



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
ANÁLISIS DOCUMENTAL DE SISTEMAS DE RIEGO
AUTOMATIZADO ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR:
PERSPECTIVAS, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN
GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERA HIDRÁULICA**

**AUTORA
MARÍA LOURDES VERA RODRÍGUEZ**

**TUTOR
ING. JESÚS CHAVARRÍA PÁRRAGA PhD.**

PORTOVIEJO, ABRIL 2025

Certificación de tutor de Trabajo de Integración Curricular

Ing. Jesús Chavarría Párraga, PhD.

Tutor del plan de investigación curricular

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Jesús Chavarría Párraga, PhD.

C.I. 1308272192

Aprobación del tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)

Ing. Jesús Chavarría Párraga, PhD.

Presidente del tribunal

(F)

Ing. Fabián Espinales Cedeño, Mg.

Primer Lector

(F)

Ing. Tatiana Ordóñez Zambrano, Mg.

Segundo Lector

Declaración de Original

El presente trabajo de titulación no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citado en esta investigación. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, por lo que declaro bajo juramento que ninguna sección de esta investigación infringe los derechos de autor de nadie.

Autor:

(F)

Vera Rodríguez María Lourdes
Dirección: Calle Jipijapa Ciudadela comercio
E-mail: Isabelv715@gmail.com
Celular: 0991087425

Declaración de Derecho de Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autor:

(F)

Vera Rodríguez María Lourdes
C.I.: 1313446542

Dedicatoria

Dedico este trabajo:

A mis padres, por darme la fortaleza y sabiduría para superar cada reto.

A mi familia, en especial a mis abuelos, Leonor, Olimpia y Francisco, quienes me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi hermana Isabel, por poner su apoyo y confianza en mí.

A mis amigos, cuya amistad y motivación me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más complicados de este proceso.

María Lourdes Vera Rodríguez

Agradecimiento

Agradezco profundamente a mi tutor, Jesús Chavarría Párraga, por su guía, consejos y paciencia a lo largo de este proceso. Sus valiosas sugerencias y orientación que me permitieron alcanzar un mejor nivel de comprensión en mi investigación.

A mis amigos y compañeros, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome apoyo incondicional y compartiendo los momentos de alegría y también de frustración.

Finalmente, a mi familia, especialmente a mis padres, Gina y Klever, por su amor, apoyo incondicional y por ser mi fuente de inspiración constante. Este logro también es suyo.

María Lourdes Vera Rodríguez

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el impacto que trae consigo la implementación de sistema de riego automatizado alimentados por energía solar en eficiencia y productividad de los cultivos agrícolas, mediante una revisión documental. Para ello, se aplicó un diseño documental de carácter exploratorio-descriptivo enfocado en la búsqueda, recuperación, análisis e interpretación de datos primarios y secundarios. Asimismo, para validar el proceso, se aplicaron entrevistas estructuradas a tres expertos en la materia. Como resultado, se encontró que los sistemas de riego automatizado con energía solar traen consigo una serie de oportunidades y beneficios entre los que destaca la óptima administración del recurso hídrico, la reducción de costos operativos y la independencia a los combustibles fósiles. Aunque, trae a su vez desafíos que los convierten menos atractivos en comparación con los métodos de riego tradicional como la inversión inicial que se necesita para su adaptación y técnicos especializados. También se destaca su importancia ya que son eficientes y rentables a largo plazo, por ende, las entrevistas realizadas han sido fundamentales para corroborar los hallazgos de la investigación y tener una mejor percepción de estos sistemas de riego automatizado por energía solar para así poder aportar información valiosa que contribuirá al desarrollo del sector agrícola y contribuir al proceso de adaptación de los productores. Ante ello, se recalca la necesidad de que el Estado genere políticas públicas y subsidios para la aplicación de estas tecnologías, ya que podrían a futuro convertir a la agricultura en un sector sostenible.

Palabras clave: productividad agrícola, desafíos tecnológicos, rentabilidad, agricultura.

Abstract

The objective of this research was to determine the impact of the implementation of an automated irrigation system powered by solar energy on the efficiency and productivity of agricultural crops, through a documentary review. To this end, an exploratory-descriptive documentary design was applied focused on the search, recovery, analysis and interpretation of primary and secondary data. Likewise, to validate the process, structured interviews will be applied to experts in the field. As a result, it was found that automated irrigation systems with solar energy bring with them a series of opportunities and benefits among which the optimal management of water resources, the reduction of operating costs and the independence of fossil fuels stand out. However, it also brings challenges that make them less attractive compared to traditional irrigation methods such as the initial investment needed for their adaptation and specialized technicians. Its importance is also highlighted since they are efficient and profitable in the long term, therefore, the interviews carried out have been fundamental to corroborate the findings of the research and have a better perception of these irrigation systems automated by solar energy in order to provide valuable information that will contribute to the development of the agricultural sector and contribute to the process of adaptation of producers. Given this, the need for the State to generate public policies and subsidies for the application of these technologies is emphasized, since they could in the future turn agriculture into a sustainable sector.

Keywords: agricultural productivity, technological challenges, profit-earning capacity, agriculture.

Índice de contenidos

Certificación de tutor de Trabajo de Integración Curricular	II
Aprobación del tribunal.....	III
Declaración de Original.....	IV
Declaración de Derecho de Autor.....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento.....	VII
Resumen	VIII
Abstract	IX
Índice de contenidos.....	X
Índice de tablas	XII
Introducción.....	13
Objetivos.....	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
Materiales y Métodos.....	17
Enfoque de la investigación y procedimiento metodológico	17
Revisión bibliográfica	18
Bases teóricas.....	18
Riego automatizado	18

Sistemas de riego automatizado	19
Tipos de riego automatizado	20
Antecedentes de la investigación	23
Análisis y discusión	30
Conclusiones.....	49
Referencias Bibliográficas.....	51
Anexos.....	57

Índice de tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas del riego por goteo	31
Tabla 2. Ventajas y desventajas del riego por aspersión	32
Tabla 3. Ventajas y desventajas del riego por micro aspersión	32
Tabla 4. Ventajas y desventajas que la aplicación de sistemas fotovoltaicos autónomos	Error! Bookmark not defined.
Tabla 5. impacto de los sistemas de riego automatizado con energía solar en la producción agrícola	37
Tabla 6. Desafíos en la adopción y operación de sistemas de riego automatizado con energía solar según investigación y autores.....	40
Tabla 7. Oportunidades y beneficios de los sistemas de riego automatizado con energía solar	43
Tabla 8. Matriz de comparación de efectividad y viabilidad económica de los sistemas de riego automatizado con energía solar vs métodos tradicionales.....	46

Introducción

Yara y Rengifo (2021) y Álvarez (2017) consideran que la agricultura es la encargada de desempeñar un papel crucial no solo en la economía, sino que también en el bienestar de las comunidades, debido a ello constantemente se encuentran enfrentando nuevos desafíos que requieren de adaptación y soluciones innovadoras. Por ende, destacan que el progreso en la agricultura se ha visto influenciado por la creciente demanda de alimentos, así como por los problemas ambientales asociados a la escasez de agua. Aunque las actividades agrícolas se basan principalmente en el suministro de agua y electricidad, que son componentes importantes para el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, es imprescindible señalar que, debido al aumento en la demanda de alimentos, se considera vital aumentar la producción en poco tiempo (García y López, 2013).

De acuerdo con la FAO (2023), el agua es un recurso muy importante para la producción agrícola; el desarrollo adecuado de diversos cultivos depende de diferentes necesidades hídricas. La agricultura tiene un papel crucial en el consumo de agua, ya que representa aproximadamente el 70% de la captación de agua dulce. La falta de agua significa que hay menos agua disponible para la producción de alimentos, lo que a su vez reduce la oferta de alimentos y amenaza la seguridad alimentaria y la nutrición.

Naula y Robles (2021), mencionan que la escasez de agua a nivel mundial representa un desafío significativo ya que, debido al mal uso y gestión de este recurso, además de los efectos del cambio climático que amenazan su disponibilidad para temas de riego. Situación que es sumamente preocupante, ya que la agricultura es un sector que depende completamente de la disponibilidad de agua.

Ante ello, García y López (2013) y Naula y Robles (2021) enfatizan en la importancia de los sistemas de riego automatizado. Ya que estos facilitan el monitoreo y control remoto del agua y proceso de riego. Si bien, los sistemas de los sistemas de riego automatizados alimentados por energía solar surgen como una oportunidad que promete mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducción de costos y aumento en la producción de cultivos. Sin embargo, la falta de acceso y conocimiento sobre estas tecnologías en áreas rurales y urbanas subraya la necesidad urgente de investigar y abordar este tema de manera integral. Es por ello, que en respuesta a dicha demanda se han desarrollado los sistemas de riego automatizados mismos que trabajan en base a energía solar y de tal manera mejorar el consumo de agua siendo efectivo el uso de estos sistemas para aumentar el crecimiento y producción de diversos cultivos. (Suárez, 2023; Bello et al., 2021; Pedraza, 2020).

Aunque, Solano *et al.* (s.f) y Castellón (2021) consideran que es imprescindible mencionar que la implementación de sistemas de riego automatizado por medio de energía solar trae consigo oportunidades como desafíos. Una de las grandes oportunidades que brindan estos sistemas es la posibilidad de mejorar la producción por medio de un adecuado suministro de agua lo que genera menor desperdicio y uso de energía eléctrica lo que reduce de manera significativa los costos adicionales que genera el riego manual. No obstante, uno de los grandes desafíos es la inversión inicial que se requiere para su aplicación misma que no poseen los agricultores; a esto se suma el poco personal técnico especializado en el área lo que dificulta su aplicación, entre otros aspectos de carácter técnico, social y económico.

Para corroborar esta información, se han desarrollado una revisión documental en la que se recolectaron una serie de investigadores que abordan las aristas mencionadas para dar soporte teórico a lo expuesto, desde el contexto internacional, Melgarejo y Abdón (2023) desarrolló una investigación en Perú enfocada en el diseño de un sistema automatizado con energía solar para la mejora agrícola en el valle de Sayán. Misma cuyo objetivo fue determinar

la relación que existe entre este sistema y la mejora del riego en dicho valle. Para ello, la metodología empleada fue descriptiva y correlacional, aplicando una encuesta para la recolección de datos de 100 agricultores de la zona. Como parte de los resultados encontrados, mismos que se validaron por medio de la simulación del sistema automatizado con el software Proteus, los cuales mostraron una alta correlación del 0.886 entre las variables estudiadas. Para concluir, se estableció una relación significativa entre el sistema automatizado con energía solar y la mejora del riego agrícola en el vale de Sayán.

A nivel nacional se desarrolló una investigación en el Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, Ecuador por Lescano y Vásquez (2023) mismas que se basa en la implementación de un sistema de riego automatizado con energía solar en el Caserío Sigualo, cuyo objetivo fue optimizar la producción agrícola en un terreno con inclinaciones pronunciadas y escaso suministro de agua para cultivo como mandarinas y aguacates. El sistema aplicado estaba constituido por un controlador de riego automatizado con sensores de lluvia, luz y humedad, así como también de paneles solares fotovoltaicos. Los resultados de la investigación demostraron un progreso significativo en lo que respecta a la producción agrícola, reduciendo pérdidas y manejando de manera más eficiente el agua, lo cual garantiza el crecimiento óptimo de los cultivos. En esta investigación se resaltan los beneficios que brindan los sistemas de riego automatizado con energía solar en condiciones desafiantes.

En base a lo expuesto anteriormente, los antecedentes presentados destacan la relevancia y el impacto positivo de los sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar generando que se comprenda a profundidad la necesidad de introducir estos sistemas en la agricultura moderna.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el impacto que trae consigo la implementación de sistema de riego automatizado alimentados por energía solar en eficiencia y productividad de los cultivos agrícolas, mediante una revisión documental.

Objetivos específicos

Revisar la literatura existente para comprender el impacto de los sistemas de riego automatizado con energía solar en la producción agrícola.

Identificar los principales desafíos enfrentados por los agricultores en la adopción y operación de sistemas de riego automatizado con energía solar.

Analizar las oportunidades y beneficios potenciales de los sistemas de riego automatizado con energía solar para mejorar la eficiencia hídrica y la producción de los cultivos.

Sintetizar la evidencia disponible sobre la efectividad y viabilidad económica de los sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar en comparación con métodos tradicionales de riego.

Materiales y Métodos

Enfoque de la investigación y procedimiento metodológico

Para el desarrollo de la investigación, se aplicó el diseño documental, según Arias (2012), este método involucra la búsqueda, obtención, análisis, evaluación e interpretación de datos que ya han sido recopilados por otros investigadores en fuentes escritas. Así, el objetivo de este proceso es contribuir con información nueva. Por lo tanto, se clasifica como exploratorio-descriptivo, ya que se centra en caracterizar un hecho, fenómeno, persona o grupo para entender su comportamiento.

