



ORIGINAL

Artificial intelligence: prototype of an automated irrigation system for the cultivation of roses in Cotopaxi

Inteligencia artificial: prototipo de sistema de riego automatizado para el cultivo de rosas en Cotopaxi

Manuel William Villa Quisphe¹  , José Augusto Cadena Moreano¹  , Juan Carlos Chancusig Chisag¹  

¹Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi-Ecuador.

Citar como: Villa Quisphe MW, Cadena Moreano JA, Chancusig Chisag JC. Artificial intelligence: prototype of an automated irrigation system for the cultivation of roses in Cotopaxi. Data and Metadata. 2024; 3:398. <https://doi.org/10.56294/dm2024398>

Enviado: 08-02-2024

Revisado: 06-05-2024

Aceptado: 04-07-2024

Publicado: 05-07-2024

Editor: Adrián Alejandro Vitón Castillo 

ABSTRACT

Implementing artificial intelligence in agriculture can improve efficiency, reduce pollution, and promote more effective agricultural production. Efficient irrigation management avoids wasting water and ensures that plants receive the right amount of water at the right time. The purpose of this research is to present an intelligent irrigation system based on neural networks and fuzzy logic, to avoid the presence of pests due to excess relative humidity in rose crops in Cotopaxi. A mixed methodology was used. The SCRUM methodology, Android Studio as an integrated development environment, a relational database management system and the Mobile-D method were used as software elements. For the prototype construction, the main hardware element that was used was the Arduino Board. The system for irrigating automated water using fuzzy logic took less time than manual irrigation. Training actions were proposed for employers and employees in the use and maintenance of the automated irrigation system, to maintain continuous improvement in the process.

Keywords: Artificial Intelligence; Irrigation System; Rose Cultivation; Cotopaxi.

RESUMEN

La implementación de la inteligencia artificial en la agricultura puede mejorar la eficiencia, reducir la contaminación y promover una producción agrícola más efectiva. La gestión eficiente del riego, evita el desperdicio de agua y asegura que las plantas reciban la cantidad precisa de agua en el momento adecuado. El propósito de la presente investigación es presentar un sistema de riego inteligente basado en redes neuronales y lógica difusa, para evitar la presencia de plagas debido al exceso de humedad relativa en los cultivos de rosas en Cotopaxi. Se empleó una metodología mixta. Se utilizaron la metodología SCRUM, el Android Studio como entorno de desarrollo integrado, un sistema de gestión de base de datos relacional y el método Mobile-D como elementos de software. Para la construcción de prototipo el principal elemento del hardware que se usó fue la Placa Arduino. El sistema para regar agua automatizada usando lógica difusa, presentó menor tiempo que el riego manual. Se plantearon acciones de capacitación para los empleadores y empleados en el uso y mantenimiento del sistema de riego automatizado, para mantener la mejora continua en el proceso.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Sistema de Riego; Cultivo de Rosas; Cotopaxi.

INTRODUCCIÓN

La tecnología ha desempeñado un papel fundamental en la transformación de la producción agrícola. Ha permitido a los agricultores maximizar recursos como el tiempo, las herramientas y la mano de obra, lo que

ha llevado a resultados más satisfactorios. La introducción de maquinaria agrícola avanzada ha mejorado la eficiencia en la preparación del suelo, la siembra, la cosecha y otras tareas agrícolas. Los tractores, cosechadoras y otros equipos modernos han facilitado el trabajo y han permitido ahorrar tiempo y esfuerzo.

La tecnología ha permitido la implementación de técnicas de agricultura de precisión, como la aplicación variable de fertilizantes y pesticidas. Estas técnicas utilizan datos y algoritmos para aplicar los insumos agrícolas de manera precisa y en las cantidades adecuadas, reduciendo el desperdicio y mejorando la salud de los cultivos. Los sensores agrícolas y los sistemas de monitoreo han ayudado a los agricultores a recopilar datos precisos sobre el suelo, el clima, la calidad del agua y otros factores clave. Esto les permite tomar decisiones más informadas sobre el riego, la fertilización y el manejo de plagas, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos y una mejor productividad.

Los sistemas automatizados han simplificado muchas tareas agrícolas, como el riego, la alimentación animal y la clasificación de productos. Esto ha reducido la necesidad de mano de obra manual y ha permitido a los agricultores centrarse en tareas más estratégicas. También la tecnología ha facilitado el desarrollo de sistemas de agricultura vertical y cultivos en invernadero. Estos métodos permiten el cultivo de alimentos en espacios limitados y controlan el ambiente de crecimiento, lo que resulta en una producción más eficiente y protegida de las condiciones climáticas adversas.

