

# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



## TESIS

---

**“Comparación de dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023”**

---

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN  
INGENIERÍA, CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORA: Cárdenas Abal, Lilian Adela

ASESOR: Zacarías Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2025

# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Contaminación Ambiental  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Maestra en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74436734

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114

# D

# H



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 15:00 horas del día lunes 7 del mes de abril del año dos mil veinticinco, en el auditorio de la facultad de ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de maestría y doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

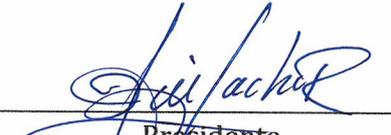
- Dr. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- Mg. FRANK ERICK CAMARA LLANOS
- Mg. SIMEON EDMUNDO CALIXTO VARGAS

Nombrados mediante RESOLUCIÓN N°144-2025-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada **“COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEO (SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO) PARA OPTIMIZAR LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN UN SUELO AGRÍCOLA, YARUMAYO, HUÁNUCO - 2023”**. Presentado por la Bach. **CARDENAS ABAL Lilian Adela**, para optar el grado de Maestro en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

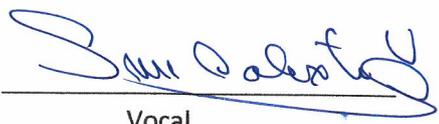
Dicho acto de sustentación se desarrolla en dos etapas: exposición y absolución de preguntas procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros de jurado.

Habiéndose absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias procedieron a deliberar y calificar, declarándolo **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con calificativo cuantitativo de **17** y cualitativo de **Muy BUENO**.

Siendo las **16:10** horas del día lunes 7 del mes de abril del año dos mil veinticinco, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

  
Presidente  
Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas  
Orcid id: 0000-0001-7920-1304  
Dni: 40895876

  
Secretario  
Mg. Frank Erick Cámara Llanos  
Orcid id: 0000-0001-9180-7405  
Dni: 44287920

  
Vocal  
Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas  
Orcid id: 0000-0002-5114-4114  
Dni: 22471306



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LILIAN ADELA CÁRDENAS ABAL, de la investigación titulada "Comparación de dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023", con asesor(a) HÉCTOR RAÚL ZACARÍAS VENTURA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 239-2023-D-EPG-UDH del P. A. de MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 25 de febrero de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 26. Lilian Adela Cárdenas Abal.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[bibliotecas.unsa.edu.pe](http://bibliotecas.unsa.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[distancia.udh.edu.pe](http://distancia.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

4

[doi.org](http://doi.org)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

Dedico con todas mis fuerzas al divino creador DIOS, por ser mi guía, luz, camino y a mis padres por su invaluable apoyo, el cual ha sido fundamental para la exitosa finalización de mi tesis de posgrado y, durante este trayecto porque fueron mi motivo y estrella en cada paso y escala.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo manifestar mi profunda gratitud hacia todos aquellos que han sido pilares esenciales a lo largo de mi vida. Primero, a Dios, cuya presencia luminosa y constante ha guiado cada uno de mis pasos, convirtiendo este logro en una realidad. A mis queridos padres Muñante y Olga, por ser el tesoro más preciado que tengo, les debo mi gratitud eterna por su generosidad y dedicación para encaminarme siempre hacia lo correcto.

A mis adorables hermanas, Leidy Alexandra y Marlith Yessina, su amor y apoyo incondicional han sido el motor durante este camino y por ello estoy infinitamente agradecido. A mi tía Ítala, quien ha sido como una segunda madre para mí, y a mis abuelas Eusebia y Nélide, su amor incondicional es un regalo invaluable que siempre aprecio.

También quiero recordar con cariño a mi hermana Leydi Adelina, nuestra querida angelita que, aunque no esté presente físicamente, su espíritu nos cuida desde el más allá. Que en paz descanse. Asimismo, mil gracias a la Universidad de Huánuco, a los profesores de la maestría y al Dr. Héctor Raúl Zacarías Ventura como asesor, por su invaluable apoyo y dedicación durante la ejecución de mi tesis, su dedicación y conocimiento han sido cruciales en este proceso. Gracias a todos por ser parte esencial de este importante capítulo en mi vida.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVO.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2. BASES TEÓRICAS .....	23
2.2.1. TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEÓ.....	23

2.2.2. HUELLA HÍDRICA AZUL .....	34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	41
2.4. HIPÓTESIS.....	43
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	43
2.5. VARIABLES.....	43
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	43
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	43
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
CAPÍTULO III.....	45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	45
3.1.1 ENFOQUE .....	45
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	45
3.1.3. DISEÑO.....	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	46
3.2.1. POBLACIÓN.....	46
3.2.2. MUESTRA.....	46
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.....	47
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	
48	
CAPÍTULO IV.....	50
RESULTADOS.....	50
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	50
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	55
CAPÍTULO V.....	59
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	59
CONCLUSIONES .....	62

RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos y categorías del índice del uso de agua (IUA) .....	36
Tabla 2 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	47
Tabla 3 Determinación de la huella hídrica azul – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	51
Tabla 4 Determinación de la demanda de agua – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	52
Tabla 5 Determinación de la humedad del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	53
Tabla 6 Determinación de la temperatura del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2).....	54
Tabla 7 Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	57
Tabla 8 Prueba de Hipótesis (ANOVA) – Riego por goteo (tipo 1 y 2).....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evaluación de la huella hídrica .....	48
Figura 2 Distribución de puntos de medición – Riego por goteo superficial (tipo 1).....	50
Figura 3 Distribución de puntos de medición – Riego por goteo subterráneo (tipo 2).....	51
Figura 4 Determinación de la huella hídrica azul – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	51
Figura 5 Determinación de la demanda de agua – Riego por goteo (tipo 1 y 2) .....	53
Figura 6 Determinación de la humedad del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2).....	53
Figura 7 Determinación de la temperatura del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2).....	54

## RESUMEN

La investigación científica se desarrolló para comparar las dos técnicas en riego por goteo como la superficial y el subterráneo, para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco–2023. La elección del paradigma cuantitativo, combinada con un enfoque explicativo causal y diseño comparativo experimental longitudinal, fue adecuada para el presente estudio debido a la necesidad de probar en un entorno controlado.

Este tipo de metodología permite recopilar datos concretos y medibles que facilitan la comparación y el análisis sistemático de los resultados. La delimitación de parcelas de 30 m<sup>2</sup> para cada grupo experimental, tanto superficial como subterráneo se garantizó un control preciso de las variables que afectaban el crecimiento y comportamiento del cultivo en condiciones específicas.

Los resultados demuestran que ambas técnicas en zigzag optimizan eficazmente el área de aplicación, manteniendo un margen de error estadísticamente aceptable entre 6.25% y 12.50% en los bordes. Ambos sistemas presentan similares demandas de agua, pero el subterráneo mejora la humedad del suelo, mientras que el superficial es más a para regular la temperatura (Tabla 4, 5 y 6).

Finalmente; el presente estudio comparativo concluye que; existe una diferencia entre la (Huella Hídrica Azul) (Lt/Kg) Tipo 1 (Superficial) y Tipo 2 (Subterránea). Por ello; brinda diferencias entre el riego por goteo superficial ( $x_{hh1} = 118.30 \pm 10.63 \frac{Kg}{Kg}$ ) y subterráneo ( $x_{hh2} = 197.68 \pm 12.80 \frac{Kg}{Kg}$ ), es evidente que  $\bar{x}_{hh1} \ll \bar{x}_{hh2}$  (Tabla 3), lo que confirma que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 40.16%, en la distribución de agua.

**Palabras clave:** Demanda de agua, humedad del suelo, temperatura del suelo, riego por goteo, superficial y subterránea.

## ABSTRACT

The scientific research was developed to compare the two techniques in drip irrigation such as surface and subsurface, to optimize the blue water footprint in an agricultural soil, Yarumayo, Huánuco-2023. The choice of the quantitative paradigm, combined with a causal explanatory approach and longitudinal experimental comparative design, was appropriate for the present study because of the need to test in a controlled environment.

This type of methodology allows for the collection of concrete and measurable data that facilitate comparison and systematic analysis of the results. The delimitation of 30 m<sup>2</sup> plots for each experimental group, both above and below ground, guaranteed a precise control of the variables affecting the growth and behavior of the crop under specific conditions.

The results show that both zigzag techniques effectively optimize the application area, maintaining a statistically acceptable margin of error between 6.25% and 12.50% at the edges. Both systems present similar water demands, but the subsurface system improves soil moisture, while the surface system is more effective in regulating temperature (Table 4, 5 and 6).

Finally; the present comparative study concludes that there is a difference between the (Blue Water Footprint) (Lt/Kg) Type 1 (Surface) and Type 2 (Underground). Therefore; it provides differences between surface drip irrigation ( $\bar{x}_{hh1} = 118.30 \pm 10.63 \frac{Lt}{Kg}$ ) and underground drip irrigation ( $\bar{x}_{hh2} = 197.68 \pm 12.80 \frac{Lt}{Kg}$ ), it is evident that  $\bar{x}_{hh1} \ll \bar{x}_{hh2}$  (Table 3), which confirms that surface drip irrigation is better by (-) 40.16%, in water distribution.

**Keywords:** Water demand, soil moisture, soil temperature, drip irrigation, surface and subsurface.

## INTRODUCCIÓN

El recurso vital que es el agua para la agricultura y la sostenibilidad de los ecosistemas, y su gestión eficiente es crucial en un mundo donde la escasez hídrica se ha convertido en un problema cada vez más apremiante. La huella hídrica, que mide el consumo directo e indirecto del agua en la producción de bienes y servicios, se ha presentado como una herramienta fundamental para evaluar la repercusión ambiental de las actividades humanas. La huella de agua azul, o la parte de la huella de agua que se refiere a la cantidad de agua dulce utilizada durante la producción, puede mejorarse en esta situación poniendo en práctica sistemas de riego eficaces como el riego por goteo, tanto superficial como subterráneo.

A pesar de los beneficios evidentes en el riego por goteo en la optimización del uso del agua, la medición precisa de su efectividad enfrenta una serie de desafíos. La demanda de agua en los cultivos es influenciada no solo por las prácticas de riego, sino también por variables ambientales como la temperatura y la humedad del suelo que son determinantes en el desarrollo de las plantas. La dificultad para medir estas variables de manera confiable puede llevar a una sobreestimación de la verdadera demanda hídrica, afectando así la evaluación del impacto del riego por goteo en la huella hídrica. Por ejemplo, la variabilidad en la humedad del suelo puede ser mayor en zonas donde se implementan diferentes tecnologías de riego, evidenciando la necesidad de un monitoreo sistemático y riguroso.

Esto resalta lo relevante de abordar de manera integral la interacción entre la técnica de riego utilizado y las condiciones ambientales. Esta investigación se propone analizar y cuantificar cómo la implementación de riego por goteo puede contribuir a una reducción efectiva en la huella hídrica azul, a la par que se estudian las limitaciones en la medición de la demanda hídrica, la temperatura y la humedad del suelo.