Para la recolección de información, se usaron tesis, artículos de revistas científicas de actualidad, relevancia e interés del campo disciplinar que están indexadas a bases de datos y buscadores de alto impacto como Scielo, Redalyc, Dialnet, Google Scholar, etc. En este sentido, la información que fundamenta y sustenta teóricamente la investigación es veraz y fidedigna.

Recopilación de información

La investigación se realizó mediante etapas con el propósito de realizar un proceso ordenado y sistemático. Primero se realizó una revisión a la literatura orientada a recopilar investigaciones o recursos bibliográficos como tesis, artículos científicos y libros; estos se evaluaron en base a unas ciertas temáticas clave orientadas al objetivo de la investigación eran seleccionados para dar soporte teórico al proceso de investigación.

Además, se emplearon entrevistas estructuradas a profesionales que han implementado sistemas de riego automatizado con energía solar en sus cultivos. Por lo que se utilizó un muestreo eligiendo a 3 profesionales agrícolas e hidráulicos con experiencia en el uso de este tipo de tecnología en Manabí, quienes en función de su disposición y conocimiento pudieron participar en el presente estudio, el cual nos brindó una información más detallada sobre las

perspectivas, desafíos y oportunidades del uso de sistemas de riego automatizado con energía solar en el sector agrícola ya que, según Folgueiras (2016) es una técnica de recopilación de información, es estructurada debido a que previamente se decide o define qué información se requiere para en base a ello establecer un guion de entrevista fijo y secuencial. En este sentido, las entrevistas fueron aplicadas a tres profesionales del área que han tenido contacto o han estado vinculados directamente a la agricultura o poseen un bagaje teórico sobre los sistemas de riego automatizados alimentados por energía solar, teniendo en cuenta que Manabí cuenta con aproximadamente más de 10 sistemas de riego con energía solar entre estos podemos destacar el sistema de bombeo con potencia fotovoltaica en la comuna Joa, Jipijapa que beneficia a los agricultores de la comunidad. El propósito de la aplicación de las mismas se centró en validar el soporte teórico con lo expuesto por los entrevistados (Guerrero et al., 2024).

Revisión bibliográfica

Bases teóricas

Riego automatizado

Para Cortes y Vargas (2020), el riego automatizado es un sistema diseñado para distribuir agua a las plantas de una manera controlada, basándose en ciertos parámetros establecidos previamente. Esto se logra a través de métodos como aspersión, microaspersión o goteo. Este sistema facilita la entrega de agua en el lugar, la cantidad, la frecuencia y el horario que se definan según lo que las plantas requieran. Un sistema de riego automático y controlado es una de las opciones más convenientes y eficaces para regar cultivos o plantas, ya que ayuda a ahorrar tiempo y agua, además de asegurar condiciones ideales para el crecimiento de las plantas.

El riego automatizado representa un avance significativo en la gestión agrícola ya que ofrece un control preciso sobre el suministro de agua, lo cual es esencial en un contexto donde

los recursos hídricos son ilimitados. Sin embargo, la implementación de estos sistemas no está exenta de desafíos. La inversión inicial en infraestructura y tecnología puede ser elevada, lo que podría ser una barrera para pequeños agricultores. Además, la dependencia de la tecnología implica que cualquier fallo en el sistema puede tener consecuencias graves para las plantas o cultivos si no se detecta y corrige a tiempo (Morales et al., 2020).

En este sentido, el riego automatizado no solo optimiza el uso del agua, sino que también libera a los agricultores de tareas repetitivas, permitiéndoles dedicar más tiempo a otras actividades esenciales. No obstante, es crucial desarrollar sistemas de respaldo y planes de contingencia para minimizar el riesgo de fallos. Además, la educación y formación de los usuarios en el uso y cuidado de estos sistemas son fundamentales para asegurar su eficacia a largo plazo (Gutiérrez et al., 2012).

Sistemas de riego automatizado

Un sistema de riego automatizado está compuesto por sensores y equipos que son programados para ayudar a la irrigación de las plantas ornamentales o de cualquier otro tipo de cultivo, a través de órdenes que son designadas por el sistema del computador, tanto como la hora o tiempo en el que se debe realizar el riego o la cantidad necesario de agua para el cultivo (Laverde, 2016). Es un sistema diseñado para suministrar agua a las plantas de manera controlada según algunos parámetros previamente establecidos, utilizando métodos como aspersión, microaspersión o goteo. Este sistema permite distribuir el agua en el lugar, la cantidad, la frecuencia y el horario que se programen de acuerdo a las necesidades. En otras palabras, un sistema de riego automatizado y controlado es una de las opciones más convenientes y efectivas para regar cultivos o plantas, ya que ayuda a economizar tiempo y agua, además de asegurar condiciones ideales para el crecimiento de las plantas (Melgarejo y Abdón, 2023).

Sobre lo expuesto, Este grupo de estructuras (mangueras, tubos, canaletas, y otros) y aparatos conectados (sensores, actuadores, pantallas, y similares) facilita el control de la cantidad de agua que se reparte. Su aplicación se ha vuelto cada vez más habitual, tanto en la vida diaria como en la industria, ya que ofrece ventajas como la reducción del tiempo de riego, eficacia y mejor uso del agua; además, pueden servir para añadir fertilizantes y otros elementos que favorezcan el desarrollo saludable de las plantas (Ventura y Lima, 2024).

Tipos de riego automatizado

Según Medina y Coral (2022), Hay muchos tipos de riego utilizados en el área que se debe abarcar y las diferentes plantas que deben irrigarse.

Riego por goteo: Los sistemas de riego por goteo facilitan el movimiento del agua a través de una red de tubos o mangueras, la cual se aplica a los cultivos mediante pequeños goteros que distribuyen el agua en pequeñas cantidades de manera regular. Las tuberías se colocan por toda el área de cultivo, asegurando que el agua alcance todas las partes que lo necesiten. El agua se libera en forma de gotas a través de goteros situados a distancias determinadas, que dependen del tipo de tubería o manguera utilizada. Este sistema necesita una presión adecuada para garantizar que el agua fluya a lo largo de toda la red de riego (Melis, 2022).

Riego por aspersión: El riego por aspersión proporciona agua en forma similar a la lluvia sobre las plantas. El agua viaja a través de la manguera a alta presión, abarcando todo el cultivo. Cuando el agua llega al aspersor, se divide en muchas gotas que caen al suelo. Este tipo de riego requiere una gran presión electromagnética para asegurar que el agua se distribuya con precisión y cubra toda el área (Cortes y Vargas, 2020).

Riego por microaspersión: El riego por microaspersión es similar a otros tipos de riego, ya que el agua es transportada mediante una tubería con micro aspersores ubicados a lo

largo de ella. Los micro aspersores suministran el riego mediante una lluvia muy fina. Poseen un deflector giratorio, denominado rotor, que permite una mayor cobertura, un mayor tamaño de las gotas, y una mejor distribución del agua, especialmente en términos de uniformidad (Cortes y Vargas, 2020).

Ejemplo de sensores para su uso en sistemas de riego

Los sensores para Melgarejo y Abdón (2023) son dispositivos electrónicos capaces de medir cantidades físicas como temperatura, luz, humedad, movimiento, presión y otros dispositivos; Y pueden convertir el valor de medición en señales eléctricas o analógicas para procesar más adelante.

Sensor de humedad: Estos son sensores que pueden detectar los niveles de líquido en el área de riego, para determinar cuándo se debe o no aplicar agua a las plantas (Melgarejo y Abdón, 2023).

Sensor de lluvia: Este tipo de sensor es responsable de detener el interruptor del sistema de riego para que se apague en caso de que esté funcionando (Melgarejo y Abdón, 2023).

Sensores de temperatura: Aunque estos sensores se utilizan principalmente para identificar incendios o para controlar sistemas de calefacción, también se aplican en el riego de cultivos al medir la temperatura del entorno. Según la temperatura y la configuración del sistema, se inicia el riego con agua. Estos tres tipos de sensores son los que proporcionan los datos iniciales al sistema, los cuales se procesan para tomar decisiones (Melgarejo y Abdón, 2023).

Temporizadores de riego: Un temporizador es un dispositivo electrónico que puede ser programado para que funcione en base al tiempo que está definido a realizar la actividad o proceso que se necesite controlar. Muy aparte de los sensores anteriormente mencionados,

también se puede usar un temporizador, el cual, dependiendo de la hora o lapsos de tiempo que estén programados para realizar el adecuado riego en los cultivos (Laverde, 2016).

Paneles solares:

Los paneles solares son dispositivos que convierten la energía solar en energía eléctrica mediante un semiconductor de dos capas. Este semiconductor, compuesto por capas tipo n y tipo p, crea una estructura cristalina que permiten la generación de una corriente eléctrica al recibir luz solar. La unión de estos semiconductores genera un campo eléctrico que libera pares de electrones y agujeros. Los electrones se dirigen hacia el lado p, mientras que los agujeros. Los electrones se dirigen hacia el lado p, mientras que los agujeros hacia el lado n, generando así una corriente eléctrica en el circuito (Ventura y Lima, 2024).

Los paneles solares representan una tecnología crucial en la generación de energía renovable. Su funcionamiento no emite gases de efecto invernadero, lo que ayuda a mitigar el cambio climático. Sin embargo, la eficacia de los paneles puede variar según factores como la calidad del semiconductor y las condiciones climáticas locales. Investigaciones continuas buscan mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción, promoviendo así una adopción más amplia de esta tecnología (Ventura y Lima, 2024).

Sistema fotovoltaico autónomo:

Los sistemas de riego alimentados por energía solar son sistemas que operan de manera independiente sin tener que estar alimentado por energía eléctrica. Transformar la energía solar en energía eléctrica y almacenarla para su posterior uso. Estos sistemas son ideales para áreas remotas que no tienen acceso a la red de distribución eléctrica, utilizándose comúnmente para electrificar viviendas o para aplicaciones como el bombeo de riego. Los SFA representan una solución clave para el desarrollo sostenible al proporcionar acceso a la energía limpia y renovable en lugares apartados. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos como la

gestión eficiente de la energía almacenada y la necesidad de mantenimiento regular para asegurar la durabilidad y eficiencia a largo plazo (García y López, 2013).

En base a lo presentado, los sistemas fotovoltaicos autónomos ofrecen una solución accesible y sostenible para áreas remotas, aprovechando la energía solar como fuente renovable. Sin embargo, enfrentan desafíos como la dependencia de las condiciones climáticas locales y costos iniciales elevados, destacando la necesidad de equilibrar beneficios ambientales con consideraciones prácticas y económicas en su implementación (Ventura y Lima, 2024).

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red:

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red consisten en una forma de integrar la energía solar en el suministro eléctrico convencional. Para ello se necesita de un generador fotovoltaico, un inversor y una conexión a la red eléctrica ya que el inversor es crucial en estos sistemas ya que está diseñado para maximizar la eficiencia y convertir la energía solar en electricidad y regular la conexión a la red (Ventura y Lima, 2024).

En base a ello, se destaca que estos sistemas facilitan la producción de energía descentralizada de modo que pueden contribuir a la estabilidad y la resiliencia de la red eléctrica. Sin embargo, su despliegue efectivo dependerá de una infraestructura adecuada y de regulaciones que garanticen una interconexión segura y eficiente. Si bien, la investigación continua tiene como objetivo mejorar la eficiencia y reducir los costes de estos sistemas, promoviendo así su adopción, aplicación y contribución a la transición hacia energías más limpias y sostenibles (Ventura y Lima, 2024).

Antecedentes de la investigación

Según Álvarez (2017), en su trabajo titulado “Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC” fue diseñado con el fin de

realizar un análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica mediante PLC ejecutando la simulación del sistema monitoreándola por el programa WinCC. La metodología se aplicó de manera experimental con un diseño de lazo cerrado para el sistema de riego. Para esta muestra se incluyó un área agrícola específica donde se instalaron paneles fotovoltaicos. Como parte de los métodos empleados incluyeron la programación de un PLC para controlar los niveles de agua, la utilización de sensores de nivel colocados en el tanque y la implementación de una electroválvula para de este modo gestionar la apertura del sistema de riego. Si bien, el programa WinCC fue utilizado para el monitoreo del sistema. Como resultado, este estudio demostró que el sistema de riego automatizado implementado funcionó de manera efectiva al captar la energía solar necesaria para el funcionamiento de la bomba mediante los paneles fotovoltaicos. Es imprescindible mencionar que la tecnología empleada permitió un control preciso del riego, optimizando de este modo el uso del agua y mejorando así las condiciones del cultivo.