Cuando se trata de monitorear factores ambientales como la humedad relativa, la lógica difusa es la mejor manera de usar un sistema de riego automatizado, ya que es la mejor manera de usar una técnica de inteligencia artificial (IA). Es posible tomar decisiones similares a las que hacen los seres humanos desde el suelo.⁽¹⁾

En muchos invernaderos, el proceso de riego se realiza de forma manual debido a la falta de uniformidad en la distribución del agua en las zonas de cultivo. Esto puede resultar en un consumo excesivo de agua y una gestión ineficiente del riego. Sin embargo, la implementación de tecnologías basadas en la inteligencia artificial puede ayudar a superar estos desafíos. Por ejemplo, mediante el uso de sensores y sistemas de monitoreo, es posible recolectar datos en tiempo real sobre la humedad del suelo, las condiciones climáticas y las necesidades específicas de agua de cada cultivo. Estos datos pueden ser procesados y analizados por algoritmos de inteligencia artificial para optimizar la distribución del riego. Los sistemas automatizados de riego pueden ajustar la cantidad y el momento del riego en función de los datos recopilados, asegurando una distribución uniforme y eficiente del agua en todo el invernadero. Además, la inteligencia artificial también puede ayudar a predecir las necesidades de agua de los cultivos en función de factores como la etapa de crecimiento, el clima y las características del suelo. Esto permite una gestión más precisa y eficiente del riego, evitando el desperdicio de agua y asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en el momento adecuado.⁽²⁾

El uso de redes neuronales mejora la calidad y producción de cultivos de rosas. El campo de la visión artificial ha cambiado debido a su enfoque en una variedad de campos, como el reconocimiento de imágenes.⁽³⁾ Se ha demostrado que la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en la producción agrícola ha producido resultados prometedores y ha demostrado un potencial significativo para mejorar la eficiencia y la productividad en este campo.⁽⁴⁾

El análisis de suelos es realmente importante en la agricultura. Permite a los agricultores comprender la composición química y la fertilidad del suelo, lo que a su vez les proporciona información sobre los niveles de nutrientes presentes. Con esta información, los agricultores pueden ajustar y equilibrar las aplicaciones de fertilizantes, evitando la sobre o sub fertilización, lo que maximiza la productividad de los cultivos.

Además, el análisis de suelos también ayuda a los agricultores a comprender las características físicas del suelo, como su capacidad para retener agua. Esto les permite gestionar más eficientemente el riego, evitando el desperdicio de agua y asegurando que las plantas reciban la cantidad precisa de agua en el momento adecuado.

Otra ventaja del análisis de suelos es que permite a los agricultores seleccionar los cultivos más adecuados para una zona particular. Al comprender las características del suelo, los agricultores pueden elegir los cultivos que se adapten mejor a esas condiciones. Esto maximiza los rendimientos y mejora la rentabilidad de la producción agrícola.

Además, el análisis de suelos también tiene beneficios ambientales. Al tomar en cuenta los niveles y necesidades de nutrientes del suelo, los agricultores pueden reducir las aplicaciones excesivas de fertilizantes, lo que minimiza la escorrentía de nutrientes hacia los cuerpos de agua y, a su vez, reduce la contaminación ambiental.

En cuanto al análisis de plagas, es esencial para implementar un enfoque de manejo integrado. Este enfoque combina diferentes estrategias, como el control biológico, el control químico y las prácticas culturales, para minimizar el uso de pesticidas. Esto ayuda a reducir los impactos negativos en el medio ambiente y fomenta prácticas agrícolas más sostenibles.

La inteligencia artificial ofrece un gran potencial para mejorar la productividad, la eficiencia y la sostenibilidad en la agricultura. Al aprovechar los avances en la IA los agricultores pueden tomar decisiones más acertadas basándose en datos obtenidos, lo que conduce a una agricultura más precisa, rentable y respetuosa

con el medio ambiente.

En primer lugar, promueve la visualización completa del desarrollo de las tareas en la cadena de producción, lo cual facilita la organización y permite realizar modificaciones si es necesario. Así mismo, se enfatiza la importancia de la calidad, asegurando que todas las actividades se realicen correctamente desde el principio. Otro principio clave es la reducción de desperdicios, procurando hacer solo lo necesario y evitar el exceso de producción. La priorización y flexibilidad son aspectos esenciales para una gestión eficiente del tiempo y el trabajo en equipo, permitiendo establecer un orden coherente y ajustar las tareas según las necesidades. Por último, SCRUM fomenta la mejora continua y la adaptabilidad, alentando la modificación constante de las actividades a realizar. ⁽⁵⁾

El uso de la inteligencia artificial en la agricultura tiene muchas ventajas, incluida una mayor eficiencia y una reducción de costos. El objetivo de la implementación de tecnologías innovadoras en los cultivos es aumentar la productividad y disminuir los costos de producción. La inteligencia artificial acelera la adaptación a las condiciones de desarrollo de los cultivos y aumenta la precisión en la toma de decisiones. Según los estudios, la adopción de inteligencia artificial ha aumentado significativamente, lo que contribuye significativamente a la sostenibilidad de la actividad agrícola: las investigaciones han demostrado que el uso de la inteligencia artificial ha aumentado significativamente y ha contribuido a hacer los cultivos una actividad más sostenible. ⁽⁶⁾

Si bien el uso de estas tecnologías avanzadas puede beneficiar a los agricultores, también es importante considerar los desafíos asociados con su implementación. La implementación de la inteligencia artificial en la agricultura tiene un gran potencial en aumentar la eficiencia, la sostenibilidad del sector agrario permitiendo promover la innovación mediante la competencia en el mercado y las soluciones tecnológicas que podrían implementarse tales como los robots que son capaces de clasificar las cosechas, los drones ayudan a la optimización de los cultivos además de monitorear el riego y a detectar las condiciones climáticas en las que se encuentra. ⁽⁶⁾