El propósito principal de este estudio fue comparar las dos técnicas en el riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco–2023.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel internacional; menciona Franco (2018) que los sistemas de riego deben optimizar la gestión para maximizar la productividad de los cultivos, los recursos hídricos y los elementos técnicos, mejorando la competitividad y rentabilidad de las operaciones agrícolas. El riego adecuado es crucial para el aumento óptimo de las plantas, siendo un elemento esencial para el éxito agrícola. Además, existen varias técnicas de riego para aumentar el rendimiento, como el riego superficial, riego por goteo y microaspersión para disminuir las pérdidas económicas de los agricultores, se requiere implementar tecnología y seleccionar las mejores cintas de riego por goteo para reducir los costos de producción, aumentar los rendimientos y mejorar la rentabilidad empresarial (Franco, 2018).

Según Azud (2019) El mantenimiento y la gestión adecuados de los sistemas de riego tienen una repercusión positiva en la eficiencia y duración del sistema de riego. En consecuencia, este mantenimiento y gestión contribuye a obtener beneficios económicos. Necesitas un plan de mantenimiento organizado y pautas de gestión para obtener estos buenos resultados, menciona (Azud, 2019).

Según Mancero (2020) el análisis en la huella hídrica es esencial para abordar la creciente escasez del agua y optimizar la gestión sostenible del consumo hídrico. Tanto servicios como productos que implican el agua consumida y contaminada a lo largo del tiempo.

La Huella Hídrica (HH) se compone de tres elementos clave, los cuales se necesitan para calcular el valor mencionado, es decir: la Huella Hídrica Azul representa el volumen de agua dulce superficial o subterránea utilizada; la Huella Hídrica Gris estima la cantidad de agua necesaria para diluir contaminantes y la Huella Hídrica Verde destaca el uso de agua de lluvia, una fuente renovable, que se evapora o se incorpora (Mancero, 2020).

A nivel nacional como en diversos países de Latinoamérica, Reckmann et al.(2022) explica que, el cambio climático ha devastado la región recientemente sobre la sequía que está afectando negativamente a los productores ganaderos debido a la escasez de agua, lo cual perjudica la reproducción y producción del ganado y una opción para disminuir esto es crear sistemas eficientes de riego y conservación del agua, adaptables a las posibilidades económicas y técnicas de los agricultores. Por ende, es necesario que los agricultores utilicen de modo eficiente y efectiva el agua de riego para lidiar con el cambio climático y poder cubrir el 85% de la necesidad de agua para sus cultivos, en conjunto, la producción de forraje artificiales se ha vuelto comercialmente viable (Reckmann et al.,2022).

Liotta et al.(2015) mencionan que el riego por goteo optimiza el uso del agua al distribuir pequeñas cantidades de manera uniforme, mejorando la eficiencia hídrica en los cultivos. Al usar el agua directamente en el espacio radicular de las plantas, esta tecnología minimiza el desperdicio y maximiza el uso eficiente del recurso, promoviendo un ahorro significativo de agua, es una técnica eficaz en optimizar el uso del agua en la agricultura, permitiendo una distribución precisa y uniforme bajo presión, como también, estos riegos son llamados puntuales ya que, solo humedecen el suelo necesario para el crecimiento del cultivo. Permite regar diariamente o de forma periódica según las necesidades del cultivo y el suelo, la frecuencia del riego disminuye el riesgo de estrés hídrico y favorece la evolución de las plantas al mantener la humedad del suelo en niveles óptimos (Liotta et al., 2015).

En la ciudad de Huánuco, Alvarado (2019) señala que, la disponibilidad de agua dulce es adecuada a nivel global, pero su distribución es desigual y hay cada vez más escasez preocupante.

Una posibilidad es de trabajar en la evolución e implementación de sistemas de riego modernos y otras soluciones, con incentivos adecuados, para reducir el consumo de agua en la agricultura, donde el riego por goteo es un sistema tecnificado introducido en el Perú debido a su alta eficiencia optimiza el uso de recursos al aplicar agua y fertilizante directamente a las raíces, mejorando así el crecimiento de los cultivos. Mantiene una alta

frecuencia cuando es absolutamente necesario y en el momento adecuado (Alvarado, 2019).

Espinoza (2019) dice que la huella hídrica agrícola nacional es el 90%, destacando la necesidad de una gestión sostenible del agua en el sector agrario. Su investigación se enfoca en la eficiencia del agua, impacto ambiental y oportunidades de mejora.

El obstáculo no es la escasez sino, la disponibilidad, ya que la mayor parte del agua se encuentra en una forma o ubicación que no permite que se trate, ya que el agua superficial de ríos, lagos y otras formas solo representa el 1,2 % del total de agua en la tierra y el 70% de la agricultura a nivel global utiliza esta agua (Espinoza, 2019).

La producción alimentaria requiere entre 2000 y 5000 litros de agua por persona al día, dado que solo el 40% del agua dulce es consumida.

A todo esto; se puede observar la escasez de agua en el distrito de Yarumayo, en los meses de verano de mayo a setiembre ya que, en época de invierno usan el agua irracionalmente en el sector agrícola (desperdician). No cuentan con pozos cubiertos de geomembranas, red de tuberías, implementación de canales de riego. La población hace uso del agua de manera convencional o de acuerdo con su criterio.

El desconocimiento y manejo de una técnica de riego sostenible no cuentan con asesorías con respecto a riegos para la optimización de agua. Utilizan por cuenta propia su red de tuberías (mangueras) para su riego y se presencia que no se abastece suficiente. El acceso adecuado al agua es crucial para la agricultura, especialmente en áreas que dependen de la temporada de invierno para el riego de cultivos. Estos acontecimientos; son causados por el manejo inadecuado e irracional del agua. Falta de alternativas de solución al respecto: por ejemplo, falta de construcción de geomembranas en los canales de riego. Falta de interés, asesoramiento, capacitaciones a la población como se debe de enfrentar la escasez del agua La falta de estudios de la implementación y asesorías de riego por goteo en el superficial y subterráneo. Esperan la temporada de lluvia para que puedan sembrar, por

ello tienen un mínimo ingreso económico por temporada o en cada cosecha. Falta de capacitaciones sobre la huella hídrica a nivel nacional, región y distrito. Falta de programas que contribuyen para optimizar la huella hídrica. Falta de conciencia y hábitos sostenibles en el uso racional del agua (huella hídrica). Con todo lo anterior; si no se hace nada por la población vivirá así por temporadas, años y épocas, haciendo el uso inadecuado del agua. Nunca se crecerá en el tema de implementar soluciones muy óptimas con respecto a la construcción de pozos cubiertos con geomembranas y entre otros, se vivirá la misma historia a falta del apoyo en asesoramientos y capacitaciones, vivirán sin conocer que el tipo de riego es mejor y aprovechable para optimizar el agua, por ende la población seguirá utilizando alternativas como ellos creen que es mejor sin darse cuenta de que si existen riegos factibles y muy óptimos que solo tendrán ingreso en temporadas de lluvias, No conocerán el término de huella hídrica azul y su gran importancia que tiene ella. La población vivirá en su misma realidad y eso truncará a seguir adelante y optar por términos, soluciones y proyectos que le ayudarán a crecer. Manejo inadecuado del agua. Por todo lo mencionado; se realizó la investigación para la comparación de las dos técnicas, tanto superficial como subterráneo, optimizando el uso del agua, aumentando la eficiencia en cultivos y promoviendo la sostenibilidad agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) optimizan la huella hídrica azul en un suelo agrícola de Yarumayo, Huánuco - 2023?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

**PE1.** ¿Cuál es la demanda de agua en el suelo con cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo) en Yarumayo, Huánuco - 2023?

**PE2.** ¿Cuál es la humedad en el suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo) en Yarumayo, Huánuco - 2023?

**PE3.** ¿Cuál es la temperatura del suelo con el uso de cada una de las técnicas por el riego por goteo (superficial y subterráneo) en Yarumayo, Huánuco - 2023?

### **1.3. OBJETIVO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, en Yarumayo, Huánuco - 2023.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**OE1.** Medir la demanda de agua en el suelo con cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

**OE2.** Medir la humedad en el suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

**OE3.** Medir la temperatura en el suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

### **1.4. Trascendencia de la investigación**

La investigación destacó por su relevante contribución al manejo sostenible de los recursos hídricos en la agricultura, un tema prioritario en el contexto global. Al comparar las técnicas de riego por goteo, se buscó mejorar de manera más efectiva la Huella Hídrica azul en el suelo agrícola de Yarumayo, Huánuco - 2023.

**Personal.** Solución a la problemática expuesta del recurso hídrico en la agricultura, mediante ello dar un manejo adecuado y sostenible a los recursos hídricos con la técnica de riegos superficiales y subterráneas.

**Social.** Los beneficiarios fueron sin duda la población del distrito de Yarumayo, que utilizan por cuenta propia su red de tuberías (mangueras) para su riego y se presencia que no se abastece el agua de forma adecuada.

**Científico.** El estudio ofreció una sólida base teórica al integrar de manera efectiva artículos científicos indexados en diferentes idiomas sobre la huella hídrica azul. Esto demostró un enfoque riguroso y actualizado, relevante para la evolución del programa de riego por goteo, tanto superficial como subterráneo.

**Práctica.** No es exagerado decir que en época de invierno usan el agua irracionalmente en el sector agrícola (desperdician), falta de programas y capacitaciones que contribuyen para optimizar la huella hídrica a nivel nacional.

### **Metodológica**

La trascendencia metodológica de este enfoque es fundamental, ya que proporciona herramientas claves para la reincorporación de una ficha de registro adecuada asegurando la precisión y eficiencia en la recolección de información en el campo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

En su investigación de Franco (2018) titulada “Evaluación de la Eficiencia del Método de Riego por Goteo” plantea como objetivo de evaluar la eficiencia del método en 3 marcas de cintas de goteo en dos espaciamientos de laterales. La metodología de costos de materiales por tratamiento en una hectárea de riego por goteo, considerando solo las variaciones de costos de materiales. Los resultados la variante A1B2 con el uso del gotero de la cinta Hydrodrip es el tratamiento más efectivo para suelos franco-arenosos debido a su área de filtrado amplia. La optimización del diseño del laberinto en la entrada de agua es fundamental para asegurar un flujo turbulento eficiente, lo que garantiza una operación continua y sin interrupciones. En conclusión, según la evaluación estadística junto con la prueba de Tukey al 5% reveló que el factor A1 (Cinta Hydrodrip) presentó el mayor promedio de área bajo riego, alcanzando una cobertura de 0,0242 m<sup>2</sup> (Franco, 2018).