La utilización de paneles fotovoltaicos en sistemas de riego automatizado es viable y beneficiosa para la agricultura, y que el sistema de lazo cerrado y el monitoreo a través de PLC y WinCC proporcionan una gestión eficiente y precisa del riego. La implementación de este sistema puede mejorar significativamente la calidad de vida de los agricultores y la productividad de los cultivos. Este antecedente es relevante para el presente estudio ya que proporciona una base teórica sobre la aplicación de la energía solar en la agricultura y confirman la viabilidad y los beneficios del uso de sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar (Álvarez, 2017).

En consecuencia, Avilez y Vega (2021) en el estudio “Diseño de sistema de riego automatizado mediante el uso de sistema solar fotovoltaico en la comunidad de San Pedro de Silimane, Intibucá” cuyo objetivo fue desarrollar una propuesta de proyecto para la implementación de un sistema de bombeo automatizado mediante el uso de un arreglo solar

fotovoltaico, mejorando los procesos de irrigación establecidos por AMIR en Intibucá. La metodología empleada fue de enfoque mixto, aplicando técnicas cualitativas y cuantitativas, como datos estadísticos, mediciones en campo y comunicación con la población de interés para de este modo comprender el entorno. La investigación tuvo un alcance descriptivo, especificando la estructura de la población meta, la tecnología empleada y las condiciones preexistentes en la comunidad. Si bien, el diseño fue no experimental y transversal, recopilando datos en un momento crucial. Se realizaron entrevistas a representantes de AMIR y se analizó la información obtenida. Se concluyó que el diseño de un sistema de riego automatizado mediante energía solar fotovoltaica es factible y puede aportar con mejoras significativas a la producción agrícola y por ende a la calidad de vida de la comunidad.

García y López (2013) en su artículo titulado “Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano,” cuyo objetivo fue comprobar el funcionamiento del sistema bajo las condiciones climáticas de Bogotá, utilizando la plataforma Arduino para medir, integrar y procesar señales analógicas que son parte del sistema automatizado. La metodología aplicada fue el diseño de un modelo a escala, su instalación se dio en la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la que se implementó un sistema de control basado en Arduino. Este estudio demostró que el sistema tiene la capacidad de suplir y regular las necesidades agronómicas, hidráulicas y fotovoltaicas de una finca agrícola en zonas donde el abastecimiento de energía eléctrica es realmente escaso, pero que igual dispone de suficientes recursos hídricos y solares. Este antecedente es relevante para el presente estudio, ya que proporciona una base teórica sobre la implementación de sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar fotovoltaica y el uso de plataformas de programación y automatización como Arduino.

Del mismo modo, para Vargas y Torres (2021) quienes desarrollaron una investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema de riego inteligente para incrementar el rendimiento en los cultivos basado en energía solar fotovoltaica” que tuvo como objetivo aumentar la rentabilidad de los diferentes cultivos debido a que el cambio climático ha llegado a afectar el rendimiento de los cultivos. El proyecto presentado documenta un modelo de riego eficiente que abastece de agua a los cultivos, evitando de este modo reiniciar constantemente las actividades de riego. Para la metodología se realizó un plan que consiste estudiar el suelo o el cultivo, la planificación tecnológica, la ejecución y, en última instancia, la supervisión y la evaluación de los resultados. Con base en el aumento previamente, es importante mencionar que la metodología y los resultados obtenidos en este estudio ratifican los beneficios y la viabilidad de estos sistemas, lo que fortalece la justificación del trabajo de investigación actual.

En el estudio desarrollado por Cartagena y Ramírez (2021), titulado “Sistema de riego localizado automatizado, alimentado con energías alternativas, en parcelas de frutas tropicales de pequeños productores”, se representa una propuesta innovadora para optimizar el riego en cultivos de frutas tropicales en Espinal, Colombia. Este proyecto implementó un sistema automatizado de riego por goteo, que se alimenta con energía solar y utiliza sensores de humedad y temperatura del suelo para gestionar de manera precisa el suministro de agua y fertilizantes. La finalidad principal fue mejorar la eficiencia en el uso del agua y minimizar el impacto ambiental al incorporar tecnologías renovables. Los resultados mostraron que esta solución no solo incrementó la productividad de los cultivos, sino que también redujo el consumo de recursos hídricos y fertilizantes. Además, el uso de paneles solares permitió un funcionamiento económico y sostenible del sistema. Este proyecto resalta cómo la automatización y las energías renovables pueden transformar la agricultura en una actividad más rentable y respetuosa con el medio ambiente.

Según Ávila (2021), titulado “Propuesta de diseño para un sistema de regulación de riego por goteo alimentado por energía solar”, plantea una alternativa para mejorar el manejo del agua en la agricultura mediante la automatización. En su propuesta, diseñó un sistema de riego por goteo controlado con tecnología de lazo cerrado y basado en un controlador proporcional e integral. Este sistema, alimentado por energía solar fotovoltaica, fue gestionado con una Raspberry Pi, que permitió un monitoreo remoto a través de plataformas web. La implementación del diseño destacó por su capacidad para optimizar el uso del agua y la energía, reduciendo costos y facilitando su aplicación en comunidades agrícolas con recursos limitados. Este estudio demuestra que, al implementar soluciones agrícolas sostenibles y efectivas.

Suárez (2023), en su proyecto titulado “Prototipo de un sistema que permite la automatización de riego para el cultivo del cacao, mediante tecnología Arduino con un módulo SIM900 GSM/GPRS alimentado con energía solar fotovoltaica”, desarrolló un sistema automatizado que combina innovación tecnológica con sostenibilidad. Este prototipo fue diseñado específicamente para cultivos de cacao, integrando tecnología Arduino y sensores que miden la humedad y temperatura del suelo. Además, incluyó un módulo de comunicación inalámbrica SIM900, lo que permitió controlar y monitorear el riego de forma remota. La energía para el funcionamiento provino de paneles solares, lo que lo hace viable en zonas rurales con acceso limitado a la electricidad. El sistema demostró ser eficiente al optimizar el consumo de agua y reducir costos operativos, todo mientras incrementaba la productividad agrícola. Este trabajo subraya cómo las tecnologías accesibles y las energías renovables pueden facilitar a los pequeños productores gestionar sus cultivos de manera más efectiva.

Guijarro et al (2018) en su trabajo titulado “Sistema de riego automatizado con Arduino” mismo que se desarrolló con el objetivo de diseñar un sistema de riego automático que utiliza hardware y software libres para medir la humedad del suelo y el aire, integrando una aplicación móvil con tecnología Bluetooth para reducir la intervención humana en el

monitoreo y control del sistema. La metodología aplicada incluyó la implementación de sensores de humedad y temperatura, un microcontrolador Arduino para gestionar el sistema y una aplicación móvil para facilitar la interacción del usuario con el sistema de riego. Como resultado, se demuestra que el sistema permite la hidratación adecuada de las plantas, optimizando el uso del agua y reduciendo la necesidad de supervisión manual. Además, el diseño ofrece una solución práctica y económica para jardines y huertos domésticos, especialmente en contextos urbanos. En conclusión, el uso de sistemas automatizados de bajo costo, como el desarrollado en este trabajo, representa una alternativa accesible y eficiente para el manejo del riego.

Según Valverde et al (2022), en su trabajo titulado “Impacto de la implementación del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón” mismo que se desarrolló con el fin de evaluar la eficiencia de un sistema de riego por goteo alimentado por energía fotovoltaica en un cultivo de limón. La metodología incluyó la instalación de paneles solares que alimentaban una bomba para extraer agua de pozos, la cual se distribuía a través de un sistema de goteo. El diseño experimental permitió medir la evapotranspiración, el uso consuntivo del agua y la eficiencia global del sistema. Los resultados indicaron que la humedad se concentra en la zona radicular a una profundidad de 15 cm, maximizando la absorción del agua y reduciendo su desperdicio. La implementación de energía solar como fuente principal no solo mejoró la sostenibilidad del riego, sino que también redujo los costos operativos. En conclusión, el sistema demostró ser viable y eficiente, constituyendo una solución sostenible para los agricultores.

Arrocha et al. (2020), en su trabajo titulado “Sistema de riego con movilidad a base de energía solar” mismo que se desarrolló con el objetivo de diseñar un robot móvil que utilice energía solar para realizar el riego de cultivos. Este robot está equipado con paneles solares para capturar y almacenar energía, sensores que detectan la temperatura y la humedad del suelo,

y un sistema de control que permite al dispositivo moverse de manera autónoma entre parcelas, evitando obstáculos y deteniéndose en caso de detectar personas u objetos. El estudio concluyó que el sistema es capaz de reducir significativamente el impacto ambiental asociado al uso de combustibles fósiles, además de facilitar el riego en parcelas de difícil acceso. Este diseño ofrece una solución innovadora para optimizar el uso de recursos energéticos y reducir los costos asociados al riego agrícola. En conclusión, este sistema destaca por su sostenibilidad y adaptabilidad en diferentes contextos agrícolas.

Análisis y discusión

Revisar la literatura existente para comprender el impacto de los sistemas de riego automatizado con energía solar en la producción agrícola.

La agricultura, tanto a nivel global como local, se establece como una de las actividades más importantes para las personas. No obstante, esta práctica tiene un gran impacto en otro elemento esencial de la vida: el agua. De acuerdo con el GRUPO BANCO MUNDIAL (2022) y la ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (2021), en todo el mundo, el 70% del agua extraída se destina a la agricultura. En Ecuador, el porcentaje de agua utilizada en este sector es del 82%, según el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (2011). Por lo tanto, resulta crucial buscar maneras de usar el agua de manera más eficiente en la agricultura para reducir su efecto en este recurso tan importante. Por ello, el riego es esencial y de gran importancia para asegurar la producción agrícola frente a fenómenos climáticos como sequías y lluvias irregulares. Sin embargo, los sistemas tradicionales de riego tienden a ser poco eficientes y dependen de fuentes energéticas fósiles. Aquí es donde los sistemas automatizados alimentados con energía solar toman gran relevancia al asegurar un suministro hídrico constante y sostenido sin depender de la red eléctrica o combustibles contaminantes, de modo que destaca la necesidad de modernizar las infraestructuras de riego para optimizar el uso del agua y se busca reconocer la importancia de sistemas eficientes que reduzcan las pérdidas hídricas y energéticas, en donde los sistemas automatizados alimentados por energía solar encajan como parte de la solución estratégica mundial y local. De manera que se garantiza un riego eficiente y sostenible, reduciendo costos operativos e incentivando la sostenibilidad ambiental evitando la emisión de carbono (Castellón, 2021).

De manera general, los sistemas de riego automáticos que utilizan energía solar pueden sustituir fuentes de energía fósiles y utilizar un recurso que se renueva. Además, al ser automatizados, mejoran la programación y cantidad de riego, lo cual ayuda a disminuir el uso innecesario de agua y a evitar la degradación del suelo.

Identificar los principales desafíos enfrentados por los agricultores en la adopción y operación de sistemas de riego automatizado con energía solar.

Desde este punto de vista, varios factores afectan directamente esta situación, comenzando por los altos costos iniciales que representan una de las principales barreras para la adopción por parte de agricultores pequeños y medianos. También está la escasa o ineficaz educación técnica, ya que muchos agricultores tradicionales o su equipo humano no tienen el conocimiento requerido para manejar estos sistemas. Además, está el impacto del clima, ya que depende de la luz solar para asegurar un funcionamiento efectivo y cumplir con la necesidad de proporcionar la cantidad adecuada de agua para el buen desarrollo de los cultivos, además de permitir la producción de alimentos en tiempos de sequía o escasez.

Sin embargo, el riego tradicional suele generar filtraciones y uso excesivo de agua, lo que contribuye a la pérdida del recurso hídrico afectando su disponibilidad a largo plazo (Arrocha et al., 2020).

A continuación, se presentarán las ventajas y desventajas del riego por goteo, por aspersión y por microaspersión:

Tabla 1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

Ventajas	Desventajas
Reduce la pérdida de agua por exceso de riesgo	Tapamiento en los goteos
Pequeño consumo de corriente en el sistema de bombeo	Una vez instalado no se puede arar la tierra
Control de los nutrientes (fertirriego)	

Nota: La tabla presenta las ventajas y desventajas del riego por goteo. Elaborado por: Autora

Tabla 2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Ventajas	Desventajas
Se limpian de polvo las hojas cuando se rocían con agua.	Se propagan plagas y enfermedades en los cultivos.
Economiza mano de obra.	Requiere elementos de bombeo de gran capacidad.
Facilita el riego en pendientes.	Dificultad de riesgo si hay exceso de viento.

Nota: La tabla presenta las ventajas y desventajas del riego por aspersión. Elaborado por: Autora

Tabla 3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR MICRO ASPERSIÓN

Ventajas	Desventajas
Idóneo para áreas desiguales.	Son más costosos que los goteros.
No se tapan los transmisores, las tuberías y la rapidez del agua son superiores.	El fuerte viento perjudica la uniformidad.
Se usa como microclima en el huerto.	Es un componente estable expuesto a quebrarse.