La floricultura a partir de la década de 1970 ha tenido un despunte tecnológico. Los avances en el embalaje y el transporte han permitido transportar flores delicadas a largas distancias, manteniendo su frescura y calidad. Los invernaderos permiten cultivar flores fuera de temporada, satisfaciendo la demanda durante todo el año. Las condiciones controladas de los invernaderos y los sistemas de riego de precisión dan como resultado flores de mayor calidad y mayor rendimiento. ⁽⁷⁾

La industria de las flores en Ecuador ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, convirtiéndose en uno de los principales exportadores a nivel mundial. Las condiciones climáticas favorables, la variedad de especies y la mano de obra calificada han contribuido al éxito de esta industria. Las flores ecuatorianas son reconocidas por su alta calidad y durabilidad, lo que las hace muy demandadas en mercados internacionales como Estados Unidos, Europa y Rusia. Además, la cercanía geográfica con estos mercados permite una rápida distribución y entrega fresca de los productos. ⁽⁸⁾

El cultivo de rosas en invernadero en Ecuador presenta un mayor riesgo de plagas y enfermedades debido a la alta humedad relativa que se genera en este tipo de ambiente. La humedad relativa elevada favorece el desarrollo y la propagación de hongos, bacterias y otros patógenos. ⁽⁸⁾

Por falta de presupuesto, solo se ha enfocado en estudios de aforo, estudios de suelo, riego y detección de plagas, pero se ha desarrollado para la producción de rosas con inteligencia artificial enfocada en la producción agrícola de Cotopaxi. Es por ello que el objetivo de la presente investigación es presentar un sistema de riego inteligente basado en redes neuronales y lógica difusa, para evitar la presencia de plagas debido al exceso de humedad relativa en los cultivos de rosas en Cotopaxi. Es por ello que este busca encontrar soluciones para el sector agrícola que se especializa en la producción de rosas. Tanto los propietarios como los trabajadores de los invernaderos en la provincia de Cotopaxi obtienen beneficios de estas soluciones, además de permitirles colaborar con grupos de investigación y mejorar la comunidad educativa.

MÉTODOS

La metodología empleada en esta investigación es mixta. Por ende, se logró recopilar y analizar datos desde las dos perspectivas (cualitativa y cuantitativa) en una misma investigación, con la finalidad de comprender mejor el objeto de estudio sobre los sistemas de riego automatizados en cultivos de rosas, basándose en los niveles de humedad del suelo para determinar el tiempo de riego en cultivos bajo invernadero.

El uso de técnicas de investigación apoyó la fase de recopilación de información. A través del análisis documental, se pudo observar y registrar información sobre los diferentes métodos de riego utilizados en el cultivo de rosas en invernaderos, así como información esencial sobre redes neuronales, lógica difusa y control difuso. ⁽⁵⁾

Se revisaron diferentes informes técnicos, tesis doctorales, artículos científicos, libros y actas de conferencias. Estas fuentes fueron de gran ayuda debido a que tienen información valiosa sobre los resultados de los trabajos de investigación en el campo, de la inteligencia artificial aplicada a la producción agrícola. De esta manera, se pudo obtener una mejor comprensión de cómo son los datos para las personas y sus investigaciones en

este campo, que es amplio y reciente. Se empleó una ficha bibliográfica para resumir información de libros y artículos relacionados con el tema de estudio, tanto de fuentes primarias como secundarias significativas.

Se utilizó una entrevista semiestructurada para permitir que el responsable del riego de los cultivos de rosas se preparara y pensara sobre las preguntas, lo que facilitó respuestas adecuadas. Preguntas adicionales surgieron durante la entrevista para obtener más información.

Se implementaron metodologías ágiles de desarrollo de software para complementar la investigación. Se realizó un análisis para determinar el enfoque de trabajo más adecuado, y se utilizó la metodología SCRUM (Figura 1). Esta metodología combina buenas prácticas y trabajo en equipo colaborativo para lograr mejores resultados, aprovechando la colaboración de un equipo altamente competente. En SCRUM se realizan entregas parciales del proyecto que se priorizan según su contribución y son evaluadas por los usuarios finales. SCRUM se recomienda especialmente en proyectos con entornos complejos y requisitos cambiantes, donde es necesario obtener resultados rápidos. La innovación, flexibilidad y productividad son aspectos fundamentales en este tipo de proyectos. ⁽⁹⁾



Fuente: Metodología SCRUM y desarrollo de Repositorio Digital ⁽⁹⁾

Figura 1. SCRUM

Se llevó a cabo una investigación de campo para recopilar datos y comprender los procedimientos de riego utilizados en la producción de rosas en invernaderos. También se utilizó la técnica de observación directa, donde se utilizó la guía de observación de campo. También se empleó la técnica de investigación experimental porque se manipuló la variable independiente para observar los cambios que suscitó la variable dependiente en un aspecto de control, es decir, se manipuló las dos variables varias veces para establecer un grado de confianza y definir la relación entre causa y efecto, además de permitir la identificación y cuantificación del efecto de la causa. ⁽¹⁰⁾

Se empleó Android Studio como entorno de desarrollo integrado (IDE) completo para desarrollar aplicaciones móviles por medio de diferentes herramientas que son de forma práctica y funcional. Las aplicaciones se visualizan específicamente en el sistema operativo Android en dispositivos como Smartphone, Tablet, TV, Smartwatch y otros, las aplicaciones de Android son escritas en lenguaje Java y requieren ser compiladas para obtener un archivo con la extensión .apk. ⁽¹¹⁾

La aplicación de Android está constituida por distintos componentes (Tabla 1), los cuales son necesarios para la construcción de la misma, estos componentes interactúan entre sí y se deben declarar en el fichero AndroidManifest.xml, en el cual se define todos los componentes, librerías y permisos que la aplicación necesitará.

