

1. Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar e implementar un sistema agro-tecnológico que asegure la eficiencia y la automatización del riego en la producción de lechugas, esto asegurando un crecimiento saludable y sostenible del cultivo?

2. Planteamiento del problema.

Nuestro país enfrenta actualmente desafíos significativos relacionados con la falta de tecnificación en el sector agrícola, lo que genera ineficiencias en el proceso de riego y promueve prácticas poco óptimas y poco amigables con el medio, esto es aún más preocupante cuando consideramos que “Sólo se invierte 0,16% del PIB en investigación agropecuaria, es decir, la mitad del promedio continental y 17 veces menos que países desarrollados.” (Gómez, 2005)

Es preocupante, este escaso nivel de inversión, ya que conduce a un retraso agroindustrial considerable y resultando en una pérdida significativa de capital dilatando el desarrollo para el país. Según información del (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2017): “el sector agropecuario representa el 6,6% del PIB y contribuye con el 15% del empleo del país, estos datos subrayan la urgencia de aumentar la inversión en esta industria.” Es importante reconocer la importancia de la inversión e investigación en este sector, para poder proponer herramientas y mecanismos útiles a nuestros campesinos, y conseguir que nuestro país se posicione a la vanguardia en este sector, facilitando el crecimiento económico tanto para los productores como para el país.

Según un estudio realizado por la Universidad de Puerto Rico, “El agua del suelo, al igual que la temperatura, la radiación solar y la evaporación es un factor importante que afecta la producción de las cosechas” (Martínez, 2013) por lo tanto es crucial destacar que la falta de sistematización en el proceso de riego impide la precisión y adecuación del sistema a las condiciones ambientales del momento. Esta falta de precisión puede resultar en uso excesivos de agua, generando costos innecesarios y el derroche de recursos naturales.

Según la (Instituto Agrícola de México, 2019) La carencia de un sistema de riego puede generar encharcamientos, produciendo asfixia en cultivos tales como el repollo. La ausencia de automatización puede resultar en falta de control sobre malas hierbas, aumentando el tiempo de riego manual. Además, la carencia de un sistema automatizado puede provocar desperdicio de fertilizantes y una distribución irregular de agua y nutrientes.

El anterior planteamiento destaca las complicaciones generadas por la falta de riego desmedido o excesivo, que puede generar complicaciones en las que destaca los encharcamientos de los cultivos, comprometidos con el desarrollo óptimo del cultivo. El exceso de humedad no solo puede generar asfixia, sino que puede generar un entorno propicio para el desarrollo de enfermedades y la proliferación de patógenos. Por otra parte, la excesiva humedad acumulada en el cultivo podría dificultar la prevención del crecimiento descontrolado de malas hierbas. En este contexto, resulta fundamental reconocer que el método manual obstaculiza la precisión durante el riego, lo que conlleva a ineficiencias en el proceso al utilizar de manera desproporcionada los recursos disponibles, tales como tiempo, esfuerzo y recursos naturales.

La agricultura desempeña un papel crucial en el consumo global de agua: “La agricultura representa casi el 70% de todas las extracciones de agua y hasta el 95% en algunos países en desarrollo.” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019). Esta dependencia del agua en agricultura denota la importancia de este recurso. En muchos casos, la ineficiencia en el proceso de riego compromete la sostenibilidad y productividad de cultivo.

3. Objetivos.

3.1 Objetivo General:

Desarrollar un sistema agro-tecnológico que garantice la eficiencia y la automatización del riego en la producción de repollos.



3.4 Objetivos específicos:

- Investigar las condiciones óptimas para el crecimiento de la lechuga, considerando factores como suelo, y la humedad.
- Prototipar un sistema riego automatizado que gestione los recursos de manera óptima
- Evaluar el crecimiento de la lechuga y sus condiciones, comprobando su eficiencia y rendimiento del sistema implementado.