Nota: La tabla presenta las ventajas y desventajas del riego por micro aspersión. Elaborado por: Autora

Estos sistemas representan una alternativa eficiente que garantiza la optimización del uso del agua a diferencia del riego tradicional, que puede generar desperdicio del recurso hídrico, la automatización permite un uso más preciso y sostenible, contribuyendo a la conservación del agua y a la mejora de la producción agrícola.

Analizar las oportunidades y beneficios potenciales de los sistemas de riego automatizado con energía solar para mejorar la eficiencia hídrica y la producción de los cultivos.

Por tanto, surge la necesidad de generar sistemas de riego más eficientes enfocados en reducir el desperdicio y la pérdida del agua. En este sentido, el proceso, ha evolucionado con el tiempo donde actualmente existen máquinas que ayudan a los agricultores a facilitar los labores que desencadena el riego. Sin embargo, estas máquinas requieren personal para su manejo y, en muchos casos, funcionan con combustibles fósiles que generan gases o emisiones contaminantes. Esto resalta la necesidad o urgencia de implementar tecnologías o sistemas alimentados por energías renovables, los cuales no solo disminuyen los niveles de contaminación, sino que disminuyen o reducen la dependencia del sector a los recursos fósiles o electricidad convencional, misma a la que muchos sectores no acceden complejizando mucho más la situación.

De acuerdo con Campen (s.f), la energía es un insumo importante para satisfacer las necesidades humanas básicas y suministrar servicios fundamentales. Asimismo, es un elemento vital para mejorar la producción rural y la seguridad alimentaria mediante actividades como la preparación de tierras, fertilización, riego, procesamiento de alimentos, conservación y transporte. El uso de sistemas de riego alimentado por energía solar, por ejemplo, trae consigo una serie de ventajas, entre ellas destaca el uso eficiente de los recursos de agua y energía. Por esta razón, su implementación es cada vez más extendida en ciertas partes del mundo y para garantizar su funcionamiento óptimo desde una perspectiva ecológica, es fundamental considerar criterios medioambientales y económicos.

Sintetizar la evidencia disponible sobre la efectividad y viabilidad económica de los sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar en comparación con métodos tradicionales de riego.

Además, como indica Zambrano (2022), el futuro de la agricultura a nivel mundial está muy relacionado con la adopción de energías renovables en lugar de las fuentes de energía

convencionales. Estas energías tienen el potencial de mejorar la rentabilidad y disminuir el impacto en el medio ambiente al reducir las emisiones de carbono y el efecto invernadero.

El cambio climático empeora esta situación. De acuerdo con el último reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), es vital disminuir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero para lograr cero emisiones netas. El sector energético, que contribuye en gran parte a estas emisiones, debe enfocarse en aumentar notablemente el uso de energías renovables, en particular la energía solar fotovoltaica (Sainz et al., 2024).

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas que la aplicación de sistemas fotovoltaicos autónomos:

Tabla 4 BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE IMPLEMENTAR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INDEPENDIENTES

Ventajas	Desventajas
La radiación solar es una fuente de energía natural y disponible en muchos lados.	No son eficaces para instalaciones grandes.
No hay desembolso de combustible.	Se sustituye las baterías periódicamente.
El trabajo y el mantenimiento son fáciles.	La cantidad de energía depende de la luz solar disponible en el lugar.
Se acondiciona en sitios lejanos.	El costo de instalación es alto.
Se puede extender a futuro.	Los clientes necesitan información sobre el mantenimiento.
Su operación es silenciosa y no emite gases tóxicos.	Poco o nulo servicio técnico local en el área.

Nota: La tabla presenta las ventajas y desventajas de sistemas fotovoltaicos autónomos. Elaborado por: Autora

La resistencia al cambio hacia métodos modernos, debido a como se mencionó sobre la complejidad operativa y los costos constituye otro obstáculo que debe ser superado para que el sector agrícola comprenda la efectividad y viabilidad de la aplicación de este tipo de sistemas o nuevas tecnologías (Álvarez, 2017; Avilez y Vega, 2021; Cortes y Vargas, 2020; Yara y Rengifo, 2021).

En Centroamérica, la energía solar fotovoltaica se emplea comúnmente en áreas sin conexión a la red eléctrica tradicional. Aunque su aplicación en riego es limitada, se ha demostrado su viabilidad en sistemas de riego por goteo en grandes extensiones en zonas áridas o secas. Este tipo de energía limpia representa un aporte positivo a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Asimismo, la agricultura y la ganadería se encuentran entre los sectores que requieren más energía para operar. Para tener éxito, estas industrias deben optimizar su consumo eléctrico. Por esta razón, el autoconsumo energético mediante sistemas solares ha ganado popularidad no solo en empresas de esta índole, sino también en otros negocios y hogares particulares.

Según la FAO (2018), evaluar hoy la viabilidad económica de un sistema de riego que utiliza energía solar requiere considerar una amplia gama de parámetros como el tamaño y configuración del sistema, la capacidad y viabilidad del almacenamiento de agua, la profundidad del pozo, la lejanía del área y el tipo de suelo a regar. Aunque la inversión inicial puede ser alta, los periodos de amortización dependen para estas condiciones y de las características de los cultivos y mercados.

Por su parte, Salazar et al. (2016) argumentan que el uso de las fuentes renovables de energía y específicamente la fotovoltaica, ofrece una solución viable en zonas aisladas, donde las redes eléctricas no son confiables o accesibles. Además, estas tecnologías contribuyen en

la reducción de emisiones de CO_2 mitigando el calentamiento global. Bajo este contexto, la aplicación de sistemas de riego alimentados por energía solar, trae consigo una serie de oportunidades y beneficios como el aumento de la eficiencia en el uso del agua, la reducción de costos operativos a largo plazo. Asimismo, mejora la productividad agrícola facilita la adaptación a áreas rurales con acceso limitado o nulo a la energía (Bello et al., 2021; Avilez y Vega, 2021; Suárez, 2023; García y López, 2013; Álvarez, 2017).

En términos económicos, aunque la inversión inicial es elevada para un agricultor promedio a largo plazo su aplicación generaría ahorros significativos, debido que se reducen una serie de costos operativos sin comprometer la viabilidad de su producción agrícola (Avilez y Vega, 2021).

Finalmente, Camps y Jabardo (2019), destacan que el significativo dimensionamiento de la producción energética de los paneles solares y las necesidades de riego son clave para la efectividad de estos sistemas. Es importante adaptar y planificar la instalación de captación y riego a cada realidad agrícola, maximizando el uso de los recursos existentes y minimizando los costos para garantizar la competitividad frente a otros sistemas.

En conclusión, la transición hacia fuentes de energía renovables, como la energía solar, eólica e hidroeléctrica y la bioenergía, es esencial para reducir el impacto ambiental, mejorar la productividad agrícola y garantizar la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, Este cambio no solo fortalece la seguridad alimentaria, sino que también promueve una transformación respetuosa con el clima. Además, como plantea Salazar et al. (2016), la energía solar es una alternativa eficiente para reducir en un 60% el consumo de la energía eléctrica obtenida de materiales fósiles.

Análisis del impacto de los sistemas de riego automatizado con energía solar en la producción agrícola

En la actualidad ha cobrado gran relevancia el uso de sistemas de riego automatizado alimentados por energía solar ya que permiten controlar de manera eficiente y controlada el riego de los cultivos propiciando la optimización de recursos sin importar las características del terreno, este es adaptable al entorno (Álvarez, 2017; Avilez y Vega, 2021).

A pesar de que trae consigo una serie de beneficios para los agricultores o el sector este también despunta una serie de desafíos a los que el agricultor debe enfrentarse. Sin embargo, a pesar de ello, estos sistemas han ido escalando tanto al punto de que se proyecta que a futuro serían la solución directa a una serie de limitaciones o necesidades enfocadas en el uso sostenible del recurso hídrico, la mejora de la productividad agrícola, sostenibilidad económica, etc. Ante ello, se desarrolló una búsqueda bibliográfica, en la cual se recopiló investigaciones bajo el marco de lo anteriormente planteado con el propósito de comprender y contextualizar los beneficios, oportunidades y desafíos que trae consigo la aplicación de estos sistemas para lograr con el objetivo principal de este proceso investigativo.

Ante lo expuesto, uno de los objetivos trazados es comprender el impacto directo de los sistemas en los cultivos por ello se desarrolló una matriz que sistematiza estudios que se enfocan en el impacto generado enfocándose en la postura de cada autor en base a la funcionalidad, rentabilidad y contribución o incidencia en la eficacia y sostenibilidad del sector agrícola. A continuación, se presenta la información recolectada:

Tabla 5 IMPACTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO AUTOMATIZADO CON ENERGÍA SOLAR EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Autor	Año	Repositorio/Base de Datos	Resultados	Interpretación
Álvarez Arboleda	2017	Repositorio Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	El sistema de riego automatizado con energía fotovoltaica	Confirma a la efectividad y eficiencia de sistemas solares en optimizar recursos agrícolas, con

			controlado por PLC mostró alta eficiencia en el uso de agua, optimización de cultivos y mejoría en condiciones agrícolas.	potencial para elevar la sostenibilidad en la gestión de agua.
Avilez Zeron y Vega Rodríguez	2021	UNITEC (Universidad Tecnológica Centroamericana)	El sistema solar automatizado mejoró la irrigación y productividad agrícola en Intibucá, con resultados favorables en comunidades rurales.	El sistema contribuye a la sostenibilidad y calidad de vida en comunidades rurales, validando la tecnología solar como viable y rentable en contextos desfavorecidos.
García y López	2013	Revista de Investigación Tecnológica	El modelo a escala para riego en condiciones de Bogotá demostró la viabilidad de estos sistemas de riego automatizados en entornos con limitación de energía eléctrica, promoviendo sostenibilidad agroindustrial.	La implementación en áreas con déficit de energía evidencia la adaptabilidad y relevancia de estos sistemas en zonas rurales, aportando soluciones sostenibles.
Lescano Veloz y Vásquez Acuña	2023	Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS	El sistema automatizado implementado en el caserío Sigualo mostró mejoras significativas en la producción	La eficiencia en el uso de agua y productividad agrícola respalda la viabilidad de estos sistemas en terrenos complicados, aportando a una

agrícola y uso eficaz del agua.	gestión de recursos optimizada.

La tabla presenta los resultados de investigaciones previas desarrolladas que evidencia como los sistemas de riego son una herramienta efectiva para mejorar la productividad y eficacia hídrica en distintas condiciones sociales y geográficas. Cada estudio seleccionado a pesar de tener enfoques y contextos diferentes coinciden en resaltar los beneficios de estos sistemas en términos de optimización de recursos hídricos y sostenibilidad ambiental.

Álvarez (2017) y García y López (2013) sostienen que los sistemas de riego automatizado no solo se centran en optimizar el uso del agua mediante un proceso automatizado, sino que también son adaptables a entornos con limitación energética, por lo que es factible su aplicación en zonas rurales en las que generalmente poseen energía o agua limitada. En este sentido, el estudio de Avilez y Vega (2021) valida la efectividad, rentabilidad y viabilidad de este tipo de sistemas en comunidades o contextos vulnerables o desfavorecidos.

Desde un contexto práctico, Avilez y Vega (2021) aplicaron en cultivos de cítricos estos sistemas y confirman en base a ello que estos propician y facilitan la distribución de agua eficientemente; además responden a los desafíos hídricos en áreas, terrenos o condiciones climáticas adversas. Es decir, es adaptable a una variedad de cultivos, terreno, etc. Lescano y Vásquez (2023) sostienen que no solo contribuyen en la sostenibilidad ambiental, sino que también ayuda a reducir las fuentes convencionales de energía lo que respalda su viabilidad en diversos escenarios agrícolas, climáticos, geográficos, etc.

En base a lo anteriormente mencionado, los sistemas de riego automatizado, son una herramienta efectiva para optimizar el uso de agua que no solo mejora la producción agrícola, sino que también tiene un gran potencial en la actualidad para promover procesos de sostenibilidad y resiliencia en el sector agrícola cambiando las dinámicas actuales ya que es

una tecnología replicable que podría posicionarse como una estrategia viable y beneficiosa para afrontar los desafíos actuales enfocados en gestionar adecuadamente los recursos hídricos y mejorar la productividad del sector haciéndolo sostenible en el tiempo debido a los resultados proyectados mismos que son positivos y alentadores.

Desafíos en la adopción y operación de sistemas de riego automatizado con energía solar.