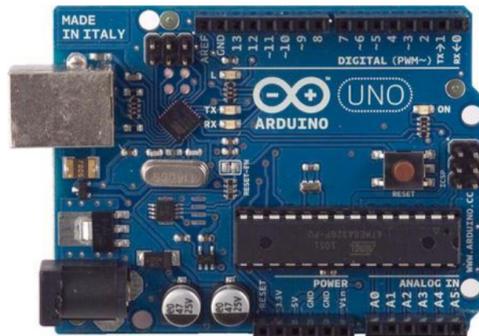
Tabla 1. Componentes de Android	
Componente	Descripción
<i>Activity</i>	Es el componente visual de la aplicación, principalmente forma la interfaz que el usuario observa.
<i>Service</i>	Son componentes que no tienen interfaz gráfica y se ejecutan en segundo plano, además realizan múltiples procesos.
<i>Content provider</i>	Este componente permite a la aplicación compartir datos entre otras aplicaciones, sin la necesidad de mostrar detalles sobre su almacenamiento.

El principal elemento del hardware que se usó para los prototipos fue la Placa Arduino que es una tarjeta electrónica digital para crear prototipos en base a software y hardware, utiliza un lenguaje de programación

parecido a C, basado en el lenguaje Wiring y posee un entorno de desarrollo integrado (IDE) basado en Processing. ⁽¹²⁾

Al utilizar datos recopilados por sensores y dispositivos conectados, el Arduino puede generar mapas de variabilidad espacial en el campo, lo que permite ajustar la siembra, el riego y la aplicación de insumos de acuerdo con las necesidades específicas de cada zona.

La interfaz para la gestión de código fue el IDE como un software libre que tiene como función editar, compilar y enviar el programa a la placa Arduino el cual se esté utilizando. Posee una comunicación vía serie, permitiendo visualizar los datos en la ventana terminal. El programa es almacenado en el microcontrolador programable de la placa Arduino, en el cual se encuentran una serie de pines que permiten conectar de forma sencilla y cómoda diferentes componentes electrónicos, tales como: sensores, actuadores y otros elementos, como se puede observar en la figura 2.



Fuente: Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación⁽¹²⁾

Figura 2. Tarjeta de desarrollo Arduino Uno.

Para la administración y almacenamiento de los datos se utilizó un sistema de gestión de base de datos relacional (RDBMS) que se caracteriza por tener una solución embebida. Además, SQLite (Figura 3) es una librería que está incrustada dentro de las aplicaciones, por ende, las operaciones de base de datos se utilizan dentro de la misma aplicación a través de funciones y llamadas incluidas en la librería, de tal forma que permite manejar de manera fácil grandes bases de datos a diferencia de base de datos convencionales. ⁽¹²⁾ Además, también se usó MySQL.

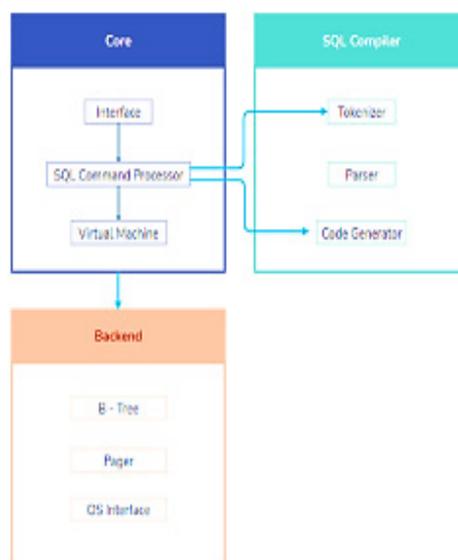


Figura 3. Estructura interna de SQLite

Se planteó la hipótesis y se pudo explicar el tema que se investigó mediante deducciones que nos ayudaron a determinar la veracidad o la falsedad del problema a solucionar. ⁽⁵⁾

El método Mobile-D se utilizó para crear una aplicación móvil. Esta técnica se basa en pruebas exhaustivas y mejora continua de los procesos de software. Su estrategia interactiva e incremental mejora la gestión de

riesgos y el tiempo de entrega del software.

Mobile-D está compuesto por cinco fases.