A sí mismo en la investigación de Azud (2019) titulada: “Manual de Manejo y Mantenimiento Instalaciones de Riego por Goteo” plantea como objetivo el manejo del riego en ser muy buenos productores de raíces. La metodología la tecnología de riego por goteo brinda mayor precisión en la aplicación de nutrientes y elementos para ajustar el suelo, en comparación con otros métodos. Los resultados indican que agua tratada se evacua por sectores de riego cercanos a la inyección cuando llega al punto más alejado del centro de control. Se calcula el volumen total de agua en las tuberías utilizando el plano del sistema de instalación. En conclusión, el mantenimiento y manejo aumenta el rendimiento de la inversión. Se requiere un programa de mantenimiento y manejo organizado para alcanzar los mismos buenos resultados (Azud, 2019).

Mancero (2020) en su investigación titulada “Estimación de la huella hídrica e identificación de estrategias para la conservación del recurso hídrico, para la cooperativa de ahorro y crédito luz del valle Ltda. ubicada en el Valle de los Chillos” plantea como objetivo estimar la huella hídrica de la Cooperativa para establecer medidas de conservación del recurso hídrico y la elección de la metodología basada en The Water Footprint Assessment Manual de Hoekstra (2011) que proporciona un marco sólido y estándar global para estructurar efectivamente la investigación. La aplicación de sus cuatro fases permitirá un análisis sistemático y riguroso del impacto hídrico, contribuyendo así a la validez de los resultados obtenidos. Los resultados indican, las actividades para promover el uso sustentable del agua en la institución mediante propuestas para conservar el recurso hídrico. En conclusión, la estimación de la Huella Hídrica de la Cooperativa Luz del Valle para 2019 alcanzó los 32,031 m<sup>3</sup>/año, el 14% se atribuyó a la HH directa, mientras los 86 % correspondió a la indirecta, lo que resalta la importancia de gestionar eficazmente los recursos hídricos indirectos.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Reckmann et al. (2022) en su investigación titulada: “Diseño de riego subterráneo”; plantea como objetivo de lograr la factibilidad de mayor control, calidad, rendimiento, menos dependencia de mano de obra, reducción costo de energía, ahorro de agua y rentabilidad.

La metodología para determinar el método de riego adecuado, es necesario hacer un análisis a fondo de varios aspectos como los recursos disponibles, el agua, el suelo, la energía, los cultivos, los costos de inversión, la operación, la rentabilidad, entre otros factores. Según los resultados en la actualidad, la limitada adopción de esta tecnología se atribuye principalmente a la falta de conocimiento sobre sus beneficios productivos y económicos, así como a la alta inversión inicial necesaria. En conclusión, la adaptación de las técnicas de riego a las condiciones locales, como los fuertes vientos y la escasez de agua, es esencial para su eficacia y sustentabilidad. Además, no se conocen los criterios para

un eficiente uso del agua como las características del suelo (Reckmann et al.,2022).

Quispe (2021) en su investigación titulada: “Ecoeficiencia del sector agrícola y huella hídrica para la sostenibilidad económica, Provincia de Chupaca – 2020” plantea como objetivo de cuantificar en la huella hídrica de los 15 cultivos y la ecoeficiencia. La metodología para determinar el sistema de riego adecuado es necesario hacer un completo análisis cuantitativo y cualitativo de aspectos como recursos como el agua, el suelo, la energía, el cultivo, la inversión, la operación y la rentabilidad. Según los resultados de la huella hídrica es inferior a 1 m<sup>3</sup>/ton, lo cual es preocupante dado que nuestros resultados superaron significativamente ese valor. En conclusión, la huella hídrica total de los cultivos de Chupaca es de 1718237.01 m<sup>3</sup>/ton y su ecoeficiencia agrícola es de 0.89, manteniendo un valor agregado del 89% de sus presiones ambientales. La huella hídrica azul de los cultivos agrícolas de Chupaca es de 968572.21 m<sup>3</sup>/ton (Quispe, 2021).

Según Cerpa (2018) en su investigación titulada: “Determinación de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios de Pucchun del Distrito de Mariscal Cáceres, Arequipa del 2018” plantea como objetivo determinar la huella hídrica del cultivo de cebolla de la comisión de usuarios de Pucchun. La metodología con el manual de evaluación de la huella hídrica de Arjen Y. Hoekstra proporciona un marco esencial para mejorar el funcionamiento sostenible del agua en todo el mundo, ofreciendo herramientas avanzadas para facilitar la integración del programa CROPWAT 8.0, basada en datos del terreno, clima y cultivos, para conseguir la eficiencia en el uso del agua y agricultura sostenible. Según los resultados, aunque la fuente de abastecimiento era sostenible, el calentamiento global ha provocado cambios en esta cuenca desde 2005 hasta 2018, lo que implica un alto nivel de presión en la huella hídrica del cultivo de cebolla y puede generar un desequilibrio ambiental en el suministro de agua. En conclusión, el diagnóstico hídrico revela que el sector Hawai utiliza una técnica de riego por goteo con un consumo de 4752 m<sup>3</sup>/ha, mientras que

las zonas de Pucchun Tradicional, Santa Elizabeth y Santa Mónica emplean riego por gravedad, requiriendo 12960 m<sup>3</sup>/ha. Esto refleja diferencias significativas en el uso eficaz del agua. La demanda de agua para el cultivo de cebolla durante su periodo vegetativo es de 17712 m<sup>3</sup>/Ha, desde el 15 de marzo hasta el 02 de julio.

El objetivo del estudio de Liotta, M. (et al., 2015), "Manual de capacitación: riego por goteo", es conducir agua a través de una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través de emisores que periódicamente proporcionan pequeños volúmenes de agua. Cada sistema de riego requiere la metodología de diseño agronómico, que tiene en cuenta el suelo, los cultivos, el espaciamiento de las plantas, etc. A partir de los resultados, este manual fue creado en colaboración con el INTA, el Departamento de Hidráulica, y el Ministerio de Producción y Desarrollo Económico en los proyectos de riego en San Juan. En conclusión, el riego frecuente reduce el estrés hidrológico y mejora el desarrollo de las plantas al mantener el contenido ideal de humedad del suelo durante toda la temporada de crecimiento (Liotta, M.et al., 2015)

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Alvarado (2019) en su estudio denominado "Rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro bajo riego tecnificado en el CIFO – UNHEVAL 2018" plantea como objetivo evaluar el rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) amarillo duro bajo riego tecnificado. La implementación del diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 bloques y 8 tratamientos es una táctica metodológica efectiva para tratar la escasez de información acerca del desempeño de híbridos de maíz amarillo duro bajo riego tecnificado. Los resultados del estudio muestran que cada tratamiento tiene un impacto específico en las características de las mazorcas de maíz. El tratamiento T1 H2Q1 se destaca por el mayor rendimiento por planta y por hectárea, mientras que T6 H3Q2 y T7 H4Q2 optimizan la longitud y el diámetro de las mazorcas, respectivamente. Por otro lado, T3 H4Q1 mejora el peso de los granos, evidenciando la importancia de seleccionar tratamientos adecuados

según el objetivo deseado. En conclusión, el híbrido ATL 200 demostró un sobresaliente rendimiento eficiente del maíz amarillo duro bajo riego tecnificado, alcanzando 483.96 mm/ciclo, lo que representa un 120% de efectividad. Los híbridos demostraron un mejor rendimiento que el testigo al comparar los resultados.

Según Espinoza (2019) en su estudio denominado “Influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica del distrito de Chavinillo–Huánuco-julio-setiembre 2019”; plantea como objetivo determinar la relación entre la huella hídrica de Chavinillo y los cultivos agrícolas. La metodología es una disciplina cuantitativa que utiliza datos numéricos y análisis estadístico para comprobar hipótesis y establecer patrones de comportamiento. Según los resultados del análisis de varianza junto con la prueba de LSD Fischer ha revelado variaciones notables en el consumo de agua entre los distintos cultivos agrícolas analizados, indicando un uso variable de recursos hídricos entre ellos. El haba grano seco muestra un consumo elevado de 376.08 L/kg, siendo el más intensivo entre los cultivos analizados, seguido por el trigo y el maíz amiláceo. En contraste, la cebada destaca por su eficiencia, con un consumo considerablemente menor de 119.58 L/kg. Estos hallazgos subrayan la importancia crítica de seleccionar cultivos más eficaces en el uso del agua para una gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente en zonas agrícolas como el distrito de Chavinillo, donde el consumo promedio alcanza los 1886.57 L/kg. En conclusión, el distrito de Chavinillo la baja variabilidad en la evapotranspiración, evidenciada por coeficientes de 17.65 % y 17.62 % para ETo mensual y diario, respectivamente, sugiere un comportamiento climático relativamente estable.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEO**

Menciona Arroyo (2020) que la adopción del riego por goteo en la agricultura peruana optimizaría el uso del agua, mejorando la eficiencia hídrica y elevando la calidad de la producción. Se lograron resultados positivos al probar la técnica en una parcela pequeña, reduciendo significativamente el consumo de agua. La técnica de riego por goteo de 1975 abastecía de agua a 160.000 hectáreas, mejorando la calidad de los cultivos y la eficiencia del agua gracias a los avances tecnológicos en irrigación implementados en Israel y otros países.

PepsiCo ha mejorado la eficiencia del agua en sus cultivos utilizando la técnica, lo cual ha incrementado la productividad y reducido el uso de recursos para el riego.

GMB brinda soluciones integrales de riego en varios países de Latinoamérica, desde 2004, se han implementado proyectos innovadores de riego por goteo en Cuba, beneficiando el cultivo de plátanos y caña de azúcar, así como el sistema de goteo en Uruguay desde 2012, con un rendimiento de recursos del 92% (Arroyo, 2020).

La escasez y el mal uso del agua en el sector agrícola afecta el desarrollo de algunas regiones en el Perú. Nuestro país ha perdido 300 mil hectáreas de tierra de cultivo en los últimos 20 años debido al mal uso de los recursos hídricos, según el exministro Milton Martín en el 2012.

37 es la posición que se encuentra el Perú a nivel global en cuanto al mal uso del agua, según Ronal Fernández, director Administrativo de agua Caplina Ocoña. Según Abelardo de la Torre, la agricultura demanda el 80% del agua distribuida en el país, mientras que más del 10% se destina a viviendas. En agricultura, se desperdicia mucha agua y solo se utiliza de manera eficiente el 30% del recurso disponible debido a una cultura primitiva y una infraestructura rústica.

## **Riego por goteo**

Es una técnica eficiente que optimiza el uso del agua al focalizar la hidratación directamente en las raíces, mejorando así el crecimiento de las plantas y conservando recursos hídricos (Mora, 2018). El agua se distribuye en pequeñas cantidades y baja presión a través de emisores o goteros en una tubería lateral, siendo absorbida por las raíces de la planta y aprovechada al máximo.

Según Mora (2018) El riego por goteo mejora la productividad. Genera un cambio profundo en los sistemas de riego que afectará también a las prácticas culturales, siendo una nueva técnica de producción agrícola.