La aplicación de sistemas mencionados anteriormente asegura y prometen una serie de beneficios en términos de sostenibilidad y eficacia. Sin embargo, su implementación trae consigo una serie de desafíos que van desde los altos costos, dificultad de mantenimiento hasta limitaciones climáticas, geográficas y tecnologías. Ante ello, con el objetivo de identificar los principales desafíos enfrentados por los agricultores en la adopción y operación de sistemas de riego automatizado con energía solar, se realizó una matriz de doble entrada en la cual se realiza una comparativa ante lo que menciona la literatura y la opinión de los entrevistados en base a la experiencia práctica. A continuación, se presenta:

Tabla 6 DESAFÍOS EN LA ADOPCIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO AUTOMATIZADO CON ENERGÍA SOLAR SEGÚN INVESTIGACIÓN Y AUTORES

Desafíos	Autor y año	Investigación	Entrevista
Costos iniciales elevados	Álvarez, 2017	Limita la adopción en pequeñas y medianas explotaciones agrícolas, pues representa una barrera significativa, especialmente en para su comunidades rurales con implementación. recursos limitados.	Los entrevistados confirmaron que el alto costo inicial es una barrera significativa, especialmente en comunidades rurales con recursos limitados.
Capacitación técnica insuficiente	Avilez y Vega, 2021	La investigación destaca la importancia de capacitación técnica para el manejo	Los entrevistados indicaron la falta de capacitación técnica como una de las

		adecuado de sistemas, principales dificultades, indicando que muchos sugiriendo la necesidad agricultores carecen de de mayor apoyo en esta conocimientos área. necesarios.	
Adaptación a las necesidades locales	Naula y Robles, 2021	La investigación señala que adaptar los sistemas de riego automatizado a las condiciones específicas de cada región es un reto clave.	Los entrevistados notaron que ciertos aspectos del sistema no se adaptan bien a las condiciones específicas de sus cultivos y necesidades hídricas.
Limitaciones de acceso a financiamiento	Castellón, 2021	El financiamiento limitado o inaccesible para pequeños agricultores se menciona como una barrera para la adopción de sistemas avanzados de riego.	Varios agricultores señalaron que el financiamiento limitado les impide acceder a estos sistemas, lo que frena la adopción generalizada en comunidades de bajos recursos.
Infraestructura tecnológica limitada	Cortes y Vargas, 2020	La infraestructura limitada en zonas rurales impide la adopción de tecnología avanzadas y afecta el rendimiento de los sistemas de riego.	Los entrevistados mencionaron que, en áreas rurales, la infraestructura deficiente limita el uso de tecnología avanzada, impactando en la eficiencia.
Resistencia al cambio en métodos de riego tradicionales	Yara y Rengifo, 2021	Existe resistencia entre los agricultores que prefieren métodos de riego convencionales,	Algunos agricultores expresaron dudas sobre la efectividad y accesibilidad de los

debido a la percepción sistemas automatizados, de complejidad y prefiriendo métodos costos de los sistemas tradicionales conocidos. automatizados.

En la matriz presentada, los entrevistados validan los desafíos recopilados con la revisión a la literatura, lo que destaca la pertinencia y coherencia la teoría y la práctica. En el caso de los costos altos iniciales son señalados como una barrera tanto en lo expuesto por los entrevistados como en la investigación de Álvarez (2017) en este sentido, ambas partes sostienen que adquirir estas tecnologías representa una dificultad para los pequeños agricultores. A esto se suma la limitada asistencia y/o capacidad técnica existente al no tener profesionales especializados en estos procesos.

Sin embargo, existen desafíos más profundos como la resistencia del sector o los agricultores ha tecnificarse, situación que se refleja en la entrevista aplicada, ya que varios de ellos expresaron su preferencia por los métodos de riego tradicionales debido a la complejidad y costos de mantenimiento que representan estos sistemas. Esto refleja la brecha existente entre el rechazo del sector a implementar nuevas tecnologías cuando las técnicas de riego tradicionales han predominado durante años.

Asimismo, el acceso a soporte y mantenimiento local dificulta su aplicación, esto se evidencia en la literatura y en lo expuesto por los entrevistados quienes menciona que la escasez de técnicos capacitados propicia el temor de su aplicación ya que a largo plazo no tendrían quien gestione el mantenimiento necesario para estos sistemas lo que impacta en la efectividad y continuidad de los mismos.

En este sentido, se evidencia mediante el análisis que, aunque la implementación de estos sistemas mejoraría notablemente la eficacia y sostenibilidad del sector agrícola, existen

barreras de índole económica, social, financiera y estructural que requiere de gran atención para superar los desafíos para ello podría o debería ingresar el Estado generando políticas de financieramente, la Academia para generar programas de capacitación, etc. Lo que podría generar la adopción de estos sistemas de forma exitosa.

Oportunidades y beneficios de los sistemas de riego automatizado con energía solar

La aplicación de los sistemas de riego automatizados con energía solar trae consigo una serie de beneficios y oportunidades siendo primordialmente una alternativa para enfrentar los desafíos agrícolas actuales. A continuación, se presenta una matriz que se centra en analizar los beneficios de estos sistemas comparando la literatura y la experiencia de los entrevistados.

Tabla 7 OPORTUNIDADES Y BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO AUTOMATIZADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Oportunidad/Beneficio	Autor y año	Investigación	Entrevista
Aumento de la eficiencia en el uso del agua	Bello et al., 2021	La investigación muestra que los sistemas automatizados permiten aplicar agua con mayor precisión, optimizando el uso y reduciendo el desperdicio.	Los agricultores entrevistados confirmaron que el uso de agua es más eficiente, reduciendo el consumo sin afectar la calidad del cultivo.
Reducción de costos operativos a largo plazo	Avilez y Vega, 2021	Se evidencia una reducción en los costos de operación al reemplazar riego manual o	Varios entrevistados destacaron el ahorro económico en términos de mano de obra y consumo energético,

		motorizado, con efectos positivos a contribuyendo a la largo plazo. rentabilidad a largo plazo.	
Sostenibilidad ambiental]	Suárez, 2023	La implementación de energía solar reduce emisiones de gases, siendo una opción sostenible y respetuosa con el ambiente.	La mayoría reconoció el beneficio ambiental, mencionando la reducción de huella de carbono y menor impacto ambiental en comparación con sistemas tradicionales.
Mejora de la productividad agrícola	García y López, 2013	Los sistemas han demostrado un aumento en la producción de cultivos al asegurar una irrigación constante y eficiente.	Los agricultores observaron un incremento en la productividad de sus cultivos al contar con un riego continuo y optimizado.
Adaptación a áreas rurales con limitaciones energéticas	Lescano y Vásconez, 2023	El uso de paneles solares es especialmente beneficioso en zonas sin acceso a energía eléctrica confiable.	Para áreas rurales sin electricidad estable, el sistema solar ofrece una alternativa viable, mencionada por varios usuarios rurales.
Reducción de la dependencia de combustibles fósiles	Álvarez, 2017	Al emplear energía solar, se reduce la dependencia de	Se resaltó la independencia energética de los

		combustibles fósiles, contribuyendo a la sostenibilidad energética en la agricultura.	sistemas eliminando la necesidad de combustible y generando menos emisiones.	solares,
Facilidad de monitoreo y control del riego	Solano et al., s.f.	Los sistemas permiten monitorear y controlar el riego de manera precisa, asegurando el suministro de agua según las necesidades del cultivo.	Los entrevistados valoraron la posibilidad de ajustar y monitorear el riego, permitiendo una gestión más precisa y eficiente del agua en el cultivo.	

Nota: La matriz presenta las oportunidades y beneficios de los sistemas de riego automatizado con energía solar.

Elaboración propia

Los resultados reflejan conformidad entre la práctica de los entrevistados y la teoría de la investigación. En el caso de la eficiencia hídrica los entrevistados sostienen que estos sistemas permiten que el uso del agua sea controlado y más preciso, resultados que se refleja en lo investigado por (Bello et al.,2021) sostienen que estos sistemas reducen significativamente el desperdicio hídrico; siendo un gran beneficio para las regiones con limitado acceso al agua mismo que es una problemática en auge en la actualidad.

Avilez y Vega (2021) manifiestan que los sistemas de riego automatizado podrían llegar a reemplazar o sustituir el riego motorizado o manual lo que generaría que baje el costo de mano de obra de los agricultores a largo plazo. Situación con la que coinciden los entrevistados mismos que enfatizan que el nivel de ahorro sería representativo ya que se reduciría el consumo

de energía y mano de obra mejorando a futuro la rentabilidad y liquidez. En el caso de la sostenibilidad ambiental, el uso de la energía fotovoltaica en los procesos agrícolas ha propiciado que se reduzcan las emisiones de gases contaminante.

Otro aspecto positivo de la aplicación de estos sistemas es que mejora la productividad agrícola ya que permite que se suministre al agua adecuadamente lo que propicia que los cultivos mejoren su rendimiento. Esto se contrasta en la investigación de García y López (2013) misma en la que menciona que un riego regular y controlado representa un aumento en la producción del cultivo. Finalmente, se destaca la adaptabilidad de estos sistemas en zonas sin accesibilidad a electricidad a las que administrarse o abastecerse con energía solar sería la opción más viable.

En base a lo expuesto, se presentaron una serie de beneficios que ofrece la implementación de estos sistemas o la energía solar mismos que podrían repotenciar la rentabilidad y sostenibilidad del sector agrícola, no obstante, estos solo lograrían maximizarse si se emplean adecuadamente.

Efectividad y viabilidad económica de los sistemas de riego automatizado con energía solar vs métodos tradicionales.

Este apartado de centra en sintetizar la evidencia disponible sobre la efectividad y viabilidad económica de estos sistemas en comparación con los métodos tradicionales. Se presenta a continuación, una matriz que contrasta lo que opinan los entrevistados y lo encontrado en la revisión a la literatura. Mediante ello, se busca reflejar las ventajas y limitaciones de ambos evaluando su aplicación en distintos entornos agrícolas.

Tabla 8 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE EFECTIVIDAD Y VIABILIDAD ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO AUTOMATIZADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA VS MÉTODOS TRADICIONALES

Aspecto comparado	Sistemas automatizados con energía solar	Autor y año (sistemas automatizados)	Métodos tradicionales	Autor y año (métodos tradicionales)	Opinión de los entrevistados
Ahorro de costos	Ahorro a largo plazo gracias a la energía fotovoltaica, aunque la inversión inicial es alta.	Avilez y Vega, 2021	Menor inversión inicial, pero mayor dependencia de combustibles o electricidad, aumentando los costos operativos a largo plazo.	Castellón Ruiz, 2021	Aunque la inversión inicial es alta, los costos de operación y mantenimiento disminuyen con el tiempo, siendo rentable a largo plazo.

Comparar la efectividad y viabilidad económica de los sistemas de riego ha resultado una tarea sumamente compleja. Ya que no se dispone información o investigaciones previas que aborden esta arista. Sin embargo, desde la poca información disponible y el soporte práctico y experimental dado por las entrevistas; se ha determinado que uno de los aspectos que se requieren comparar es el ahorro de costos, ya que, en el caso de los sistemas automatizados, estos a largo plazo, generan ahorro significativo debido al uso de la energía solar no obstante la inversión es inicial es sumamente alta para un agricultor promedio que financia sus cultivos a mediano plazo, es decir, existe una probabilidad muy baja de que puedan acceder a esos sistemas, para su efectividad es necesario intervención del Estado y la generación de políticas públicas o subsidios que hagan viable y atractiva la propuesta.

Bajo esta premisa, se compara a los métodos tradicionales que son los mayormente aplicados en la actualidad. Estos a diferencia de los sistemas de riego automatizado, no requieren de una gran inversión inicial, pero dependen de electricidad o combustibles lo que

genera un alto gasto operativo, lo que a largo plazo sería una inversión considerablemente alta, poco rentable y sostenible. Según los entrevistados, efectivamente, se reducen costos aplicando los sistemas de riego automatizado, pero no son tan accesibles como los métodos tradicionales que, aunque generen un gasto continuo, se requiera mayor mano de obra y se tenga dependencia a combustibles o electricidad es lo viable en el campo donde las dinámicas son diversas.

Conclusiones

El proceso investigativo permitió conocer desde la teoría los sistemas de riego automatizados por energía solar, destacando su impacto en la agricultura tradicional y la producción agrícola, este podría mirarse desde dos posturas, es decir trae consigo una serie de oportunidades o beneficios y a su vez desafíos a los que el agricultor promedio arraigado a los métodos de riego tradicionales no quiere enfrentarse.

La aplicación de estos sistemas en la agricultura impactaría significativamente en la administración eficaz del recurso hídrico del que es dependiente el sector, permitiendo una aplicación controlada y precisa del mismo. Tanto los testimonios de los entrevistados como la literatura revisada han confirmado que la aplicación de los sistemas automatizados reduce el desperdicio y optimiza el uso del agua; lo que propone que a futuro la agricultura podría escalar hacia un panorama más rentable y sostenible.