4. Estado del Arte

4.1 Introducción

En el siguiente texto se aborda la investigación sobre la **automatización del riego en el cultivo de lechugas**. Ya que, estos procesos representan un avance importante para la agricultura en la actualidad; Así pues, este estudio busca discutir acerca de los sistemas agro-tecnológicos diseñados para este propósito, con el objetivo de conocer y determinar: la importancia en la optimización de recursos, la mejora de la productividad y la promoción de prácticas sostenibles en la producción de lechugas.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una planta de la familia Asterácea, reconocida por su riqueza en elevadas dosis de vitaminas A, B1, B2, C y E, y por contener minerales como potasio y hierro. La duración de cultivo suele variar entre los 50 y 80 días, desde el momento de la siembra hasta la etapa de cosecha, siendo este período variable según el tipo de lechuga cultivada y las condiciones específicas de crecimiento. Un Factor que le suma importancia es la facilidad de cultivo y los costos que estos implican, “La lechuga es uno de los cultivos de hortalizas de hoja más importantes económicamente en el mundo” (Soldatenko et al., 2018)

Además de reconocer sus propiedades nutricionales, es importante destacar que la lechuga se cultiva ampliamente en todo el mundo por su versatilidad en el ámbito culinario, utilizada en gastronomía mundial. Asimismo, se destacan por adaptarse a una amplia gama de climas y condiciones geológicas. Según datos proporcionados por la FAO en 2017, se estima que la producción de lechugas abarcaba más de 106 países en todo el mundo. Entre estos países se

encuentran: China, India, Estados Unidos, España e Italia estos destacan por sus indicadores de producción, contribuyendo con más del 1% del rendimiento bruto global.

4.2 Tipos de Lechugas:

Existen una amplia variedad de lechugas, cada una con sus propias características y aplicaciones culinarias. Entre las más populares están: la lechuga iceberg, la romana, la lollo rosso, la lechuga hoja de roble y la lechuga Batavia. Estas varían en sabor, textura y aspecto visual.

Por ejemplo, la lechuga iceberg es conocida por su crujiente textura y su capacidad para retener aderezos, mientras que la lechuga romana es ideal para envolver alimentos debido a sus hojas largas y flexibles.

Según un estudio de (VILLARREAL, 2015) de la facultada de Agronomía de la Universidad Agraria La Molina en Perú, se destaca que los cultivares de lechuga se pueden clasificar según los siguientes tipos de lechuga:

4.2.1.1 **Lechuga Iceberg:** Con hojas crujientes y compactas.

4.2.1.2 **Lechuga Romana:** Con hojas largas y crujientes.

4.2.1.3 **Lechuga Lollo Rosso:** Con hojas rizadas y un color rojo intenso.

4.2.1.4 **Lechuga Escarola:** Con hojas anchas y ligeramente amargas.

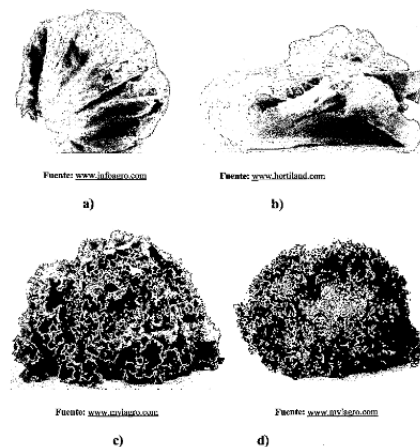


Figura 1.- Tipos de Lechuga: a) Iceberg. b) Romana. c) Escarola. d) Lollo Rosso.

Figura 1 Tipos de lechugas A) iceberg. B) Romana. C) Escarola. D) Lollo Rosso. por VILLARREAL. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/948>

En este mismo estudio también se reconocen las propiedades y usos de las lechugas:

4.2.3.5 **Beneficios y propiedades:** las lechugas son ricas en fibra, vitaminas y minerales. Son una excelente opción para promover la salud digestiva, su alto contenido de agua las hace refrescantes y una buena opción para mantenerse hidratado

4.2.3.6 **Medicina tradicional:** se les atribuyen propiedades diuréticas y antiinflamatorias, se utilizan en remedios caseros para tratar dolencias como la inflamación y la retención de líquidos.

