiento del sistema automatizado en áreas con conectividad limitada. Una posible solución podría ser la integración de tecnologías que permitan la operación offline con sincronización de datos cuando el acceso a internet esté disponible.
- **Expansión a Otros Cultivos:** Dado el éxito del sistema en el cultivo de uvilla, se sugiere explorar su aplicación en otros tipos de cultivos que también se beneficiarían de un riego y fumigación automatizados. Esto podría involucrar ajustes específicos en los sensores y la programación del sistema para adaptarse a las necesidades particulares de otros cultivos.
- **Integración de Energías Renovables:** Se recomienda investigar la posibilidad de alimentar el sistema mediante fuentes de energía renovable, como paneles solares, para reducir aún más los costos operativos y aumentar la sostenibilidad del sistema en el largo plazo.
- **Capacitación para Agricultores:** Para maximizar los beneficios del sistema, es esencial proporcionar capacitación a los agricultores en el uso de la aplicación móvil y el manejo del sistema automatizado. Esto asegurará que los usuarios puedan aprovechar al máximo las funcionalidades del sistema y contribuirá a una adopción más amplia.
- **Monitoreo Continuo y Mejora del Sistema:** Se sugiere continuar con el monitoreo del sistema en diferentes condiciones climáticas y de cultivo para identificar posibles mejoras y optimizaciones. Esto incluye la actualización continua del software y hardware para incorporar nuevas tecnologías y métodos que puedan surgir.

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de Physalis peruviana (Uvilla). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>

Referencias

- Anaguano, E. M. (2019). Factores clave que afectan la competitividad de la cadena productiva del cultivo de uvilla *Physalis peruviana* L. De la parroquia de Quiroga. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Borjas, A. I., Santos, R. T., Baldivia, M. G., Cárdenas, O. Á., & Barragán, R. J. (2021). Desarrollo de un sistema de riego residencial automatizado. *DIFU100CI@*.
- Calle, R. O. (2020). *Diseño y elaboración de un diagnóstico integral en etapa de factibilidad* .
- CALLISAYA, R. S. (Noviembre de 2021). DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO, MEDIANTE EL MICROCONTROLADOR ESP32 POR MEDIO DE RED INALÁMBRICA WIFI Y LA PLATAFORMA BLYNK, EN LA PLAZA TRIANGULAR DE LA CIUDAD DE LA PAZ. La Paz , Bolivia .
- Carchi, P. d. (2019). *carchi.gob.ec*. carchi.gob.ec: <https://carchi.gob.ec/2016f/index.php/direccion-de-recursos-hidricos.html>
- Grace, C., & Mayra, T. (julio de 2020). Diseño de una planta para la obtención de una bebida láctea a partir de suero de leche, sabor a uvilla.
- Holguín, I. M. (2018). *Implementación de un sistema automático de riego por goteo* . Riobamba - Ecuador.
- Igea, M. A., & Zamarreño, C. R. (2021). *Desarrollo de sistemas basados en un microcontrolador PIC*. Pamplona.
- Lema, H. D. (2020). *Diseño de un sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático aplicada a la agricultura de precisión en la granja la pradera de la universidad Técnica del Norte*. Ibarra - Ecuador.
- Ramos, B. L. (2021). *Desarrollo de una aplicación móvil utilizando Flutter y Firebase para realizar el seguimiento de los tratamientos farmacológicos de un paciente* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero informático, Universidad Nacioanl de Piura]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3014>
- Rodríguez, A. A., Torres, L. J., Maila, D. K., & Manzur, B. N. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino. *Espacios*, 27.
- Rodriguez, M. F. (2022). Desarrollo de un aplicativo para el ingreso y extracción automática de datos de consulta preanestésica de pacientes del hospital universitario San Vicente Fundación y la IPS universitaria. Medellín, Colombia.
- Rosales, L. C. (2021). Comportamiento agronómico del cultivo de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) mediante la utilización de bioestimulantes, en Santa Martha de Cuba – Carchi”. Tulcán, Carchi, Ecuador.
- Ruiz, J. R. (2018). “Evaluación del rendimiento del cultivo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo dos sistemas de producción, sometido a la aplicación de abonos orgánicos y N-P-K, en el Sector Miraflores, Provincia del Carchi. El Angel, Espejo, Ecuador.
- Unidas, O. d. (s.f.). *ONU*. <https://www.un.org/es/>

Cómo citar este artículo:

Yandún, M., Quiranza, A., Jiménez, H. & Quilismal, J., (Enero – Diciembre 2024). Sistema automatizado para el control de riego y fumigación en plantaciones de *Physalis peruviana* (*Uvilla*). *Tierra Infinita* (10), 7-25. <https://doi.org/10.32645/26028131.1303>