Estos sistemas también ofrecen oportunidades y beneficios en términos de sostenibilidad ambiental y ahorro en costos operativos, mano de obra instalada y la capacidad de que el sector agrícola opere sin acceso estable o dependencia a la electricidad. En este sentido, la energía solar, al ser una fuente accesible y renovable proporciona autonomía y resiliencia a la ruralidad, lo que ayuda a la seguridad alimentaria e hídrica en las regiones con recursos limitados.

Además, es necesario señalar los desafíos que trae consigo la adopción de estos sistemas. Entre los que destaca, la alta inversión inicial que representan, la necesidad de capacitación técnica y la falta de servicios locales lo que propicia una barrera considerable para los agricultores principalmente pequeños. Ante esto, destaca la necesidad de que el Estado intervenga generando políticas públicas, campañas de adaptación y capacitación, subsidios o programas de apoyo económico para que estas tecnologías sean más accesibles.

Por lo tanto, si se desarrolla una comparativa entre las nuevas tecnologías y los métodos tradicionales, se destaca que, estos últimos no requieren una inversión inicial, aunque su dependencia a combustibles fósiles y su menor precisión en el uso de agua lo hace menos sostenible y rentables a largo plazo. Al contrario de los sistemas automatizados que tiene una inversión inicial elevada lo que ofrece ahorros en costos operativos, mano de obra y mayor control en el suministro del recurso hídrico, lo que los convierte en una opción económica y ambientalmente viable.

En base a lo expuesto, los sistemas de riego automatizados con energía solar son una alternativa para mejorar la productividad agrícola mediante la optimización, administración eficaz del agua, especialmente en zonas o áreas con limitaciones energéticas. Sin embargo, es fundamental que el Estado genere programas de financiamiento y subsidios para que los agricultores puedan superar estas barreras y desafíos iniciales. Si lo anterior mencionado se implementara, se podría potenciar y transformar el sector agrícola a través el uso responsable de los recursos naturales.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, A. (2017). Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC. [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo]. Guayaquil, Ecuador.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7733/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-57.pdf>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Editorial Epísteme, C.A.
<https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Arrocha, D., Camargo, A., Petit, J., Rosas, Y., Villarreal, V. y Muñoz, L. (2020). Sistema de riego con movilidad a base de energía solar. *Revista de Iniciación Científica*, 6(1), 39-43.
<https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2610>
- Ávila, G. (2021). *Propuesta de diseño para un sistema de regulación de riego por goteo alimentado por energía solar*. [Tesis de Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/16401/>
- Avilez, D. y Vega, S. (2021). *Diseño de sistema de riego automatizado mediante el uso de sistema solar fotovoltaico en la comunidad de san pedro de silimane, intibucá*. UNITEC.
<https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/4a1e7762-67af-4411-bedd-9e1e811eedbc/content>
- Bello, J., García, K. y Lacayo, K. (2021). Sistema de riego por goteo automatizado y sostenible en zonas rurales de Nicaragua. *Tecnología en Marcha*, 34, 23-30.
<https://doi.org/10.18845/tm.v34i6.5970>

- Castellón, L. (2021). Análisis de la factibilidad de implementación de un sistema de riego alimentado por energía solar fotovoltaica en Amatitlán, Guatemala [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Centroamericana].
<https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/98692408-e4c9-400c-ae4-1418fce9e67e/content>
- Camps, F. y Jabardo, M. (2019). *Instalaciones de riego por goteo con energía solar en cultivos herbáceos extensivos - IRTA Research & Technology, Food & Agriculture*.
<https://irta.scimarina.org/en/ipublic/item/9756187>
- Cortes, V. y Vargas, F. (2020). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante iot en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin. [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Ingeniería electrónica y telecomunicaciones]. Bogotá, Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5dbe9100-e30b-4c32-a627-a0492baa7f56/content>
- Cartagena, L. y Ramírez, B. (2021). *Sistema de riego localizado automatizado, alimentado con energías alternativas, en parcelas de frutas tropicales de pequeños productores*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8089653>
- Campan, B. (s.f.). *Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles*.
https://www.researchgate.net/publication/280727475_Energia_solar_fotovoltaica_para_la_agricultura_y_desarrollo_rural_sostenibles
- FAO (2023). Foro Internacional del Marco Mundial sobre la Escasez de Agua en la Agricultura.
<https://www.fao.org/newsroom/detail/water-scarcity-means-less-water-for-agriculture-production-which-in-turn-means-less-food-available-threatening-food-security-and-nutrition/es>

Folgueiras, P. (2016). *Técnica de recogida de información: La entrevista*. Universidad de Barcelona.

<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99003/1/entrevista%20pf.pdf>

FAO. (2018). Buenas perspectivas para los sistemas de riego con energía solar.

www.fao.org/news/story/item/icode

García, F. y López, G. (2013). Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. *Tecnura*, 17, 33-47. <https://core.ac.uk/download/pdf/229168788.pdf>

Guijarro, A., Cevallos, L., Preciado, D. y Zambrano, B. (2018). Sistema de riego automatizado con Arduino. *Revista Espacios*, 39(37), 27.

<https://revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p27.pdf>

GRUPO BANCO MUNDIAL (2022). El Agua en la Agricultura.

<https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-resilient-irrigation>

Gutiérrez, J., Gándara, M. y Romero, E. (AGOSTO de 2012). *Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías orgánicas alternativas de bajo costo*.

SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO

<https://www.cibnor.gob.mx/personal/bmurillo/hierbas/docs/sistema-riego-automatizado-final.pdf>

Guerrero, M., Moran, M., Zapata, L., Mielles, W. y Cárdenas, D. (2024). Potencial fotovoltaico para sistemas de bombeo de agua para la comuna de Joa, Manabí, Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 32–45.

<https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/119>

- Lescano, V. y Vásconez, A. (2023). Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(4), 271-281. <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/666>
- Laverde, J. (2016). *Sistema automatizado de riego por aspersión para el jardín ubicado en la parte lateral del bloque de aulas #2 de Uniandes Quevedo*. Universidad Regional Autónoma De Los Andes.
<https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf>
- Morales, R., Aguilar, G. y López, S. (2020). Impacto de automatización de riego: Caso de estudio. *Computación y Sistemas*, 24(2), 917-926. <https://doi.org/10.13053/cys-24-2-3412>
- Medina, S. y Coral, M. (2022). *Una revisión de procesos de implementación para sistemas de riego automatizado*.
<https://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/216/182>
- Melis, A. (2022). *Riego por goteo*. Universidad Nacional de La Pampa
<https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/8935/v06n1a03melis.pdf>
- Melgarejo, L. y Abdón, C. (2023). *Diseño de un sistema automatizado con energía solar para la mejora del riego agrícola en el valle de Sayán*. Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8157/Tesis%20Luis%20Melgarejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (2011). Plan Nacional De Riego y Drenaje. <https://es.scribd.com/document/342885701/Plan-Nacional-Riego-y-Drenaje>
- Naula, A. y Robles, A. (2021). Sistema de riego automático basado en tecnologías emergentes 0G en el periodo abril-septiembre 2021. [Tesis Doctoral, Instituto Superior Tecnológico Sudamericano.]

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28899/4/UPS-CT011743.pdf>

ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (2021). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://globalcitieshub.org/es/unep-united-nations-environment-programme/>

Pedraza, C. (2020). *Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca Contador del municipio de Viani*. [Trabajo de posgrado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/57d2b630-6306-46ba-aafc-71e59c8d67b4/content>

Solano, R., Arenas, R., Lázaro, C., Tarazona, B., Ascanio, J. y Angulo, C. (s.f). Sistema de riego tecnificado alimentado con energía solar y con aprovechamiento de la topografía de la zona. https://www.researchgate.net/publication/351972564_Sistema_de_riego_tecnificado_alimentado_con_energia_solar_y_con_aprovechamiento_de_la_topografia_de_la_zona

Suárez, J. (2023). *Prototipo de un sistema que permite la automatización de riego para el cultivo del cacao, mediante tecnología Arduino con un módulo SIM900 GSM/GPRS alimentado con energía solar fotovoltaica*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/6a571597-613f-4db7-b8ca-b9658e41cd11/full>

Sainz, J., Burgos, A., Pedroza, A. y Álvarez, M. (2024). *Sistemas Agrivoltaicos: Nuevos retos para la ingeniería*. Jornadas de Automática. (45). <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10922>

Salazar, P., Pichardo, S. y Pichardo, S. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 2(5), 11-20. <https://www.studocu.com/row/document/universiteti-i-new-york-ut-ne-tirane/international-finance/energia-solar-una-alternativa-para-la-generacion-de-energia-renovable/15730492>

- Ventura, R. y Lima, F. (2024). Diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba- 2022. Universidad Continental
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14202/1/IV_FIN_109_TE_Ventura_Lima_2024.pdf
- Vargas, F. y Torres, T. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de riego inteligente para incrementar el rendimiento en los cultivos basado en energía solar fotovoltaica.*
<https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7461fe30-1e26-4fe3-be96-4305fa1422e7/content>
- Valverde, A., Vargas, G., García, M. y Díaz, J. (2022). Impacto de la implementación del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 14(2), 90-107.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2422-42002022000200090&script=sci_arttext
- Yara, L. y Rengifo, B. (2021). Sistema de riego localizado automatizado, alimentado con energías alternativas, en parcelas de frutas tropicales de pequeños productores. Espinal, Colombia. *Las tecnologías de la información y comunicación en la educación latinoamericana: Modelos y tendencias en uso*, 202-218.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8089653>
- Zambrano, P. (2022). Energía ecológica en el sector rural: estrategias para su implementación. *Artículo de Investigación*, 7(3), 1100-1111.
<file:///R:/RESPALDO%20DESCARGAS/Downloads/Dialnet-EnergiaEcologicaEnElSectorRural-8399837.pdf>

Anexos

Anexo 1. Cuestionario de entrevistas

Cuestionario de entrevistas estructuradas
1. ¿Cuál es su nombre y ocupación?
2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la agricultura?
3. ¿Qué tipo de cultivos maneja principalmente?
4. ¿Cuándo decidió implementar un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar en sus cultivos?
5. ¿Qué lo motivó a elegir este tipo de sistema sobre otros métodos tradicionales?
6. ¿Qué tan complejo fue el proceso de instalación del sistema de riego automatizado con energía solar?
7. ¿Recibió algún tipo de capacitación o asistencia técnica durante la implementación?
8. Desde que implementó el sistema de riego automatizado con energía solar, ¿ha notado un cambio en la productividad de sus cultivos?
9. ¿Podría proporcionar ejemplos específicos de cómo ha mejorado la eficiencia del riego en sus cultivos?
10. ¿Ha observado algún cambio en el uso de agua desde la implementación del sistema de riego automatizado con energía solar?
11. ¿Cómo compara el uso de agua con este sistema en comparación con métodos de riego tradicionales?
12. ¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentó al adoptar el sistema de riego automatizado con energía solar?
13. ¿Hubo problemas técnicos, económicos o logísticos específicos?

14. **¿Qué tan complicado es el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar?**
15. **¿Ha experimentado fallos o problemas técnicos con el sistema? Si es así, ¿cómo los ha solucionado?**
16. **¿Cuáles considera que son los principales beneficios de usar un sistema de riego automatizado con energía solar?**
17. **¿Ha notado alguna mejora en la calidad de sus cultivos o en la eficiencia general de su operación agrícola?**
18. **¿Cree que hay oportunidades para expandir o mejorar el uso de sistemas de riego automatizado con energía solar en su región?**
19. **¿Qué recomendaciones haría a otros agricultores que estén considerando adoptar este tipo de sistema?**
20. **¿Cómo compara el costo inicial y el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar con otros métodos de riego que ha utilizado?**
21. **¿Considera que la inversión en este sistema ha sido rentable hasta ahora?**
22. **¿Qué sugerencias daría a los desarrolladores de estos sistemas para hacerlos más accesibles y eficientes para los agricultores?**
23. **¿Qué apoyo adicional cree que sería útil (financiero, técnico, etc.) para maximizar los beneficios de estos sistemas?**

Anexo 2. Entrevistas aplicadas

Entrevista estructurada #1
1. ¿Cuál es su nombre y ocupación? Mi nombre es Francy Eric Bernal Chancay, soy ingeniero hidráulico de profesión graduado en la Universidad Católica el año 2007, soy director técnico de la empresa urbano sostenible y representante legal.

2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la agricultura?

Podría decirse que unos 10 años, aunque más he trabajado en saneamiento agua potable pero también ha habido periodos importantes en los que he trabajado en agricultura por eso sumándolo tal vez podríamos decir que son 10 años.

3. ¿Qué tipo de cultivos maneja principalmente?