4.2.3.7 **Ámbito cosmético:** las lechugas se pueden usar en mascarillas faciales caseras por su contenido de antioxidantes y vitaminas que pueden revitalizar la piel.

4.2.3.8 **Industria farmacéutica:** se han realizado investigaciones sobre el potencial de ciertos compuestos presentes en las lechugas para desarrollar medicamentos que combatan distintas enfermedades.

4.2.3.9 **Colorantes naturales:** algunas variedades de lechuga, como la lollo rosso, pueden utilizarse para agregar color a platos y bebidas de forma natural, porque contienen pigmentos que van desde el verde intenso hasta el rojo violáceo.

4.3 Como se cosecha las lechugas:

Los métodos automatizados de producción de lechugas han modernizado la agricultura permitiendo una mayor eficiencia y sostenibilidad. Algunos métodos de cultivo son los siguientes:

4.3.1 **Cultivo Hidropónico:** En este sistema, las lechugas se desarrollan sin la necesidad de estar cultivadas en la tierra; En lugar de ello, se utilizan soluciones nutritivas que contienen todos los elementos esenciales para el crecimiento de las hortalizas. Además de permitir controlar algunos factores como: la luz, la temperatura y los nutrientes para maximizar el rendimiento y la calidad de las lechugas. Esta metodología permite su implementación, tanto en invernaderos como en entornos urbanos, lo que demuestra su versatilidad y potencial sostenible en diferentes contextos. (Ortiz et al., 2018)

4.3.2 **Invernaderos inteligentes:** Estos invernaderos emplean sensores y algoritmos que permiten monitorear y ajustar las condiciones ambientales. Los factores como la iluminación, la humedad, la temperatura y el riego se controlan y regulan automáticamente, esto permite tener un cultivo más eficiente en la producción y crecimiento de las lechugas. (Aguila, 2020)

4.3.3 **Robots cosechadores:** Los robots están diseñados para cosechar lechugas de manera precisa, eficiente y rápida. Estos dispositivos emplean técnicas avanzadas para identificar con precisión el punto óptico de corte en el tallo de la lechuga, así como para eliminar las hojas exteriores y exponer adecuadamente el troncho (Tallo de las hortalizas). Este proceso permite garantizar una cosecha de alta calidad, minimiza los daños en las plantas y optimiza los procesos del campo. (Birrell et al., 2019)

Esto en pocas palabras: “automatizar el proceso de producción de las lechugas, mejora la eficiencia, la calidad y convierte a este en un proceso sostenible, contribuyendo además a una alimentación más saludable y a la protección del medio ambiente.”

4.4 Métodos Automatizados de Riego

Los métodos utilizados para la automatización en el de riego en cultivos de lechuga, han evolucionado en el sector agrícola a través del tiempo, modernizando así este medio, permitiendo un mayor control en el riego. Algunos de los métodos automatizados más ampliamente utilizados son:

- 4.4.1 **Riego por goteo:** Es el sistema más utilizado para el riego de lechugas y vegetales. En este sistema, el agua se suministra directamente a las raíces de la planta a través de tubos y goteros. Esta técnica permite un suministro continuo de agua lo largo del ciclo de cultivo, manteniendo el suelo en su capacidad de retención de humedad óptima, evitando la formación de charcos y garantizando la entrega precisa de agua y nutrientes, lo que minimiza los errores y desperdicios. (Regaber, 2022)
- 4.4.2 **Control automático de riego por aspersión:** “Implica el uso de aspersores que distribuyan el agua en un área determinada. Estos se activan automáticamente a través de señales cuando la humedad del suelo desciende del umbral preestablecido.” (Liu, Zhigang et al, 2018)

Estos sistemas automatizados tienen como objetivo el optimizar el uso del agua para evitar desperdicios innecesarios, mejorar la calidad del cultivo y contribuir a una un proceso agrícola más sostenible.