Este tipo de riego cuida el control preciso del agua. Además, optimiza el uso de agua y nutrientes, permitiendo liberar los nutrientes de manera eficiente y maximizar la productividad del cultivo mediante un manejo intensivo.

## **Ventajas del riego por goteo**

- Minimiza notablemente la evaporación del agua en el suelo.
- Faculta la automatización total del sistema de riego, generando ahorros en la mano de obra, la dosis es más sencilla y exhaustiva.
- El uso de emisores que mantienen altas humedades en el bulbo radicular posibilita la utilización de aguas salinas para el riego, presentando una ventaja significativa frente a los métodos de irrigación por superficie y aspersion.
- El tipo de terreno requiere versatilidad y habilidades de adaptación para garantizar seguridad y eficiencia en el desplazamiento.
- Considerar métodos naturales para limitar el aumento de malas hierbas en áreas no regadas puede mejorar la biodiversidad y reducir la dependencia de productos químicos.
- Es el sistema ideal para añadir nutrientes al agua de riego sin pérdidas y con flexibilidad para modificarlos durante todo el cultivo. (Mora, 2018).

### **2.2.1.1. Riego superficial**

Según Franco (2018) el riego por goteo humecta el suelo con agua proveniente de puntos de riego distribuidos en una parcela, de bajo caudal, de 1 a 10 l/h, hay tres elementos fundamentales para identificar una técnica de riego por goteo: Aplicar agua directamente en la zona de raíces, regar puntualmente, medir el consumo de agua, sostener la humedad del suelo cerca de las plantas y usar boquillas o goteros, como también se explica que es un conjunto de técnicas que mantienen la humedad ideal en las raíces de una planta desde afuera.

#### **Desarrollo del método de riego por goteo**

El avance acelerado del riego por goteo se debe principalmente al uso eficiente del agua y a su capacidad para mejorar la productividad de los cultivos:

- Tecnología mejorando los goteros con flujo mejorado, menos taponamientos y descarga más uniforme.
- Estudios teóricos y prácticos ampliaron el conocimiento del uso del sistema en condiciones de campo para optimizar prácticas agrícolas y gestionar recursos hídricos de manera sostenible, tanto en forma de gotas en la superficie como en el subsuelo, al aplicar correctamente los nuevos avances tecnológicos requiere de este conocimiento esencial (Franco, 2018).

#### **Ventajas de la técnica de riego por goteo:**

- La implementación de un mayor número de emisores por hectárea mejora significativamente la distribución uniforme del agua, optimizando así la eficiencia del riego.
- Mantenimiento de un alto potencial hídrico en la zona radicular.
- Humedecimiento parcial del suelo.
- Control de malezas.
- Tránsito de equipos y maquinaria.
- Reducción de daños a la estructura del suelo y preservar su salud a largo plazo.

- Ahorro de agua.
- Respuestas del cultivo.
- Implementar estrategias para para ahorrar la mano de obra.
- Limitar en pesticidas optimiza recursos económicos y reduce el impacto ambiental.
- Uso óptimo y ahorro en el fertilizante (Franco, 2018).

### **Limitaciones en el riego por goteo**

- El principal problema en el riego por goteo son los goteros obstruidos, obstrucción en los goteros incluyen raíces, arena, óxido, microbios, impurezas en el agua o depósitos químicos debido a sus salidas estrechas.
- Protección contra la erosión del viento.
- Acopio de sales en el suelo debido al riego por goteo, se acumulan las sales en el frente del humedecimiento.
- Mecánico; en ocasiones, daños al sistema de riego por humanos o animales.
- Control visual.

### **Cintas de Riego**

Tubos de polietileno con orificios espaciados se utilizan en las hileras de cultivos. Tienen dos cámaras, una con diámetro mayor y otra con diámetro menor, conectadas para garantizar un flujo uniforme (Franco, 2018).

- Cinta Hydrodrip; Solución económica para hileras anuales, cultivos extensivos e invernaderos. La ruta de flujo turbulento eficiente del canal en la cinta Hydrodrip Tape reduce significativamente la obstrucción, mejorando así el rendimiento del riego. Como línea de goteo plana de una sola pieza, Hydrodrip es ideal para la instalación manual o mecánica y la reutilización.
- La cinta Streamline 16080 de TurboNet™ ofrece canales de amplio caudal y una sección transversal optimizada, mejorando significativamente su resistencia a la obstrucción. La nueva área de

filtro ofrece una resistencia significativamente mejorada contra la obstrucción, optimizando así su rendimiento y durabilidad.

- Cinta Lin 16; este es un tubo lateral de riego por goteo no auto compensante de una pieza con una punta de goteo plana integrada en la manguera con la tecnología de inserción ultramoderna de Metzerplas (Franco, 2018).

### **Componentes del riego por goteo**

Según Liotta et al.(2015) Un diseño agronómico considerando las características del suelo, cultivos y distancia entre plantas es necesario para cualquier sistema de riego. Volumen de la planta, duración del riego, etc.

Los nodos de riego se determinan en el diseño hidráulico considerando las tolerancias de presión y flujo, las pérdidas de presión y los diámetros de las tuberías, realizando un prototipo del dispositivo de riego y de las tuberías primaria y secundaria, incluyendo su colocación y diámetro de los materiales (2015).

### **Fuentes de Abastecimiento de Agua**

El turno se guarda en reservorios situados en áreas de derechos de riego, y las medidas de estos reservorios varían en función de la superficie a regar. Su objetivo es suministrar agua de forma constante al sistema. Los tipos más comunes de reservorios son aquellos recubiertos con una membrana impermeable. No impermeable = Reservorio económico. Se compacta el suelo añadiendo bentonita en el fondo y las paredes para reducir la infiltración, nos recalca Liotta et al. (2015)

### **Cabezal de riego**

Liotta et al. (2015) explica que un conjunto de elementos controla la planta, provee presión y caudal, filtra agua, inyecta fertilizante, mide volumen y presión, y controla el funcionamiento de la planta.

- Conjunto de bombas; tamaño y la capacidad del equipo de acuerdo a la superficie a regar. La presión de las bombas debe ser suficiente para superar las dificultades del sistema. La fuente de alimentación tiene mayor uso del tipo centrífugo.
- El filtro es esencial y la obstrucción del gotero es un problema común en los sistemas de riego debido a partículas minerales, materia orgánica y precipitados.

Es fundamental implementar medidas de control desde el punto de entrada del agua al reservorio para prevenir la introducción de elementos indeseables al sistema:

- Rejillas o decantadores: Las rejillas actúan como filtros iniciales al inicio del agua al reservorio, impidiendo el paso de residuos grandes como ramas y hojas, y protegiendo así el sistema de tratamiento.
- Pre-filtrado en la succión: Asegurar la zona de succión mediante una válvula de retención antes del ingreso al cabezal para prevenir daños (Liotta et al. 2015).

En esta sección se detallan las categorías de filtros más comunes y su aplicación frecuente:

- Los hidrociclones son dispositivos eficaces para la separación de gravas y arenas. La arena se deposita y asienta en el recipiente inferior, requiriendo limpieza frecuente. Son usados en agua de pozo. Es posible eliminar hasta el 98 % de partículas de más de 100 micrones.
- Filtros de grava. Son recipientes que contienen arena tamizada o grava de cierto tamaño, hechos de metal o plástico. El agua atraviesa una capa de arena/grava para filtrarse. Maximizan la retención de materia orgánica y partículas al usar en su totalidad del grosor de la arena.
- Los filtros de malla y de anillo son esenciales en la industria para separar partículas no deseadas; la variabilidad de diámetros en los filtros de malla permite su ajuste a diversas aplicaciones y necesidades específicas de filtración. La red puede ser de metal o

plástico. La cuadrícula determina el tamaño de los agujeros. Malla 140-150 (110-106 micras) es la recomendada para riego por goteo según (Liotta et al., 2015).

### **Unidad de fertilización**

Liotta et. al. (2015) mencionan que este sistema permite la eficiente inyección de fertilizantes y ácidos esenciales como el clorhídrico y fosfórico, optimizando el proceso en dos etapas clave:

- **Tanques de almacenamiento:** fabricados con polietileno, fibra de vidrio o fibrocemento ofrecen excelente resistencia a la corrosión. El tamaño varía según las necesidades del sistema. Usualmente, varían entre 200 y 1000 litros.
- **Inyección o fertilización:** Se lleva a cabo mediante dispositivos que inyectan las soluciones al sistema.

### **Tuberías de conducción**

Las tuberías de PVC y polietileno son ampliamente utilizadas debido a su durabilidad, resistencia química y versatilidad en diversas aplicaciones:

El PVC es una opción eficaz y duradera para sistemas de distribución de agua en tuberías de gran diámetro, asegurando resistencia y facilidad de instalación en aplicaciones de primera, segunda y tercera, los diámetros usuales incluyen: 50, 63, 75, 90, 110 y 160 mm a más para instalaciones grandes (Liotta et al., 2015).

### **Laterales de riego**

Liotta et al.(2015) afirma que los tubos se encuentran dentro del cultivo, a lo largo de las plantas. La medida varía entre 16 y 20 mm, según el flujo y la duración del riego. El material es conocido como tubos emisores, hechos de polietileno de baja densidad (pág. 18).

## **Cabezales de campo**

Son las válvulas para el abastecimiento de agua a las unidades de riego en el campo.

## **Operación del riego por goteo**

Según Azud (2019) es fundamental iniciar los trabajos de mantenimiento de equipos de riego por goteo asegurando que todos los elementos previos estén en condiciones óptimas para un funcionamiento eficiente.

## **Limpiezas y lavados de la instalación**

El desbloqueo de los componentes es un paso esencial en el procedimiento de limpiezas y lavados eficaces de la instalación:

La desconexión de elementos es un paso esencial en el procedimiento de limpiezas y lavados de la instalación, asegurando la remoción de desechos, este acto acelera el flujo del agua en el tubo, limpiando el cuentagotas y las paredes del tubo de impurezas. La limpieza de los equipos debe ser constante y frecuente, según el agua y el mantenimiento programado.

## **Tiempos de avance en laterales de riego**

Considerar el momento del riego antes de inyectar el producto para una distribución óptima del mismo en todos los emisores. Se proporciona agua para limpiar la planta después de la inyección.

La medida de ácido aplicado se determina por el cubo de la cantidad de agua en las tuberías principales y laterales de riego. (Azud, 2019).

## **Análisis del producto: Evaluación de suelo y agua**

Es esencial evaluar el agua de riego para detectar y evaluar riesgos de toxicidad, taponamiento, salinidad y fugas. Las muestras deben ser representativas y proceder del lugar de inyección. (Azud, 2019).

El análisis del suelo es tan importante como el análisis del agua:

El riego por goteo mejora la precisión en el uso de nutrientes y elementos para el acondicionamiento del suelo respecto a otros métodos. El control del pH del suelo es crucial para mejorar el número de nutrientes, minimizar la presencia de iones tóxicos y promover la actividad microbiana, garantizando la salud del ecosistema agrícola.