Bueno los cultivos que hay en la provincia de Manabí, que es de los que más digamos rentabilidad tienen que es el cacao, el Limón, los cítricos y el maíz, normalmente los cultivos que más tienen rentabilidad en el medio son a los que se les invierte en sistemas presurizados no sistemas de riego entonces, aunque en Manabí no haya grandes tensiones, sí se les da a estos cultivos mayor esta inversión en lo que es sistema

4. ¿Cuándo decidió implementar un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar en sus cultivos?

Bueno en este rato es evidente y no en este rato sino que ya remontándose en la historia la electrificación o el suministro eléctrico en las zonas rurales siempre ha sido de mayor vulnerabilidad digamos entonces los sistemas de riego Normalmente se construyen en zonas rurales y no en zonas campestres, es ahí donde hay mayores déficits de electricidad tanto en su calidad como en su cantidad esto es bien importante decir No solo no solo en su cantidad de que eventualmente hay racionamientos o fallos en las subestaciones sino que además la calidad de la energía eléctrica es deficiente lo que compromete al funcionamiento de los equipos electromecánicos que tienen su nivel de delicadeza entonces esa es la razón principal que todos sistema que provea la energía que necesita un sistema de impulsión que no sea eléctrico.

5. ¿Qué lo motivó a elegir este tipo de sistema sobre otros métodos tradicionales?

En nuestro medio actualmente ya hay suficientes garantías de la tecnología de paneles solares o sea hace unos años no había, digamos unos 10 años se conocía, pero no había y luego se conocía, había, pero era Caro con poco acceso en pocas empresas entonces ahora hay, se conoce más la técnica, hay más especialistas, hay más empresas y Los costos son más comparables esa es la razón.

6. ¿Qué tan complejo fue el proceso de instalación del sistema de riego automatizado con energía solar?

Relacionado con lo eléctrico no es más difícil, es relativamente más sencillo que un sistema eléctrico incluso más sencillo dado que el panel viene configurado, viene armado es solamente para conectarlo y tomar varias precauciones con las horas solares y con algunos

aspectos como ya les digo como hasta ahora entiendo que no presenta dificultades en operación.

7. ¿Recibió algún tipo de capacitación o asistencia técnica durante la implementación?

La bibliografía que revisado prácticamente al respecto.

8. Desde que implementó el sistema de riego automatizado con energía solar, ¿ha notado un cambio en la productividad de sus cultivos?

Por supuesto que debe mejorar porque es una energía continua, a través del tiempo la calidad es estable, como le decía cantidad y calidad mejoran entonces es evidente que el rendimiento de los cultivos podría mejorar, Aunque el rendimiento de los cultivos está relacionado con muchos otros factores, muchos más como el agua, el suelo, etc. Pero principalmente el agua el suelo la planta la propuesta fitosanitaria de control, la propuesta de nutrientes, todo eso.

9. ¿Podría proporcionar ejemplos específicos de cómo ha mejorado la eficiencia del riego en sus cultivos?

10. ¿Ha observado algún cambio en el uso de agua desde la implementación del sistema de riego automatizado con energía solar?

Mayormente con respecto al uso de agua, entendería que no presenta riesgo con respecto al uso del agua, por supuesto Sí más bien Al contrario tiene mucho menos riesgos.

11. ¿Cómo compara el uso de agua con este sistema en comparación con métodos de riego tradicionales?

Son mayor son más eficientes como ya les digo lo clave es la calidad y cantidad del suministro Y eso es una virtud enorme, sea Las mayores molestias en un sistema de irrigación por impulsión se generan en la parte eléctrica es los mayores problemas.

12. ¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentó al adoptar el sistema de riego automatizado con energía solar?

Bueno estoy seguro que el mayor obstáculo lo constituye la socialización, digamos que el cliente o la población si es un tema público o privado cada uno de los casos esté convencido, poderle explicar, poderle dar garantías, poderle cubrir todas sus inquietudes. Eso es lo más difícil de hecho en el sector público pasará mucho tiempo antes que se pueda implementar sistemas diferentes a eléctricos mucho tiempo porque el sistema público no está preparado para eso a nivel comunicativo

13. ¿Hubo problemas técnicos, económicos o logísticos específicos?

Yo no los he instalado directamente, pero debe haber sus detalles como en todo, no hay sistemas perfectos, ni hay construcciones perfectas en el sentido de que inconvenientes de toda índole desde doméstico hasta más propios de la ingeniería puede haber sin embargo es altamente recomendado.

14. ¿Qué tan complicado es el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar?

Necesita un mantenimiento especializado. No es cierto porque son tecnologías relativamente nuevas, el fabricante, el proveedor debe hacer un acompañamiento mientras se conocen todos los elementos de su funcionamiento, no seguir las guías de mantenimiento muy de cerca y también me parece obvio que como está recientemente introducido las empresas brindan suficiente soporte.

15. ¿Ha experimentado fallos o problemas técnicos con el sistema? Si es así, ¿cómo los ha solucionado?

16. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios de usar un sistema de riego automatizado con energía solar?

Sí, yo le digo esto de garantizar las facultades de los diseños hidráulicos, eso es bastante garantizar que los diseños hidráulicos funcionen como se han diseñado y eso a su vez trae una percepción de buen funcionamiento al cliente y a la comunidad para quien está funcionando este sistema digamos deja de ser un inconveniente.

17. ¿Ha notado alguna mejora en la calidad de sus cultivos o en la eficiencia general de su operación agrícola?

18. ¿Cree que hay oportunidades para expandir o mejorar el uso de sistemas de riego automatizado con energía solar en su región?

19. ¿Qué recomendaciones haría a otros agricultores que estén considerando adoptar este tipo de sistema?

Bueno lo principal que tengan la asesoría técnica necesaria, que busquen especialistas con alta responsabilidad y alto criterio que incluya la investigación. Eso es lo más importante y por supuesto que acuda a la experiencia, no trabaje con marcas experimentadas y que si está por decidirse que visite proyectos en ejecución con esta tecnología.

20. ¿Cómo compara el costo inicial y el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar con otros métodos de riego que ha utilizado?

21. ¿Considera que la inversión en este sistema ha sido rentable hasta ahora?

Hasta ahora para eso yo creo que quería acceder a datos de casos de estudio y la verdad no he tenido la posibilidad de hacer casos de estudio, Por supuesto que son rentables Porque por eso han tenido buena acogida en el Ecuador y en Sudamérica no que tienen una alta curva aceptable de costo beneficio.

22. ¿Qué sugerencias daría a los desarrolladores de estos sistemas para hacerlos más accesibles y eficientes para los agricultores?

23. ¿Qué apoyo adicional cree que sería útil (financiero, técnico, etc.) para maximizar los beneficios de estos sistemas?

Creo que será bueno contar con un buen diseño tanto hidráulico como agrícola, son dos partes fundamentales; los hidráulicos hacemos diseños de distribución, hidráulica para riego, pero los ingenieros agrícolas y agrónomos diseñan la eficiencia de los cultivos u orientación de los cultivos entonces Esas dos ingenierías se deben fundir eh armónicamente Para contar con un proyecto y luego apoyados por una tecnología que provea energía de buena calidad y buena cantidad pues gozaría éxito.

Entrevista estructurada #2

1. ¿Cuál es su nombre y ocupación?

Mi nombre es Luis Alejandro Bermeo Ortiz, profesor de ingeniería agrónoma, graduado de Universidad Técnica estatal en la facultad de ciencias agrarias, tengo la oportunidad de todavía estar cursando mi especialidad en temas de riego, ingeniería agrícola en sistemas de riego y drenaje

2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la agricultura?

Yo, comencé a vincularme de manera indirectamente en el ámbito agrícola aproximadamente desde los 20 años de edad. Eso quiere decir que ya tengo 12 años involucrado en el tema agrícola, en este caso en sistemas de riego y sistema de riego.

3. ¿Qué tipo de cultivos maneja principalmente?

En toda esta línea de experiencia que he podido obtener, he tenido la oportunidad de trabajar en banano, en plátano, en maíz, en arroz y ahora último en cacao, en Palma también entonces esos son los rubros que tengo algo de conocimiento y experiencia tanto en el tema de manejo agronómico y en el tema de implementación de sistemas de riegos para esos cultivos que te acabo de mencionar.

4. ¿Cuándo decidió implementar un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar en sus cultivos?

Bueno la pregunta es bastante amplia, te lo voy a mencionar de negocios Todo va a depender del escenario del proyecto, no porque hay escenarios que obviamente cuentan con energía hay otros que no cuentan con energía entonces es obviamente que en los lugares donde no se tiene energía eléctrica se tiende a proyectarse o implementar este tipo de sistemas con paneles solares, también va a depender del escenario o de la magnitud del proyecto. Porque si hablamos de un proyecto pequeño, es un escenario muy distinto si es un proyecto mediano otro escenario y si es un proyecto bastante grande un escenario bastante diferente entonces hay que considerar tres tipos de escenarios entonces en la experiencia que he tenido he podido trabajar en proyectos semi grandes donde sí efectivamente se ha podido implementar paneles solares para alimentar estaciones de Riego y computadores de riego para poder automatizar todo nuestro sistema.

5. ¿Qué lo motivó a elegir este tipo de sistema sobre otros métodos tradicionales?

Una por el tema de la sostenibilidad, entendemos que cuando generamos un sistema de riego que se alimenta con combustible ya sea diésel o sea gasolina entonces el consumo excesivo o el trabajo excesivo de un motor de riego va comenzar a generar mayor dióxido de carbono entonces siendo también o inclinando a la parte de responsabilidad y sostenibilidad para poder fomentar este tipo de nuevas prácticas agrícolas que sé que se está fomentando actualmente Entonces se tiende a utilizar este tipo de sistemas mulares para de una u otra forma también bajar es esa huella de Carbón de la que se habla y también para ser un poco considerado con el medioambiente porque las consecuencias de ser o de usar sistemas de riego de una manera no eficiente como actualmente se lo utiliza hay tendencias a generar cambios climáticos como como lo estamos viviendo actualmente entonces la sequía, el calentamiento entonces uno como profesional también tiene que entender esta parte y adaptarse a estos nuevos cambios de también ser admirable con el ambiente y enfocarse mucho en el tema de la sostenibilidad.

6. ¿Qué tan complejo fue el proceso de instalación del sistema de riego automatizado con energía solar?

Bien para hacer un proyecto de esta magnitud con paneles solares siempre se va a necesitar de un equipo ingenieros de diferentes profesiones o de diferentes ramas porque yo siempre he tenido el pensar que un proyecto grande, mediano o pequeño siempre se lo debe compartir con profesionales. Porque mientras más conocimiento tenemos, fluyen siempre ser un consenso bastante amigable y bastante real lo que uno quiere establecerse. Cuando Nosotros hemos hecho este tipo de trabajo siempre no hemos involucrado con ingenieros eléctricos

que se encargan de calcular el tema de Cuántos paneles deben que ir y nosotros nos encargamos en la parte hidráulica, el diseño hidráulico, el cálculo del motor eléctrico o el cálculo de la bomba, el cálculo de tubería esa es nuestra parte, pero la parte de cálculo De cuántos paneles solares se necesitarán sí tiene que ser un ingeniero eléctrico.

7. ¿Recibió algún tipo de capacitación o asistencia técnica durante la implementación?

Las capacitaciones generalmente se dan de una manera general, son la funcionabilidad del sistema, mantenimientos correctivos y preventivos.

8. Desde que implementó el sistema de riego automatizado con energía solar, ¿ha notado un cambio en la productividad de sus cultivos?

Un cambio así de manera inmediata visualmente no se puede observar pero quizás a mediano o a largo plazo se puede evaluar la cantidad de insectos que ayudan a la a la polinización o insecto natales el de la fauna en este caso de la localidad donde están trabajando porque al momento ya también de bajar ese impacto negativo en el medio ambiente la fauna comienza a demostrarse de una manera más visual, se podía decir o sea en qué sentido vas a tener mayor agente polinizadores que te van ayudar a tu cultivo, vas a tener mayor también microorganismos que te van a ayudar en el tema de descomposición de la materia porque estás bajando el tema del dióxido de carbono que también es un elemento que de una u otra manera afecta a estos tipos de insectos benéficos en la agricultura.

9. ¿Podría proporcionar ejemplos específicos de cómo ha mejorado la eficiencia del riego en sus cultivos?