- Exploración: En esta etapa el equipo de trabajo establece un plan y a su vez las características del proyecto.
- Iniciación: En esta etapa se identifican los recursos necesarios para las siguientes etapas.
- Producción: En esta etapa se implementan todas las funcionalidades del producto usando el desarrollo dirigido por pruebas.
- Estabilización: En esta etapa se asegura la calidad del software es decir se comprueba que el sistema esté funcionando correctamente.
- Pruebas: En esta se preparan pruebas hasta que el sistema esté estable y plenamente funcional. ⁽¹³⁾

Se realizó un prototipo de riego (nombrado RAPRUL-D), al cual se le incorporó la técnica de lógica difusa, la cual permitió establecer conjuntos difusos para las variables de entrada como: humedad relativa y humedad de suelo. Posterior a ello se subdividen en subconjuntos con cierto grado de pertenencia. Se establecen reglas de la forma IF-THEN y dependiendo de estas reglas se realiza la apertura o cierre de la electroválvula por un determinado tiempo. ⁽⁹⁾

RESULTADOS

Caracterización del análisis técnico

De acuerdo a los datos obtenidos y su análisis con la técnica de redes neuronales, se observó que los suelos resultan ser óptimos para la producción de rosas ya que la técnica aplicada resultó ser muy eficiente, por cuanto coincide con el rango de medidas que maneja el sector agrícola. En cuanto a las mediciones realizadas, se observó que los pH en cada una de los datos tomados van de acuerdo al rango de un suelo óptimo, con los cuales los productores de rosas pudieron utilizar para realizar las diferentes tomas de decisiones para el cuidado y prevención de daños que puedan tener el suelo, del mismo modo los resultados de la temperatura fueron de 25 °C a 27 °C (Tabla 2), se consideraron como los más aceptables para el crecimiento de las rosas. ⁽¹⁴⁾

Tabla 2. Rangos de humedad, temperatura y pH de los diferentes sectores

Sector	Rango de Humedad	Rango de Temperatura (° C)	Rango de pH
Sector A	60 % - 70 %	20 ° C - 25 ° C	5,5 - 6,5
Sector B	70 % - 80 %	22 ° C - 28 ° C	6,0 - 7,0
Sector C	75 % - 85 %	18 ° C - 24 ° C	5,8 - 6,8

Como resultado, se ha logrado aplicar con éxito la inteligencia artificial en la producción de rosas, utilizando esta plataforma para el control y monitoreo completo de diversas etapas del cultivo. Se ha utilizado especialmente durante la fase de siembra de rosas para facilitar la identificación precisa de los suelos adecuados para la siembra. Como resultado, se ha integrado la tecnología Arduino, que ofrece una amplia gama de componentes y recursos adaptables que permiten una adaptación efectiva del sistema a las necesidades específicas del proceso.

La aplicación de la inteligencia artificial en la producción agrícola ha demostrado ser muy prometedora. Al combinar algoritmos complejos con una recopilación exhaustiva de datos, se pueden obtener análisis y pronósticos precisos que apoyan la toma de decisiones informadas en el campo agrícola. Puede ayudar a los agricultores en diversas áreas. Por ejemplo, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, se pueden analizar grandes cantidades de datos, como datos climáticos, datos de suelo y datos de cultivos anteriores. Esto permite a los agricultores predecir las condiciones óptimas de crecimiento de los cultivos, identificar patrones y tendencias, y tomar decisiones informadas sobre la siembra, el riego, la fertilización y la cosecha.

Además, la inteligencia artificial también se utiliza en el monitoreo y control de plagas y enfermedades. Mediante el análisis de imágenes y el reconocimiento de patrones, se pueden identificar de manera rápida y precisa las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos. Esto permite una respuesta temprana y precisa, minimizando los daños y reduciendo la necesidad de utilizar pesticidas de manera indiscriminada.

Rangos de temperatura, humedad y pH

De acuerdo con el uso de este tipo de plataformas, los estudios de los suelos fueron los más eficientes y ofrecieron mayor calidad del producto, brindando al agricultor un mejor uso de los tiempos de empleo, minimizando los riesgos y las pérdidas. En tal sentido, los rangos requeridos para el manejo de la temperatura, el pH y la humedad. ⁽¹⁵⁾

En el ámbito de la agricultura, se aplicó Inteligencia Artificial utilizando sensores y la plataforma Arduino.

Los sensores recopilaron datos agrícolas, que luego fueron procesados mediante algoritmos de inteligencia artificial para obtener análisis valiosos. Esta metodología permitió mejorar la toma de decisiones y la gestión en la producción agrícola.

Aplicación en producción

Se creó una interfaz de usuario que se destacó por su amigabilidad mientras se desarrollaban el módulo y la aplicación móvil. Esta interfaz permitió realizar cálculos precisos sobre la cantidad de surcos y plantas necesarias. Esta funcionalidad no solo mejoró la optimización de recursos, sino que también proporcionó a la comunidad agrícola información detallada y útil.

Además, se agregó una característica innovadora de cálculos replicados en círculo que permitió a los usuarios realizar múltiples cálculos simultáneamente. La aplicación móvil proporcionó información detallada y precisa con el objetivo de facilitar la adquisición de los recursos necesarios para el proceso de siembra. La aplicación móvil otorgó toda la información completa para la compra de recursos exactos para la siembra. ⁽¹⁴⁾

Prototipo RAPRUL-D.

Se realizó una comparación exhaustiva entre el riego manual y el riego automático una vez que se determinaron los tiempos necesarios. El objetivo principal fue identificar las diferencias en los intervalos de tiempo que estaban relacionadas con niveles más altos de humedad, así como evaluar la manera en que se podría maximizar el uso de agua en el cultivo de rosas. Los resultados de los tres escenarios de prueba, que se presentan de manera detallada en la Tabla 3.