### **Inyecciones de productos al sistema de riego:**

Es fundamental conocer el caudal inicial del sistema; disponiendo de un caudalímetro, esta tarea es sencilla, de lo contrario, se debe calcular el caudal multiplicando por el número total de goteros operativos en cada sector simultáneamente (Azud, 2019).

Es esencial realizar una limpieza exhaustiva del sistema antes y después de introducir productos, garantizando así la eliminación de residuos y protegiendo la integridad de los materiales y componentes frente a productos químicos potencialmente dañinos.

No obstante; los sistemas de riego por goteo garantizan una distribución eficiente de nutrientes y agua, promoviendo el aumento óptimo y la salud de las plantas, como, por ejemplo:

La fertirrigación moderna combina el uso eficiente de abonos y ácidos con fungicidas, herbicidas, y desinfectantes, como el cloro y el peróxido de hidrógeno. La agricultura ecológica fomenta prácticas sostenibles mediante el uso de abonos orgánicos y ácidos naturales como el acético y el cítrico, promoviendo un equilibrio (Azud, 2019)

### **Inyección de abonos y ácidos.**

La categoría de fertilizantes incluye todos los productos que contienen fitonutrientes, aunque por sus propiedades también se utilizan para la limpieza de interiores:

- **Abonos con fósforo.** Ácido fosfórico, fosfato mono-potásico, fosfato monoamónico., urea fosfato.
- **Abonos con potasio.** Nitrato potásico, cloruro potásico, sulfato potásico, fosfato mono potásico.

- **Abonos con nitrógeno.** Urea, nitrato amónico, ácido nítrico, sulfato amónico, fosfato monoamónico, nitrato cálcico, nitrato potásico, urea fosfato.
- **Abonos con microelementos.** Quelatos, EDTA, DTPA, EDDHA, ADDHMA, EDDCHA, EDDHSA, ácido bórico (Azud, 2019).

Así; seguir cuidadosamente cada paso del proceso al aplicar un tratamiento de ácido para garantizar resultados seguros y efectivos:

- La bomba de inyección debe asegurarse con la resistencia adecuada a ambientes con pH ácidos para garantizar su durabilidad y funcionamiento óptimo.
- Hacer limpieza exhaustiva del sistema antes de proceder.
- Asegúrese de utilizar el depósito designado para la mezcla antes de iniciar el proceso de inyección, garantizando así la seguridad y eficacia.
- La duración del ácido en la instalación varía según si el tratamiento es de mantenimiento preventivo o de choque.
- Es fundamental mantener la bomba en funcionamiento con agua después de la inyección, asegurando así la limpieza adecuada de toda la instalación (Azud, 2019).

#### **2.2.1.2. Riego subterráneo**

Los sistemas de riego subterráneos surgieron para solucionar los drenajes y la evaporación del agua de riego (Vega et al., 2018) menciona que es la manera de lograr un ahorro significativo de agua para riego. El sistema a 0.20 m mejora al suelo con el contenido de humedad para equilibrar agua y oxígeno en las raíces.

#### **Sistemas de riego subterráneo**

La técnica de riego inicial consistió en una zanja de 1 m de longitud con una pendiente del 0.5%. Se utilizó un microtubo de PVC con dimensiones interiores de 3 mm y exteriores de 5 mm para la aplicación eficiente de agua en la parte superior de la zanja (Vega et al., 2018).

### **Riego subterráneo por difusores (RSD)**

Es un método de irrigación que emplea tubos con difusores ubicados en el terreno para repartir agua a las raíces de las plantas. El RSD se distingue por: reducir la evaporación del agua, Distribuir el agua de manera exacta, Disminuir la utilización de pesticidas y fertilizantes, Convertirse en una alternativa ecológica y sustentable.

### **Determinación de la humedad en el suelo**

Para estimar el contenido de agua, se consideró el porcentual de humedad y la densidad aparente del suelo, utilizando la forma del bulbo húmedo (Vega et al., 2018).

Se digitalizaron las imágenes con las mediciones de campo usando AutoCAD 2005. Se generó el gráfico de contorno del bulbo húmedo dividido en áreas de igual porcentual de humedad usando estas imágenes (Vega et al., 2018)

### **Diseño del riego subterráneo**

Crear sistemas de riego y conservación de agua económicos y adaptables a diferentes escalas, como tranques o acequias, que se ajusten a las características tecnológicas y económicas de los agricultores.

Reckmann et al. (2022) indica, entre la diversidad de métodos existentes El riego por goteo subterráneo ahorra el agua en la agricultura y soluciona la baja eficiencia del riego por tendido y surcos.

Es necesario validar el riego por goteo subterráneo, que aplica agua localizada alrededor de las raíces de los cultivos bajo el suelo. Su uniformidad es del 95% al 90% y ayuda a reducir las pérdidas de agua por escorrentía, evaporación y percolación.

La planificación del sistema de riego subterráneo demanda la comprensión del comportamiento del bulbo húmedo en el terreno próximo al emisor de agua. El agua en el suelo define la geometría del bulbo húmedo mediante la capilaridad y la gravedad, lo cual afecta la distribución de las raíces (Reckmann et al, 2022)

### **Sistema del riego subterráneo**

Un sistema de riego por goteo subterráneo adecuadamente diseñado proporciona la cantidad exacta de agua diaria necesaria para la planta, con una alta frecuencia y un bajo costo de funcionamiento, lo que se traduce en que prácticamente no moja la superficie del suelo, permitiendo regar adecuadamente antes de segar la pradera para evitar el estrés hídrico en verano y aumentar la producción y frecuencia de cortes posteriores (Reckmann et al., 2022).

### **Requisición mínima de equipamiento para un sistema de riego subterráneo por goteo.**

Para un buen funcionamiento del sistema, es necesario contar con un equipamiento mínimo de componentes. Es crucial familiarizarse con las especificaciones técnicas y criterios de selección de los componentes.

## **2.2.2 HUELLA HÍDRICA AZUL**

Sustenta Cerpa (2018) señala que el interés por la huella hídrica surge de la relación entre el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos y su consumo, reflejado en problemas como la escasez y la contaminación del agua. Comprender y gestionar estos impactos de manera efectiva requiere analizar toda la cadena de producción.

Las dificultades relacionadas con el agua suelen estar estrechamente vinculadas a la estructura de la economía global. A nivel mundial, la agricultura representa aproximadamente el 70% del consumo total de agua. En este sentido, la huella hídrica en la producción agrícola puede servir como un indicador clave para desarrollar políticas y estrategias que permitan optimizar el uso de este recurso en el sector que más lo demanda.

Asimismo, el autor sostiene que la huella hídrica es un indicador del consumo de agua dulce que no solo considera el uso directo por parte de consumidores y productores, sino también el consumo indirecto. De este modo, la huella hídrica se presenta como una medida integral

de la apropiación de los recursos hídricos, complementando las métricas tradicionales basadas únicamente (Cerpa, 2018).

### **Cálculo de la huella hídrica azul**

Cerpa (2018)) detalla que, para calcular la huella hídrica azul, se aplicó la ecuación 4 corresponde al cociente entre el agua utilizada por el cultivo de riego (CWU<sub>riego</sub>) y el rendimiento del cultivo (Y).

$$HHProc, azul = \frac{CWU_{riego}}{Y} \dots\dots\dots (Ecuación 4)$$

Donde: HH proc, azul = Huella Azul Hídrica (m<sup>3</sup> /ton) CWU riego= necesidades de riego para los cultivos (m<sup>3</sup> /Ha) Y= Rendimiento del cultivo (Ton/Ha). (Cerpa, 2018)

### **Índice del grado de presión ejercida por el consumo de la huella hídrica azul**

$$\%IGP_{HHA} = \left( \frac{Dh_{HHA}}{Oh} \right) \dots\dots\dots (Ecuación 10)$$

**Donde:**

% GPHHA: Nivel de presión provocado por la utilización de la huella de agua azul en el cultivo de cebolla de la comisión de usuarios Pucchun.

DhHHA: demanda hídrica del cultivo de cebolla proveniente de riego (m<sup>3</sup> /Ha)

Oh: oferta hídrica superficial disponible otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (m<sup>3</sup> /ha) (Cerpa, 2018).

### **Índice del grado de presión ejercida por el consumo de la huella hídrica gris**

$$\%IGP_{HHG} = \left( \frac{Dh_{HHG}}{Oh} \right) \dots\dots\dots (Ecuación 11)$$

## Donde:

% GPHHG: Nivel de presión ejercida por el consumo de la huella hídrica gris en el cultivo de cebolla de la comisión de usuarios Pucchun.

DhHHG: Demanda hídrica del cultivo de cebolla para soportar la carga de contaminantes, conforme a las regulaciones de calidad ambiental (m<sup>3</sup> /Ha).

Oh: oferta hídrica superficial disponible otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (m<sup>3</sup> /Ha) (Cerpa, 2018).

**Tabla 1**

*Rangos y categorías del índice del uso de agua (IUA)*

Rango (Dh/Oh) * 100 IUA	CATEGORÍA IUA	SIGNIFICATIVO
>50	Muy alto	La presión de la demanda es demasiada alta con respecto a la oferta disponible.
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
<1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.

*Nota.* Datos elaborados de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios Pucchun del distrito de Mariscal Cáceres – 2018.

## Manejo del recurso Hídrico

Según Callirgos et al. (2018) el objetivo del MINAGRI es incentivar la evolución de las familias campesinas a través de planes y programas industriales que buscan incrementar la competitividad agrícola, tecnificar los cultivos y aumentar la disponibilidad en el mercado, de esta manera, se mejora la calidad de vida de las familias rurales (Callirgos et al., 2018).

## Programa Subsectorial de Irrigaciones - PSI

Callirgos et al. (2018) menciona que sus actividades se enfocan en promover la tecnología agrícola y el crecimiento económico a nivel nacional mediante la modernización para los campesinos en el uso eficiente del agua, siendo sus actividades fundamentales como:

- Mejora de las condiciones de funcionamiento del sistema de riego mediante la realización de obras de mejora y rehabilitación.
- Fortalecimiento del comité de usuarios de agua de riego para la adecuada gestión del recurso hídrico.
- Ayudar a las autoridades regionales y locales a implementar las leyes técnicas de riego.
- La ejecución de proyectos técnicos de riego para promover y facilitar su uso a gran escala (Callirgos et al., 2018).

La finalidad del programa subsectorial de irrigaciones - PSI, es contribuir menciona Callirgos et al (2018).

Incrementar la productividad y el rendimiento en la agricultura de riego a través de las actividades para desarrollar la capacidad y liderazgo de los comités de usuarios, la mejoría en el uso de los recursos hídricos y hacer un uso más eficiente de las tierras cultivables.