4.5 Sistemas Automatizados agropecuarios

Un sistema automatizado agropecuario es aquel que proporciona agua y nutrientes a los diferentes tipos de cultivo. Con el tiempo, el sector agrícola ha experimentado una evolución significativa, dando lugar a cultivos y metodologías más eficaces. Entre ellas, existen automatizaciones como: los robots autodirigidos, cosechadores automático, recolector de fruta autónomo, robot de pulverización automático, robots de supervisión y mantenimiento y drones aéreo de supervisión, control de plagas y fumigación con visión artificial. Se permite evidenciar una amplia variedad de tipos de sistemas automatizados en el sector agropecuario. Se hablará de sus usos en este sector para comprender por qué representan una alternativa valiosa para el cultivo de alimentos o plantas.

En un estudio llevado a cabo por (Nowak, 2021), se caracteriza a los sistemas automatizados agropecuarios en los siguientes tipos:

- 4.5.1 **Sistema de riego y nutrientes automatizados:** Este sistema busca garantizar la distribución adecuada en las cantidades agua y nutrientes que se le proporcionan a los cultivos. Al ser este automatizado, asegura una distribución uniforme y eficiente a la vez de recurso, lo que lo hace altamente eficaz al evitar el desperdicio de agua y nutrientes.
- 4.5.2 **Robots autodirigidos:** Estos robots están diseñados para llevar a cabo tareas de siembra. Estos robots son autónomos, lo que significa que están

programados para operar sin intervención humana directa. Esta característica aumenta su eficiencia y reduce la dependencia de la mano de obra humana en las operaciones agrícolas.

- 4.5.3 **Robot cosechador automático y recolector de fruta autónomo:** Estos robots están diseñados para cosechar cultivos de una forma precisa y eficiente. Su función principal es la de minimizar de manera efectiva el riesgo de daño en los productos agrícolas y agilizar el proceso de cosecha y recolección.
- 4.5.4 **Robot de pulverización automático:** Estos robots están equipados con sistemas de pulverización que les permite aplicar pesticidas  fertilizantes de forma precisa y controlada. La automatización de este proceso tiene el beneficio de reducir de manera efectiva la exposición de trabajadores a productos químicos y minimizar el desperdicio de los insumos.
- 4.5.5 **Robots de supervisión y mantenimiento:** Están diseñados para monitorear el estado de los cultivos y detectar cualquier problema que pueda surgir. Además, estos robots, también pueden llevar a cabo tareas de mantenimiento para garantizar un crecimiento saludable de los cultivos.
- 4.5.6 **Dron aéreo de supervisión, control de plagas y fumigación con visión artificial:** Este dispositivo proporciona una vista aérea de los campos y utiliza tecnología de visión artificial para identificar zonas afectadas por agentes externos como lo son las plagas o enfermedades. Esto permite dar una respuesta rápida y precisa evitando de esta manera su propagación de la problemática.

En resumen, estas tecnologías automatizadas ofrecen una serie de beneficios para el sector agrícola, que incluyen una mayor eficiencia operativa, una producción más sostenible y una reducción de la dependencia de la mano de obra manual. Al integrar estas soluciones en las prácticas agrícolas, los agricultores pueden mejorar su productividad y rentabilidad mientras minimizan su impacto ambiental.

5. Conclusiones

En conclusión, para diseñar e implementar un sistema agro tecnológico que asegure la eficiencia y la automatización del riego en la producción de lechugas, es fundamental tener en cuenta los desafíos actuales de los diferentes sectores agrícolas, en el que se destaca la falta de tecnificación y la escasa inversión en investigación. La automatización del riego no solo optimiza el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, sino que también mejora la precisión y la salud de los cultivos, reduciendo el impacto ambiental y aumentando la productividad de las lechugas. La integración de las tecnologías como el riego por goteo y sistemas de monitoreo automatizado ofrece una solución sostenible y eficiente para el cultivo de lechugas, contribuyendo al desarrollo económico y ambiental del país.

Por otro lado, el desarrollo de un sistema agro tecnológico para el riego automatizado de lechugas no solo tiene los problemas de ineficiencias en el sector agrícola, sino que también promueve prácticas más sostenibles y rentables. Al utilizar tecnologías como sensores de humedad, sistemas de riego por goteo y robots cosechadores, se puede garantizar un crecimiento saludable y sostenible de los cultivos de las lechugas, lo que beneficia a los productos como al medio ambiente.