Es importante destacar que el proceso de comparación se concentró en los tiempos de riego manual y automático, porque estos dos parámetros son inherentemente diferentes y no deben compararse directamente debido a sus diferencias.

N° escenario	Tiempo de riego manual (minutos)	Tiempo de riego automático (minutos)
1	3	2
2	2	1
3	1	0,41
Total	6	3,41

A diferencia de los riegos manuales, el sistema para regar agua automatizada usando lógica difusa, obtuvo un valor total del tiempo de la cantidad de agua menor, puesto que el prototipo cierra la electroválvula inmediatamente siempre y cuando la humedad del suelo haya alcanzado su porcentaje óptimo. La ventaja de utilizar el prototipo RAPRUL-D con su aplicación móvil permitirá a la persona que está encargada del proceso aportar agua y optimizar su tiempo para invertir en otras actividades, puesto que el cultivo de rosas será regado en un menor tiempo además de optimizar el consumo de agua en un 33.33%, como se observa en la figura 4. ⁽⁵⁾



Figura 4. Porcentaje del tiempo de consumo de agua

La inteligencia artificial tiene el potencial de favorecer a múltiples actores en el sector agrícola, incluyendo a los agricultores, consumidores, medio ambiente e industrias alimentarias. Al mejorar la eficiencia y productividad, la inteligencia artificial puede generar beneficios económicos para los agricultores y reducir los costos para los consumidores.

Además, al optimizar los procesos agrícolas, la inteligencia artificial puede contribuir a la reducción de la contaminación y al cuidado del medio ambiente. Por ejemplo, al permitir cálculos precisos de información, los agricultores pueden ajustar las dosis de fertilizantes y pesticidas de manera más precisa, evitando la sobreutilización y minimizando así la contaminación del suelo y el agua.

Sin embargo, es importante mencionar que, a pesar de los avances en la implementación de la inteligencia artificial en la agricultura, aún existen oportunidades para aprovechar al máximo su potencial. La integración de actividades basadas en la inteligencia artificial en la agricultura enfrenta limitaciones, como la accesibilidad tecnológica y la conectividad en áreas rurales.

No obstante, se vislumbran posibilidades significativas para superar estas limitaciones y promover una producción agrícola efectiva. Por ejemplo, el desarrollo de tecnologías agrícolas más accesibles y asequibles puede permitir que los agricultores de diferentes regiones puedan beneficiarse de las ventajas de la inteligencia artificial.

Escenario sobre la prueba del prototipo

La aplicación de los prototipos es esencial para mejorar la calidad del suelo. La producción de hortalizas y otros cultivos comestibles suelen ser significativamente afectados por varios patógenos del terreno que requieren control la cual se expresa que, el manejo de la fertilidad del terreno es el análisis de suelos ya que un análisis de la superficie de la tierra le provee una información muy importante sobre los niveles de los nutrientes del suelo, incluyendo el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio como también el pH o la acidez del mismo.

La posibilidad de analizar la materia orgánica también está disponible. En la mayoría de los estudios de suelos, no se contempla la medición del nitrógeno, a pesar de su relevancia como nutriente crucial que con frecuencia presenta deficiencias en el suelo.

Para este proceso, se explican tres escenarios de prueba, para verificar el funcionamiento de los prototipos para proporcionar agua y mostrar la posibilidad de la lógica difusa, el uso del agua se puede optimizar en la producción de rosas bajo el invernadero. Además, se determina que el mecanismo más apropiado para distinguir las operaciones se realiza a través del análisis comparativo con otras modalidades de drenar líquido, en ambos se utiliza la modalidad de la técnica de riego.

Muchos agricultores, especialmente en países en desarrollo, tienen acceso limitado a la tecnología y la infraestructura necesarias para implementar soluciones de IA. En el caso de estudio se propone realizar acciones de capacitación tanto para los propietarios de los invernaderos, especializados en el cultivo de rosas, como para los trabajadores que los atienden en vías de aumentar la productividad en los cultivos.

El objetivo general que persiguen las acciones es capacitar a propietarios y trabajadores de invernaderos de cultivos de rosas en la provincia de Cotopaxi en el uso y mantenimiento del sistema de riego automatizado, con el fin de optimizar la producción y colaborar con grupos de investigación para mejorar la comunidad educativa.

Los objetivos específicos son:

1. Familiarizar a los participantes con el funcionamiento del sistema de riego automatizado y sus beneficios para la producción de rosas.
2. Capacitar a los participantes en el manejo adecuado del sistema de riego automatizado, incluyendo la programación, ajustes y mantenimiento.
3. Promover la colaboración entre los propietarios y trabajadores de invernaderos para compartir experiencias y buenas prácticas en el uso del sistema de riego automatizado.
4. Facilitar la comunicación y coordinación entre los participantes y grupos de investigación interesados en estudiar el impacto del riego automatizado en la producción de rosas.
5. Fomentar la participación activa de los propietarios y trabajadores en iniciativas educativas que beneficien a la comunidad local, como programas escolares o proyectos medioambientales.