Callirgos et al. (2018) mencionan que labores del PSI se encuentran contenidas en su Manual de Operaciones – MAO, las cuales se describen como:

- Coordinar, programar, supervisar y evaluar los estudios, obras, supervisiones, consultorías y actividades complementarias incluidas en el Plan Operativo.
- Formular, dirigir, ejecutar estrategias y políticas para el desarrollo y cumplimiento de sus objetivos.
- Diseñar y formular el plan de desarrollo, los planes operativos, programas y presupuestos.
- Participar en la elaboración, formulación y ejecución de modalidades que permitan fortalecer institucional y operativamente el Subsector Riego.

## **Volumen del agua utilizada**

Gamarra et al. (2017) el afianzamiento hídrico es un concepto amplio que incluye la estabilización de cuencas hidrográficas a través de zanjas, construcción de represas, reforestación.

Los recursos hídricos potenciales de una zona son los que pueden abastecerla según las restricciones ecológicas y de mantenimiento de caudales mínimos al mar en zonas superiores. (Gamarra et al., 2017).

## **Diagnóstico Integral**

Gamarra et al. (2017) el diagnóstico se define como una auditoría ejecutiva porque es un examen completo, sistemático e independiente de las actividades realizadas en una empresa en particular y cada auditoría administrativa se realiza siguiendo tres pasos: (a) planificación, (b) pruebas o mediciones y (c) comparación de lo que se hizo con lo que supuestamente se necesitaba. El objetivo es el deber determinar cómo afecta esta realidad externa a la organización. Los diagnósticos externos analizan el ámbito político, social, económico, tecnológico y ambiental. (Gamarra et al., 2017).

## **Planificación Estratégica**

Gamarra et al. (2017) indica que el proceso es estratégico para seleccionar las alternativas que mejor respondan a la dinámica ambiental y las condiciones adversas:

Para que un departamento, organización o sistema se proyecte hacia el futuro y logre una determinada visión, el proceso de estrategia está formado por una serie de actividades secuenciales. El proceso estratégico consta de tres etapas:

- Formulación, que es el proceso de planificación real en el cual se encuentran las estrategias que guían a la unidad desde su situación actual hasta la situación futura deseada.
- Implementación, una fase compleja en la que se llevarán a cabo las estrategias creadas en el primer apartado.

- Evaluación y control (Gamarra et al., 2017).

### **Desarrollo Agrícola**

Muestra que el riego costero amplía las fronteras agrícolas y crea oportunidades para un mayor incremento en la producción de exportación y el empleo.

Sin embargo, este hecho no exime de consideraciones ambientales y de sustentabilidad de la actividad agropecuaria, por ejemplo, el agotamiento del territorio del acuífero de Ica, que, según las cuestiones planteadas, podría amenazar el abastecimiento de agua para la agricultura, en el estudio actual (Gamarra et al., 2017).

### **Índice de Desarrollo Humano**

Gamarra et al. (2017) indica que el programa de la ONU para el Desarrollo (PNUD) puso de manifiesto la necesidad de un indicador extra de bienestar que, en combinación con otros factores, pueda medir el nivel de desarrollo de una nación. Cabe señalar que el IDH es la suma de múltiples variables, algunas no cuantificables, y una variable como guía y aproximación, pero no como sustituto del desarrollo en sí mismo (Gamarra et al., 2017).

### **Optimización de la huella hídrica azul**

Guerrero & Gutarra (2021) explican que la cosecha de agua es fundamental para evitar la pérdida de agua y sus consecuencias, Además, el MINAGRI presenta una variedad de métodos de recolección de agua que tienen como objetivo reducir la tasa de flujo de agua de lluvia sobre el suelo, preservando así la máxima cantidad de agua que luego se infiltra en el suelo y repone las aguas subterráneas (Guerrero & Gutarra, 2021).

### **Ciclo del agua**

El flujo del agua es esencial para la existencia, este recurso de agua presente en lagos y ríos se evapora y genera nubes a través de él: Al enfriarse, se deposita en el suelo en forma de nieve, granizo o lluvia,

que posteriormente infiltra y genera manantiales, ríos, arroyos y lagos. Este suceso se conoce como el ciclo hidrológico.

Según Guerrero y Gutarra (2021) este ciclo refleja las diferencias cualitativas y cuantitativas en sus diversos componentes y fases según la zona o región a la que el hombre tiene que adaptarse y para convivir con estas características naturales, por lo que debe identificar los cambios que se producen en el uso y manejo del territorio.

**Cuenca hidrográfica:** Estas aguas son de las montañas, de las montañas nevadas que se derriten o de la lluvia. El área entre la línea superior se llama cuenca, y recolecta las aguas subterráneas y superficiales como un río, así que en las cuencas hidrográficas todo está conectado.

**Comportamiento del agua en la cuenca:** El agua de lluvia se distribuye de varias formas: una parte es consumida por seres vivos y el resto penetra en el suelo, formando agua subterránea. El agua fluye al mojar el suelo y crea acequias, ríos y arroyos (Guerrero & Gutarra, 2021).

**Escasez de agua** afecta el desarrollo de las regiones, lo que puede afectar negativamente el bienestar económico y social, sus causantes son:

- Cambio Climático: explican Guerrero y Gutarra (2021) que es un hecho real, además ya no es una amenaza. Cada vez más fenómenos meteorológicos (tormentas de hielo, huracanes, sequías, olas de calor) parecen estar directamente afectados por el cambio climático.
- La sequía: aparición o intensificación de la sequía por emergencia climática. El fenómeno se produce en el tiempo, causando daño progresivo al área afectada, y en ocasiones puede perdurar y tener consecuencias graves para la agricultura y los cuerpos de agua. El fenómeno afecta a personas, plantas y animales.
- Descontrol del uso del agua: La sobreexplotación de los recursos hídricos genera preocupación en la agricultura debido a las

condiciones insostenibles que produce. La sal, los pesticidas y los herbicidas contaminan siempre el agua de riego.

- La contaminación: Se refiere a la contaminación del agua dulce, el aire o la tierra que puede llevar a que el agua contaminada afecte el aire. Ocurre por almacenamiento de sustancias tóxicas y fugas de líquidos a cuerpos de agua (Guerrero & Gutarra, 2021).

## **2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **Huella Hídrica**

Indicador para determinar la cantidad de agua necesaria, ya sea de forma directa o indirecta, en la cadena de suministro para fabricar un producto (Espinoza, 2019).

Medida que calcula el uso de agua dulce en actividades humanas y su impacto en los recursos hídricos (Espinoza, 2019).

### **Caudal de riego**

El caudal es la cantidad de agua que un aspersor puede expulsar bajo una presión determinada. Se puede medir en litros por minuto o en metros cúbicos por hora de trabajo (Briceño et al., 2020).

### **Evaluación de la huella hídrica**

La medición de la huella de agua conlleva el cálculo y localización de la huella de agua de un proceso, producto, productor o consumidor, o el cálculo en términos de espacio y tiempo (Cerpa, 2018). La huella del agua en una zona geográfica determinada. Examinar la viabilidad ambiental, social y económica de esta huella de agua, y diseñar una estrategia de reacción.

### **Huella Hídrica azul**

Volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, consumido para producción de bienes y servicios (Mancero, 2020).

## **Optimización**

La optimización, en general, requiere optimizar el rendimiento mediante una eficiente gestión de los recursos. Optimizar implica seleccionar el óptimo de un conjunto dado. En resumen, consiste en encontrar la opción más adecuada (Guerrero & Gutarra, 2021).

### **Producción agrícola**

La producción agrícola se refiere a los productos y beneficios generados por la actividad agrícola en economía (Espinoza, 2019).

### **Rendimiento**

Es la cantidad de plantas que, tras ser cosechadas, adquieren peso y este volumen se determina en kilogramos por hectárea (Espinoza, 2019).

### **Riego Subterráneo**

El riego subterráneo aumenta la eficiencia del agua en agricultura al minimizar la evaporación y aumentar el suministro en la zona de raíces (Salomo, 2019).

### **Riego por Goteo**

El riego por goteo implica mojar el terreno con cubos con una baja emisión de agua, que oscila entre 1 y 10 l/h (Alvarado, 2019). Así, solo se humedece una pequeña porción de la superficie total del terreno y, incluso por debajo de dicha superficie, la repartición del agua en el volumen de suelo que ha sido humedecido no es homogénea.

### **Riego tecnificado**

Se introdujo en Perú el riego por goteo, de alta eficiencia, que permite aplicar fertilizantes y agua directamente en el área de raíces del cultivo, mediante gotas de forma localizada (Alvarado, 2019). Mantiene una elevada frecuencia en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno.

## **Sistema de riego**

El sistema de riego, son las instalaciones técnicas para mejorar la calidad de la tierra usando riego (Cerpa, 2018).

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

**H<sub>i</sub>:** Existe diferencia en las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) en la optimización de la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.

**H<sub>o</sub>:** No existe diferencia en las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) en la optimización de la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo).

### **2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Huella hídrica azul.

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEO (SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO) PARA OPTIMIZAR LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN UN SUELO AGRÍCOLA, YARUMAYO, HUÁNUCO - 2023”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente  Técnicas de riego por goteo	<b>Riego Superficial</b> El riego por goteo es un método eficiente que optimiza el uso de agua y fertilizantes al dirigir estos recursos directamente a la zona radicular a través de un sistema de tuberías y emisores, promoviendo un uso sostenible y racional en la agricultura (Nidio, 2019).	Demanda de agua	Caudal Demanda de agua Lt	Numérica Continua
		T° del suelo	T°	Numérica Continua
		Humedad del suelo	H°=g/m3	Numérica Continua
		Huella hídrica azul	(m3 /ton) (m3 /Ha) (Ton/Ha)	Numérica Continua
	<b>Riego Subterráneo</b> Este sistema innovador de riego subterráneo permite una aplicación precisa del agua en la zona radicular, logrando una uniformidad del 90-95%. Al minimizar la evaporación, escorrentía y percolación, optimiza el uso del agua y mantiene la superficie del suelo seca, lo que ayuda a controlar malezas y reduce la lixiviación de nitratos en comparación con el riego superficial (Reckmann et al, 2022).	Demanda de agua	Caudal Demanda de agua Lt	Numérica Continua
		T° del suelo	T°	Numérica Continua
		Humedad del suelo	H°=g/m3	Numérica Continua
		Huella hídrica azul	(m3 /ton) (m3 /Ha) (Ton/Ha)	Numérica Continua
Variable Dependiente <b>Huella hídrica azul</b>	La huella hídrica azul representa el consumo de recursos hídricos superficiales y subterráneos en la producción de bienes, destacando la importancia de gestionar eficazmente el uso de agua dulce para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Chavarría et al, 2020).	Volumen de agua utilizado	(m3 /ton) (m3 /Ha) (Ton/Ha)	Numérica Continua

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

El actual estudio científico se fundamentó en el paradigma cuantitativo, empleando un enfoque y diseño experimentales. Esta elección metodológica se justifica por la necesidad de probar y validar el caso en cuestión dentro de un entorno controlado (Hernández et al., 2018).