Hay datos de que los motores eléctricos que trabajan con energía su eficiencia de trabajo un 95 al 100% a comparación de un motor a combustible que su eficiencia de trabajo está por los 75 a 80% entonces obviamente cuando tú generas este tipo de proyectos vas a notar una eficiencia en tu sistema de riego cuando hablo de eficiencia sistema de riego a qué me refiero, de que vas a tener una presión de trabajo, una presión de operatividad en tu sistema uniforme porque al momento de tener presiones uniformes vas a tener también láminas de agua uniforme tu coeficiente de uniformidad que es lo que se evalúa en sistema de riego va a estar por encima de los 92 93 95% a comparación que cuando tú tienes motores a combustible tu coeficiente uniformidad va a estar en valores inferiores. lo que te he mencionado va a estar Quizás por un 90 89 92 por y ahí no va a pasar por qué el motor también tiende como combustible siempre Hay ciertos momentos que su Revolución aumentan como pueden bajar en cambio diferencia de un sistema de un motor eléctrico con paneles solares su trabajo es continuo, es lineal no va a tener esa alteración de revoluciones o alteración de voltaje

Entonces eso tú lo puedes corroborar con el tema calculando tu coeficiente de uniformidad en base a la lámina de agua que estás aplicando.

10. ¿Ha observado algún cambio en el uso de agua desde la implementación del sistema de riego automatizado con energía solar?

11. ¿Cómo compara el uso de agua con este sistema en comparación con métodos de riego tradicionales?

Cuando nosotros implementamos un sistema de riego automatizado como en el caso que tú estás investigando obviamente cuando hablamos de automatización nos referimos a que un sistema calcule o que el mismo componente o la misma estación de riego tenga su controlador de riego, tenga su computadora matriz que es la que nos va a permitir calcular nuestra lámina de riego diaria entonces obviamente ¿qué vamos a tener con eso? 1- vamos a bajar el consumo de agua a comparación de los sistemas de riego tradicionales que normalmente aplican una lámina de riego o hacen trabajar sus sistemas de riego de una manera muy robótica, de una manera muy empírica Entonces no tienen un cálculo Real de lo que tienen que estar aplicando entonces comienzan a usar el recurso hídrico de una manera irresponsable a veces pueden consumir mayor cantidad de agua o a veces menor cantidad de agua a comparación de los sistemas de riego automatizado como su palabra lo dice todo tiene que estar automatizado entonces obviamente al ser automatizado vas a tener eficiencia y al tener eficiencia vas a tener optimización de recursos cuando hablamos optimización de recursos hídricos, mano de obra e inclusive gasto el factor económico Entonces por qué, porque así cuando tú tienes sistemas de riego que están adaptados a motores Al momento de tener esta alteración de trabajo vas a tener mayor incremento de trabajo, mayor consumo de combustible a comparación de los sistemas de riego automatizados conductores eléctricos que obviamente su trabajo es lineal va a bajar el costo de manera vas a bajar el costo de combustible porque Inclusive la energía es más económica que combustible Entonces es un es un cambio totalmente distinto pero que tiene indicadores bastante interesantes de evaluar que en agronomía Son indicadores que tienen gran importancia Por qué Porque en economía También tenemos que ver la parte económica en la parte de consumo ya que a largo plazo es rentable.

12. ¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentó al adoptar el sistema de riego automatizado con energía solar?

Yo creería que la pregunta Es bien interesante sabes, desafíos habrán muchos pero el desafío más grande se podría decir es tener el área suficiente para poder montar toda esta estructura

porque entendemos que para tener paneles solares no va necesitar un área pequeña, son áreas grandes que a veces puede ser una hectárea, 2 hectáreas, 3 hectáreas entonces cuando tú ya hablas de proyectos grandes entonces a mayor volumen o a mayor área significa que vas a tener motores con tamaños mayores y el momento de tener motores con este tipo de datos que estoy mencionando obviamente son motores que tienen Mayor caballaje Mayor HP de trabajo al tener motores más grandes vas a tener obviamente mayor paneles solares para poder captar la energía que ellos necesitan para poder trabajar también eso necesitarás tener las baterías donde vas a cargar siempre energía porque se necesita un recipiente para poder captar la energía transformada y que funcione entonces el gran desafío es llegar un consenso con la persona que desea implementar ese tipo de proyecto Y tratar de convencerlo que también va a necesitar un espacio bastante considerado para poder implementar y el tema del costo Porque si te pones a comparar quizás un sistema automatizado con paneles solares me voy a inventar Quiero instalar 100 hectáreas pero mi costo de inversión puede ser me voy a inventar medio millón de dólares pero si B un sistema de riego con motor a diésel tradicional me cuesta 10000,000 entonces obviamente los productores a veces se van también por la parte más económica pero no miran la parte de sostenibilidad responsabilidad es la parte de uno como técnico, como profesional de la materia tiene que tratar de enfocar entonces es tratar de tener el engagement, el convencimiento con el cliente para poder ejecutar ese es el desafío más grande el hacer que el productor cambie su perspectiva de ver la agricultura.

13. ¿Hubo problemas técnicos, económicos o logísticos específicos?

14. ¿Qué tan complicado es el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar?

No es un tema muy difícil tampoco es un rubro tan exagerado, en costo es manejable es fácil de realizar es un mantenimiento que se debería realizar todos los años antes de ingresar a la época de riego intensivo o sea antes de ingresar a la época seca, se comienza a hacer este tipo de mantenimientos tanto del sistema de riego, mantenimiento tanto del motor, mantenimiento tanto de estructura, mantenimiento de cableado, mantenimiento de panel de todo el conjunto que conforma el proyecto.

15. ¿Ha experimentado fallos o problemas técnicos con el sistema? Si es así, ¿cómo los ha solucionado?

16. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios de usar un sistema de riego automatizado con energía solar?

17. ¿Ha notado alguna mejora en la calidad de sus cultivos o en la eficiencia general de su operación agrícola?

18. ¿Cree que hay oportunidades para expandir o mejorar el uso de sistemas de riego automatizado con energía solar en su región?

El costo beneficio, esta es la parte donde uno tiene que trabajar, hacer entender el costo beneficio quizás puede ser inversión bastante costosa al inicio, pero a mediano, largo plazo sale bastante favorable implementar este tipo de sistema.

19. ¿Qué recomendaciones haría a otros agricultores que estén considerando adoptar este tipo de sistema?

Costo beneficio y productividad porque mientras somos más eficientes en agricultura donde somos comenzamos a utilizar las nuevas tecnologías, con la automatización vamos a poder producir el doble mientras más eficientes somos, más elevamos productividad y producción es lo que actualmente en esta época se busca aumentar producción, aumentar productividad Y ser rentable.

20. ¿Cómo compara el costo inicial y el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar con otros métodos de riego que ha utilizado?

21. ¿Considera que la inversión en este sistema ha sido rentable hasta ahora?

22. ¿Qué sugerencias daría a los desarrolladores de estos sistemas para hacerlos más accesibles y eficientes para los agricultores?

Tratar de ajustar los precios de implementación o los costos de proyectos a la realidad ecuatoriana sea al bolsillo del mediano y el pequeño productor claro o hacer un análisis de costo Y tratar de ajustar los precios a nuestra calidad porque ecuador es un país rico en agricultura tierra fértil pero no tenemos tecnología, no tenemos Innovación en campo pero a veces esa Innovación esa tecnología no llega a los pequeños y medianos productores o por el tema de inversión inicial entonces eso, mi consejo sería tratar de que estos proyectos lleguen a estos medianos y pequeños productores pero con precios acorde a nuestra realidad O sea que se ajusten a la realidad de los pequeños y medianos productores entendiendo que son un grupo, una comunidad que sus ingresos tampoco no son demasiadas elevadas ellos tratan de producir para poder subsistir y poder continuar en agricultura entonces ante eso tenemos que ser bastante también condescendientes y analíticos Y tratar de que nuestros proyectos se ajusten a la realidad y se ajusten a al precio o al bolsillo del agricultor.

23. ¿Qué apoyo adicional cree que sería útil (financiero, técnico, etc.) para maximizar los beneficios de estos sistemas?

Entrevista estructurada #3

1. ¿Cuál es su nombre y ocupación?

Mi nombre es Limburgo Macías Mendoza, soy ingeniero agrónomo y soy subdirector de recursos hídricos en el consejo provincial en el departamento de riego y drenaje.

2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la agricultura?

10 años

3. ¿Qué tipo de cultivos maneja principalmente?

Melón

4. ¿Cuándo decidió implementar un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar en sus cultivos?

5. ¿Qué lo motivó a elegir este tipo de sistema sobre otros métodos tradicionales?

El costo de producción.

6. ¿Qué tan complejo fue el proceso de instalación del sistema de riego automatizado con energía solar?

No, es complejo es rápido

7. ¿Recibió algún tipo de capacitación o asistencia técnica durante la implementación?

Tengo personas que directamente se encargan de la instalación del sistema.

8. Desde que implementó el sistema de riego automatizado con energía solar, ¿ha notado un cambio en la productividad de sus cultivos?

Realmente el cambio es porque en la zona no hay agua y lo que tiene es agua de Pozo entonces básicamente no tener agua al tener agua ya es otra cosa.

9. ¿Podría proporcionar ejemplos específicos de cómo ha mejorado la eficiencia del riego en sus cultivos?

Básicamente por el riego por goteo o sea porque al final se optimiza el agua

10. ¿Ha observado algún cambio en el uso de agua desde la implementación del sistema de riego automatizado con energía solar?

Realmente el agua en Manabí es salada entonces lo que tienes que hacer primero cuando la bombees es ponerle una represa para que descanse y ahí la parte de arriba sale, el problema del agua de pozo es que salobre entonces cuando tú le bombeas directo el cultivo no puedes hacer cultivos tipo melón, tienes que hacer cultivos tipo árboles o sea naranja, mandarina, limón pero no melón el rastrero no porque se contamina con la sal.

11. ¿Cómo compara el uso de agua con este sistema en comparación con métodos de riego tradicionales?

12. ¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentó al adoptar el sistema de riego automatizado con energía solar?

Las horas de sol porque hay momentos en los que está nublado y no es tan eficiente el panel.

13. ¿Hubo problemas técnicos, económicos o logísticos específicos?

Al momento de la implementación de este sistema básicamente el costo energético ese es el problema mayor.

14. ¿Qué tan complicado es el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar?

No es complicado, es solo un paño con agua y limpiar el panel también una de las desventajas de poner esos sistemas es el desconocimiento del mantenimiento por eso si tú me preguntas a mí yo te puedo decir cómo porque ya he estudiado, tengo ya años en esto, pero el agricultor no estudiado no sabría cómo hacerlo y la mayoría de nuestra gente es agricultura, gente de campo

15. ¿Ha experimentado fallos o problemas técnicos con el sistema? Si es así, ¿cómo los ha solucionado?

16. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios de usar un sistema de riego automatizado con energía solar?

17. ¿Ha notado alguna mejora en la calidad de sus cultivos o en la eficiencia general de su operación agrícola?

18. ¿Cree que hay oportunidades para expandir o mejorar el uso de sistemas de riego automatizado con energía solar en su región?

19. ¿Qué recomendaciones haría a otros agricultores que estén considerando adoptar este tipo de sistema?

20. ¿Cómo compara el costo inicial y el mantenimiento del sistema de riego automatizado con energía solar con otros métodos de riego que ha utilizado?

O sea, lo que se puede comparar ahí es que donde no hay agua y no hay energía es mucho más eficiente el panel solar, sea donde no hay energía es mucho más eficiente porque llevar la línea energía a tal punto es caro.

21. ¿Considera que la inversión en este sistema ha sido rentable hasta ahora?

Yo considero que sí, no a corto plazo, pero si a largo plazo.

22. ¿Qué sugerencias daría a los desarrolladores de estos sistemas para hacerlos más accesibles y eficientes para los agricultores?

Trabajarlo por etapa, la primera etapa que son estos 25 años conseguir financiamiento para que los paneles lleguen gratis y la siguiente etapa ya logras pagarlo o sea hay que implementarlos porque no tenemos energía en el país, lo que más hay en el país Ecuador son 12 horas de sol. Si tú te vas a Estados Unidos tienes 6 horas de sol, esa es la ventaja que acá tenemos 12 horas de sol.

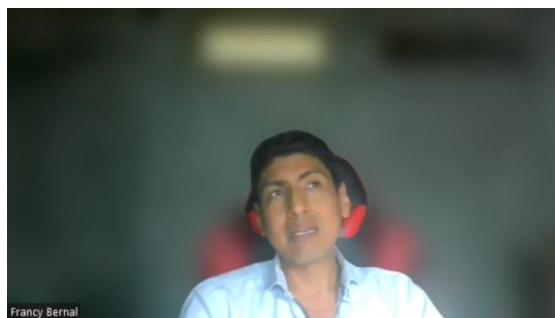
23. ¿Qué apoyo adicional cree que sería útil (financiero, técnico, etc.) para maximizar los beneficios de estos sistemas?

Subsidio a la compra de paneles.

Anexo 4. Encuentros vía zooms



Entrevista con el Ing. Luis Bermeo



Entrevista con Ing. Francy Bernal