Estas acciones podrán realizarse a partir de las siguientes tareas:

- Sesiones teóricas: Se impartirán charlas informativas sobre el funcionamiento del sistema de riego automatizado, sus ventajas y su impacto en la producción de rosas.
- Sesiones prácticas: Se realizarán demostraciones prácticas sobre el manejo del sistema de riego automatizado, incluyendo ejercicios prácticos para que los participantes puedan familiarizarse con su uso.
- Visitas a invernaderos: Se organizarán visitas a invernaderos que ya cuenten con sistemas de riego automatizado para que los participantes puedan observar su funcionamiento en tiempo real.
- Mesas redondas: Se llevarán a cabo mesas redondas donde los propietarios y trabajadores podrán compartir sus experiencias y buenas prácticas en el uso del sistema de riego automatizado.

Las acciones de capacitación se llevarán a cabo durante un periodo aproximado de 3 meses, con sesiones

semanales que combinen teoría, práctica, visitas a invernaderos y mesas redondas. Sin embargo, debe existir un equipo especializados que vea estas acciones de manera sistemática a lo largo del año.

Entre los beneficios esperados se encuentran:

- Mejora en la eficiencia y productividad de los cultivos de rosas gracias al uso del sistema de riego automatizado.
- Colaboración activa entre propietarios, trabajadores e investigadores para mejorar las prácticas agrícolas y contribuir al desarrollo sostenible.
- Fortalecimiento del vínculo entre los invernaderos y la comunidad educativa local, fomentando iniciativas educativas que beneficien a todos los involucrados.

Al finalizar las acciones, se espera que los propietarios y trabajadores estén mejor preparados para aprovechar al máximo las ventajas del sistema de riego automatizado, contribuyendo así al crecimiento sostenible tanto económico como social en la provincia de Cotopaxi.

Además, es importante destacar para esta investigación, el uso de la tecnología para el desarrollo de la misma. Hechos tan comunes como la agricultura, puede beneficiarse de la tecnología para alcanzar mayor eficiencia en su rendimiento. Se evidencia la importancia de la inteligencia artificial para el logro de estos objetivos.

Tabla 4. Uso de la tecnología para el desarrollo

Temas	Aspectos más importantes	Observaciones
Metodología SCRUM	La metodología SCRUM posee flexibilidad y adaptación para la investigación a realizar, además de su enfoque colaborativo, iterativo e incremental.	Control sobre el proceso empírico. Autoorganización Colaboración Priorización basada en valores. Duración limitada (timeboxing). Desarrollo iterativo
Inteligencia Artificial	La inteligencia artificial en la agricultura son todas las capacidades que pueden realizar máquinas, sensores, monitores y ordenadores, recopilando un conjunto de datos.	La inteligencia artificial es probabilística, compleja y dinámica. Los algoritmos de aprendizaje automático son increíblemente complejos, aprenden miles de millones de reglas de conjuntos de datos y aplican estas reglas para llegar a una recomendación de salida.
Lenguajes de Programación	En la investigación realizada se utilizó Android Studio para el desarrollo.	Simplicidad Capacidad Abstracción Eficiencia Estructuración Compacidad Principio de localidad
Aplicaciones en Producción	Placas Arduino para medir la temperatura, humedad y pH del suelo.	Temperatura Tiempo de riego pH o acidez del suelo
Prototipo	Los prototipos son herramientas poderosas para explorar, probar y mejorar ideas de forma iterativa. Proporcionan expresiones concretas que facilitan la comunicación, la validación y la toma de decisiones informadas en el desarrollo de proyectos.	Debe ser un prototipo específico y mejorado Mejorar el funcionamiento básico y optimizarlo Alcanzar beneficios adicionales Creación de prototipos en el menor tiempo posible Menor costo en la elaboración / fabricación de prototipos Materiales reducidos para la fabricación de prototipos Recolección de datos y retroalimentación

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial tiene un gran potencial para revolucionar la industria agrícola, mejorando la eficiencia, productividad y sostenibilidad del sector. La industria de las flores genera miles de empleos directos e indirectos en el país, beneficiando a comunidades rurales y contribuyendo al desarrollo económico y social. Además, promueve prácticas sostenibles y responsables con el medio ambiente, como el uso eficiente del agua y la energía, así como la protección de la biodiversidad.

El desarrollo de la investigación ha culminado en la concepción de un prototipo de riego automatizado que aprovecha la lógica difusa como estrategia de inteligencia artificial. Este sistema interactúa de manera eficaz con una aplicación móvil, proporcionando a los cultivadores de rosas la capacidad de supervisar de cerca la humedad relativa y la humedad del suelo en sus cultivos, junto con la activación automatizada del riego basada en lógica predefinida.

Las redes neuronales creadas con sistemas inteligentes se enfocan en buscar filtros que se definen en diferentes capas, a través de entrenamiento y la extracción de gran cantidad de datos de una red con sistema inteligente, pues estos coeficientes se van ajustando a cada iteración a ese proceso de entrenamiento y van aprendiendo progresivamente, para detectar diferentes características de la imagen de entrada.