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

La actividad científica actual en cuestión se centró en la clasificación y categorización dentro del nivel explicativo causal, un enfoque que busca esclarecer las razones detrás de ciertos eventos, situaciones o fenómenos. Este tipo de investigación es crucial porque no solo ofrece una descripción detallada de las variables involucradas, sino que también aborda el análisis de las relaciones entre ellas (Hernández et al., 2018).

Este tipo de estudio utiliza el paradigma experimental para establecer relaciones causales claras y robustas. Primero, garantiza que la variable independiente preceda a la variable dependiente, asegurando así que cualquier cambio observado pueda ser atribuido directamente a la manipulación del investigador. Segundo, las variables deben mostrar covarianza, lo que implica que cualquier variación en la variable independiente debe corresponder en la otra (Supo, 2020).

##### **3.1.3. DISEÑO**

Para Sampieri (2018) Es fundamental monitorear los resultados de ambos grupos experimentales en este diseño comparativo – longitudinal para evaluar la eficacia relativa de las técnicas administradas y optimizar futuros enfoques. Este diseño se conoce como estudio longitudinal, en

el cual se recopilan datos de la misma muestra en distintos momentos para analizar cambios a lo largo del tiempo, realizando pruebas previas y posteriores simultáneamente.

$$\begin{array}{l} GE_1 \rightarrow X_1 : O_1 \quad O_2 \quad \dots \quad O_{10} \\ GE_2 \rightarrow X_2 : O_1 \quad O_2 \quad \dots \quad O_{10} \end{array}$$

**Donde:**

**GE<sub>1</sub>:** Técnica 1 (riego superficial).

**X<sub>1</sub>:** Implementación del sistema.

**GE<sub>2</sub>:** Técnica 2 (riego subterráneo).

**X<sub>2</sub>:** Implementación del sistema.

**O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> ... O<sub>10</sub>:** mediciones en los cultivos de alfalfa para evaluar con precisión la huella hídrica azul, optimizando así el uso del agua en la producción agrícola y promoviendo prácticas sostenibles.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

En el distrito de Yarumayo, ubicado en el Departamento de Huánuco, se ha estimado que la superficie total dedicada al cultivo de alfalfa abarca aproximadamente 1 hectárea. Este cálculo refleja un enfoque exhaustivo al considerar a todas las situaciones que cumplan con especificaciones determinadas para la población de estudio (Hernández et al., 2018).

### **3.2.2. MUESTRA**

La elección de las parcelas de cultivo de alfalfa en el distrito de Yarumayo como muestra para esta investigación es un paso crucial para asegurar la validez y relevancia de las conclusiones. Al delimitar parcelas de 30 m<sup>2</sup> para cada grupo experimental, se asegura un control adecuado sobre las variables relacionadas con comportamiento y el aumento del cultivo en condiciones específicas. Esta muestra de parcelas de 30 m<sup>2</sup>

para cada grupo, al ser un subconjunto representativo de la población, permite realizar inferencias significativas sobre todo el cultivo de alfalfa en la región (Hernández et al., 2018).

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

La observación directa a través de la guía de campo se utilizó para recoger datos, y el instrumento de la hoja de observación, que se utilizará para determinar la huella hídrica.

**Tabla 2**

*Técnicas e Instrumentos de recolección de datos*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	ÍTEMS
1. Análisis Documental	1.1 Fichas de resumen	Para el desarrollo de los objetivos y la adquisición de información y el respectivo análisis.
	1.2. Fichas de análisis	
	1.3. Análisis de informes, etc.	
2. Estadística	2.1 Tablas y graficas	Para el desarrollo del análisis de datos

*Nota.* La tabla muestra las técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

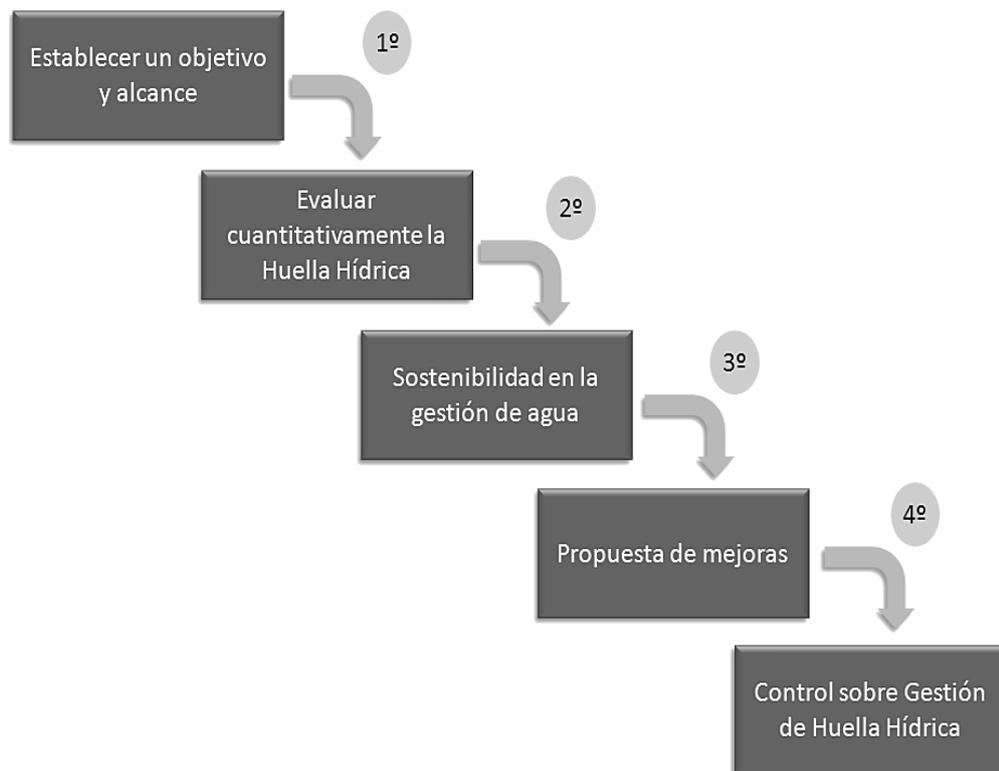
#### 3.3.1. PROTOCOLO DE TRABAJO

- Instalarse en el área de trabajo respectiva para la ejecución de la investigación.
- Definir claramente las áreas para la instalación del riego por goteo superficial y subterráneo, optimizando así el uso eficiente del agua y asegurando un desarrollo agrícola sostenible.
- Es vital asignar 30 m<sup>2</sup> a cada técnica de riego para evaluar adecuadamente su eficacia y optimizar los recursos hídricos.
- Implementar las conexiones tuberías de riego, accesorios, goteros, filtros, respectivas para cada técnica de riego por goteo.
- Controlar la cantidad de agua que ingresa por una hora y media en cada área delimitada por cada riego.
- Realizar las mediciones de la humedad, temperatura del suelo con el equipo (Instrumento 4 en 1 AMT-300), dichas mediciones se realizarán 2 veces por semana.

- Toma de datos obtenidos en campo.
- Hacer el seguimiento por un tiempo de 2 meses en época de verano.
- Se realizarán los cálculos de la huella hídrica azul respectivamente midiéndose de acuerdo al uso de agua del cultivo, producción del cultivo de la alfalfa.

**Figura 1**

*Evaluación de la huella hídrica*



### 3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas empleadas para la presente investigación han sido seleccionadas cuidadosamente para asegurar la confiabilidad y la validez de los resultados obtenidos.

#### **Técnica: La observación y entrevista.**

El análisis de las áreas de siembra de alfalfa para determinar la huella hídrica azul representa un paso fundamental hacia la gestión sostenible de los recursos hídricos. Mediante la aplicación del manual de evaluación de la huella hídrica, y siguiendo el estándar mundial

establecido por (Hoekstra et al., 2011), se logró cuantificar y localizar de manera precisa esta huella en diversas dimensiones, ya sea por proceso, productor, consumidor o producto, e incluso en términos de tiempo y espacio dentro de una región geográfica específica.

**Técnica: Análisis documental.**

En relación con la programación de los informes reportados del laboratorio, fue fundamental garantizar que los procedimientos establecidos para el uso del instrumento de medición de humedad se sigan de manera rigurosa.

La determinación precisa del porcentaje de humedad fue crucial, ya que esta variable puede influir significativamente en la estabilidad y la calidad de los productos analizados. La correcta manipulación y calibración del equipo fueron esenciales para obtener resultados confiables y reproducibles.

Además, fue necesario que los reportes reflejen estos resultados con claridad y precisión, facilitando su interpretación y asegurando que cumplan con los estándares requeridos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

En principio; este estudio proporciona un análisis detallado de las dimensiones clave relacionadas con el uso y la conservación del agua. Por ende; la recopilación de datos sobre la huella hídrica azul, la demanda de agua, y los criterios de humedad y temperatura del suelo permite no solo entender mejor las características fisicoquímicas del área, sino también identificar potenciales desafíos y oportunidades para una gestión del agua más sostenible.

Como se puede ver a continuación, se distribuyeron los puntos de medición, tanto para el tipo superficial y subterráneo, de acuerdo con el tamaño, pendiente, dimensiones, etc. ya que, al ser un estudio comparativo, se necesitaba replicar el experimento con objetividad.

**Figura 2**

*Distribución de puntos de medición – Riego por goteo superficial (tipo 1)*



**Figura 3**

*Distribución de puntos de medición – Riego por goteo subterráneo (tipo 2)*



En ambos casos; se utilizó la estructura en zigzag, maximizando el área de aplicación del riego por goteo, con un margen de error en los bordes entre 6.25% y 12.50%, aceptable estadísticamente.

#### 4.1.1 OPTIMIZACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL (RIEGO POR GOTEO)

Ahora bien; se procedió a recolectar la información (**Anexo 3**) de la demanda de agua, humedad y temperatura del suelo para el cálculo de la Huella Hídrica tanto para el tratamiento con riego por goteo superficial (tipo 1) y con riego por goteo subterráneo (tipo 2).