Es importante aumentar la inversión en investigación y desarrollo en el sector agrícola para impulsar la implementación de estas soluciones innovadoras y promover un crecimiento económico más equitativo y sostenible.

En la siguiente grafica se evidencia la siguiente gráfica la cual muestra las diferentes exportaciones de ciudades de España el cual es el país con 42 % de exportación mundial de lechuga




(Figura 2. Principales Provincias exportadoras de lechuga Tomado de Revista Mercados.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/948>)

Entre los diez países más importantes, únicamente España supone el 42% de las exportaciones en nuestro planeta, lo que refleja un aumento del 51% y 216.070 Tm en los últimos 10 años. Los tres países más exportadores suponen el 69%, entre los que se encuentran además de España, Eslovenia con un aumento en la última década del 58.160% y México con un incremento del 156%.

6. Posibles Soluciones

- 6.1.1 **Implantación de sistemas de automatización de riego inteligente:** Este planteamiento involucra el diseñar de un sistema de riego que utilicen tecnologías inteligentes para monitorear y controlar el riego de manera eficiente y precisa. Los sistemas de riego inteligentes pueden incluir sensores de humedad del suelo y controladores que recopilan la información en tiempo real sobre las condiciones del suelo. Estos datos se utilizan para determinar automáticamente el riego según las necesidades específicas de los cultivos.
- 6.1.2 **Desarrollo de dispositivos de irrigación precisos:** Diseñar y fabricar un dispositivo de irrigación de agua que permita la precisión y la eficiencia, emisores de agua a precisión. Estos dispositivos pueden ser integrados en sistemas de riego por goteo o microaspersión para asegura la distribución uniforme del agua y minimizar las pérdidas por evaporación y esorrentía. 
- 6.1.3 **Desarrollo de sistemas de riego basados en energías renovables:** Diseñar un sistema de riego que utilicen fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, para alimentar las bombas y otros equipos necesarios para el riego.

Referencias:



- Aguila, N. E. (2020). Diseño de un sistema inteligente para el control automatizado de invernaderos. *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*.
- Azud. (2022). Riego por goteo de la lechuga - AZUD.
- Barron. (2017). Sistema automatizado de cultivo hidropónico de.
- Birrell Simon, H. C. (2019). A Field Tested Robotic Harvesting System for Iceberg Lettuce. *Journal of Field Robotics*.
- Gomez, M. (2005). *Industria Agropecuaria*.
- Instituto Agrícola de México. (2019). Ventajas y desventajas del riego por goteo. *Editorial Informativo Agrícola de México*.
- Liu, Zhigang et al, . (2018). An Automatic Irrigation Control System for Soilless Culture of Lettuce.
- Martínez, P. L. (2013). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo*. Puerto Rico: Recinto Universitario de Mayagüez.
- Ministerio de Agricultura de Colombia. (2017). Sector Agropecuario. *Marco Nacional de Cualificaciones*, 17.
- Nowak. (2021). Precision Agriculture: Where do We Stand? A Review of the Adoption of Precision Agriculture Technologies on Field Crops Farms in Developed Countries. *Agric Res*, 10, 515–522.
- Oliveira, M. S. (2021). Advances in Agriculture Robotics: A State-of-the-Art Review and Challenges Ahead. *Robotics*.
- Organizacion de las Naciones Unidad Para la Alimentacion y la agricultura. (2019). *Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo*. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1185408/>
- Otriz, A. P. (2018). Desarrollo de un cultivo hidropónico de lechugas automatizado tipo flujo y reflujo, con solución nutritiva y utilizando un sustrato vegetal, en la Fundación Cultivos de Amor ubicada en Belén San Bernardo municipio de Medellín. *Institucion Universitaria*.
- Proain. (2020). MANEJO DEL RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA.
- Regaber. (2022). SISTEMA DE RIEGO DE LA LECHUGA. *Regaber*.
- VILLARREAL, O. J. (2015). UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca saliva*) BAJO CONDICIONES DEL VALLE DEL RÍMAC, LIMA. *UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA* , 11-12.