Un elemento que ayudaría al sector agrícola es el fomento de asociaciones entre investigadores, empresas de tecnología y agricultores para desarrollar y probar soluciones de IA adaptadas a las necesidades específicas de la agricultura. Con las acciones de capacitación se espera que los propietarios y trabajadores estén mejor preparados para aprovechar al máximo las ventajas del sistema de riego automatizado, contribuyendo así al crecimiento sostenible tanto económico como social en la provincia de Cotopaxi.

Los productores de rosas en Ecuador pueden reducir significativamente el impacto de las plagas y enfermedades, mejorando el rendimiento y la calidad de sus cultivos. La inteligencia artificial, es el camino para la optimización de tiempo y recursos, en la búsqueda de un desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vaca SA. Automated greenhouse, instrumentation and fuzzy logic. *Visión Electrónica*. 2020; 14(1):119-127. https://www.researchgate.net/publication/354425885_Automated_greenhouse_instrumentation_and_fuzzy_logic
2. Cadena HD. 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 tesis]. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de comunicación, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte. 2020. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10296>
3. Aguilar JV, Capoverde MA. Clasificación de frutas basadas en redes neuronales convolucionales. *Polo del Conocimiento*. 2019; 5(1):3-22. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1210>
4. Zhang Q, Pierce FJ, editores. *Agricultural Automation: Fundamentals and Practices*. CRC Press, Taylor Francis Group; 2013. <https://www.semanticscholar.org/paper/Agricultural-Automation-%3A-Fundamentals-and-Zhang-Pierce/935d95a15e008f46ebe204684cd96ac184ecdb7e>
5. Pérez Gamboa AJ, Díaz-Guerra DD. Artificial Intelligence for the development of qualitative studies. *LatIA*. 2023;1:4.
6. Hidalgo BG, Tumbaco CV. Prototipo de riego automatizado para la producción de rosas usando la lógica difusa tesis]. Carrera de Ingeniería Informática y Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga: 2021. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8779>
7. Murrieta KE. Inteligencia artificial en el agro para mejorar la productividad sustentable agropecuaria del Ecuador [Tesis]. Carrera de Agropecuaria, Escuela de Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos: 2023. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13865/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Escobar RD, Maliza DS, Cadena JA. Análisis de suelos utilizando redes neuronales en las florícolas de Rosas del Sector Norte de la Provincia de Cotopaxi. *Recimundo*. 2021;5(2): 316-330. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/1072>
9. Contreras D. Evaluación de la producción y calidad de rosas variedad Freedom con aplicación de bioestimulantes a base de agua de coco [Tesis]. Colegio de Ciencias en Ingeniería,
1. Universidad San Francisco de Quito USFQ: 2017. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6947/1/134097.pdf>
10. Ramírez M, Salgado MC, Ramírez HB, Manrique E, Osuna N, Rosales RF. Metodología SCRUM y desarrollo de Repositorio Digital. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. 2019; E17: 1062-1072. <https://>

www.proquest.com/docview/2195127128?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals

11. Gómez Cano CA, Colala Troya AL. Artificial Intelligence applied to teaching and learning processes. LatIA. 2023;1:2.

12. Castellanos L. Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. 3C Tecnología. 2019; 8(1): 30-41. https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TECNO-Ed.-29_Vol.-8_n%C2%BA-1.html

13. Delgado EA, López B, Roldan JA, Saldaña A, Valdez JS, Villanueva J. Sistema automático de riego basado en sistemas embebidos de bajo costo. En Escuela de Inteligencia Computacional y Robótica 2020:55-60. Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos de Morelos A.C, Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos. https://www.researchgate.net/publication/349146170_Sistema_automatizado_de_riego_basado_en_sistemas_embebidos_de_bajo_costo

14. Vargas M, Castillo G, Sandoval J, Brambila A. Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación. Revista de Tecnología e Innovación.2015; 2(4): 810 - 815. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num4/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion--Volumen-4-164-169.pdf

15. Abrahamsson P, Hanhineva A, Hulkko H, Ihme T, Jääliñoja J, Korkala M, et al. Mobile-D: An Agile Approach for Mobile Application Development. Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications. Vancouver, octubre 2004. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 174-175. <https://doi.org/10.1145/1028664.1028736>

16. Sánchez Castillo V. Analysis of the scientific production on the implementation of artificial intelligence in precision agriculture. LatIA. 2023;1:1.

17. Bonilla JS, Dávila FA, Villa MW. Estudio del uso de técnicas de inteligencia artificial aplicadas para análisis de suelos para el sector agrícola. Recimundo. 2021;5(1):141-152. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/993#:~:text=En%20el%20presente%20documento%20se%20explica%20acerca%20del,necesidades%20que%20tienen%20los%20agricultores%20de%20la%20comunidad.>

18. Muradas Y. SQLite para Android: La herramienta definitiva. [Citado 2023 Feb 15] 2018. En: OpenWebinars, Tecnología, Desarrollo Móvil. <https://openwebinars.net/blog/sqlite-para-android-la-herramienta-definitiva/>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Curación de datos: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Análisis formal: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Adquisición de fondos: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Investigación: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Metodología: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Administración del proyecto: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Recursos: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Software: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Visualización: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.

Redacción - borrador original: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos

Chancusig Chisag.

Redacción - revisión y edición: Manuel William Villa Quisphe, José Augusto Cadena Moreano, Juan Carlos Chancusig Chisag.