**Tabla 3**

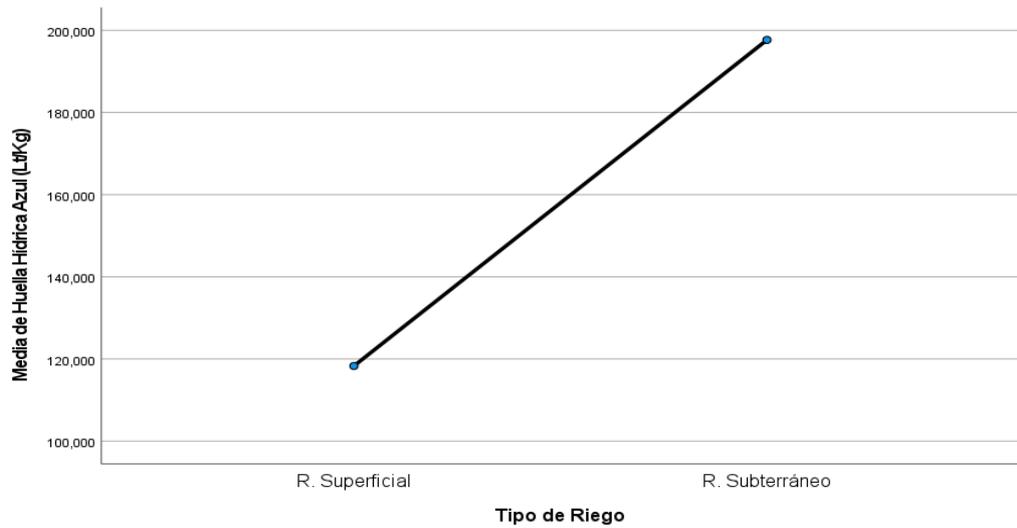
*Determinación de la huella hídrica azul – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	N	Media	Desviación estándar	95% de intervalo de confianza	
				Límite inferior	Límite superior
R. Superficial	26	118,30065	10,627840	114,00798	122,59333
R. Subterráneo	26	197,68292	12,803411	192,51151	202,85433
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>157,99179</b>	<b>41,737283</b>	<b>146,37205</b>	<b>169,61152</b>

*Nota.* La tabla muestra datos de la determinación de la huella hídrica azul-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Figura 4**

Determinación de la huella hídrica azul – Riego por goteo (tipo 1 y 2)



### Descripción e Interpretación

La información de la tabla 3 y figura 4; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hh1} = 118.30 \pm 10.63 \frac{Lt}{Kg}$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{hh2} = 197.68 \pm 12.80 \frac{Lt}{Kg}$ ). Por ende; es evidente que,  $\bar{x}_{hh1} \ll \bar{x}_{hh2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 40.16%, en la distribución de agua.

### 4.1.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA (RIEGO POR GOTEO)

Por otro lado; se procedió a recolectar la información (**Anexo 3**) de la demanda de agua del suelo para el tratamiento con riego por goteo superficial (tipo 1) y con riego por goteo subterráneo (tipo 2).

**Tabla 4**

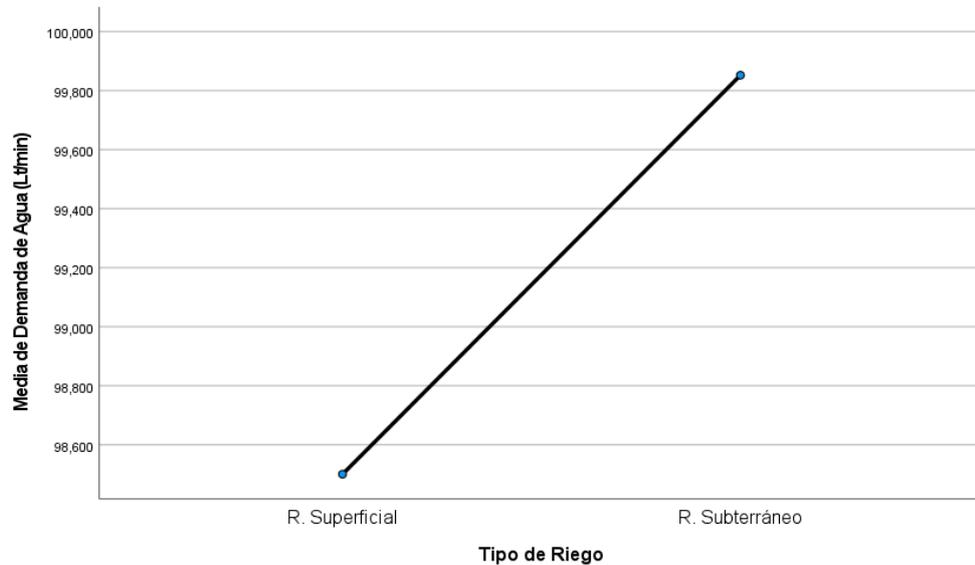
*Determinación de la demanda de agua – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	N	Media	Desviación estándar	95% de intervalo de confianza	
				Límite inferior	Límite superior
R. Superficial	26	98,50050	5,722940	96,18895	100,81205
R. Subterráneo	26	99,85219	5,888662	97,47371	102,23067
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>99,17635</b>	<b>5,789547</b>	<b>97,56453</b>	<b>100,78817</b>

*Nota.* La tabla muestra datos de la determinación de la demanda de agua-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Figura 5**

*Determinación de la demanda de agua – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*



### Descripción e Interpretación

La información presentada en la tabla 4 y figura 5; proporciona una visión clara y concisa de las diferencias técnicas y/o ambientales del riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{da1} = 98.50 \pm 5.72 \frac{Lt}{min}$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{da2} = 99.85 \pm 5.89 \frac{Lt}{min}$ ). Por ende; es evidente de forma empírica que  $\bar{x}_{da1} \approx \bar{x}_{da2}$ , lo que confirma visualmente que los tipos de riego por goteo son similares en (+)1.35% en promedio.

### 4.1.3 CÁLCULO DE LA HUMEDAD DEL SUELO (RIEGO POR GOTEO)

Así también; se procedió a recolectar la información (**Anexo 3**) de la humedad del suelo para el tratamiento con riego por goteo superficial (tipo 1) y con riego por goteo subterráneo (tipo 2).

**Tabla 5**

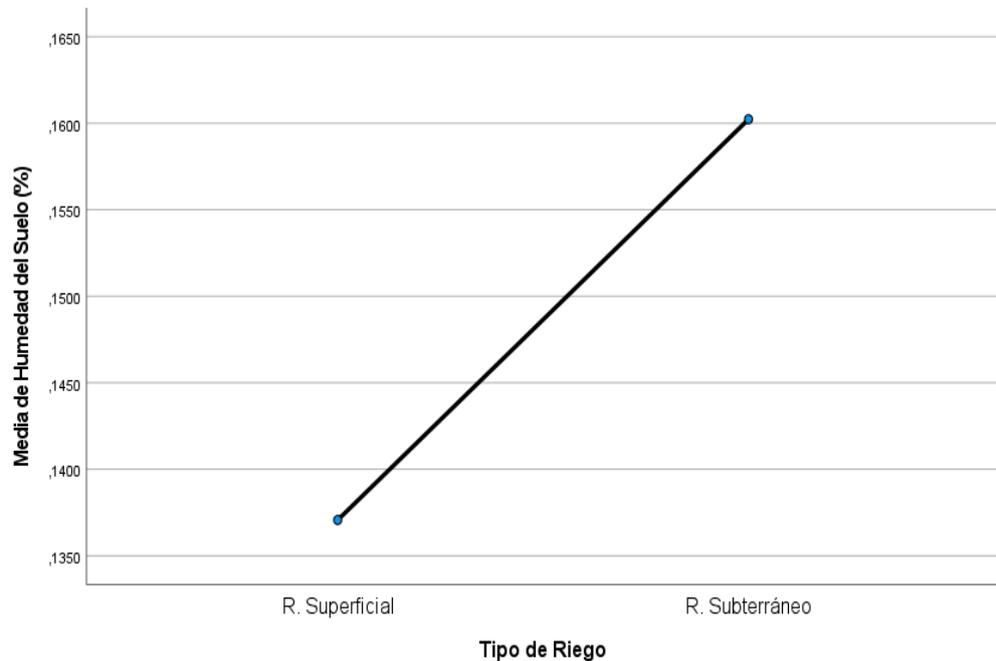
*Determinación de la humedad del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	N	Media	Desviación estándar	95% de intervalo de confianza	
				Límite inferior	Límite superior
R. Superficial	26	0,137069	0,0046615	0,135186	0,138952
R. Subterráneo	26	0,160235	0,0024032	0,159264	0,161205
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>0,148652</b>	<b>0,0122585</b>	<b>0,145239</b>	<b>0,152065</b>

*Nota.* La tabla muestra datos de la determinación de la humedad del suelo-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Figura 6**

*Determinación de la humedad del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*



### Descripción e Interpretación

Los datos de la tabla 5 y figura 6; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hs1} = 13.70 \pm 0.47\%$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{hs2} = 16.02 \pm 0.24\%$ ). Por ende; es evidente que  $\bar{x}_{hs1} < \bar{x}_{hs2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo subterráneo es mejor en (+) 16.85%, en la conservación de humedad.

#### 4.1.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL SUELO (RIEGO POR GOTEO)

Por último; se procedió a recolectar la información (**Anexo 3**) de la temperatura del suelo para el tratamiento con riego por goteo superficial (tipo 1) y con riego por goteo subterráneo (tipo 2).

**Tabla 6**

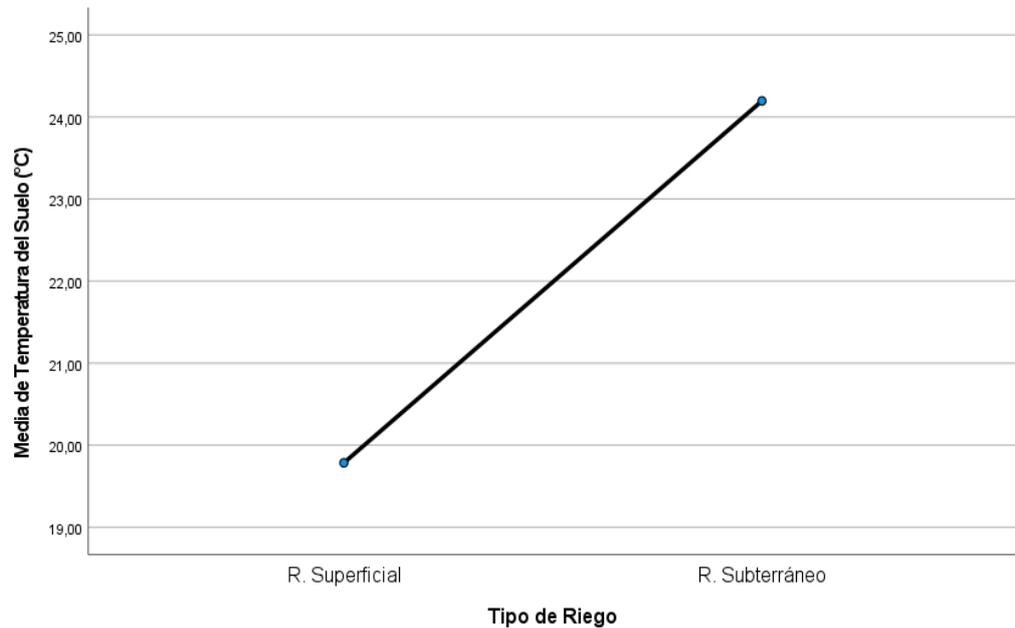
*Determinación de la temperatura del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	N	Media	Desviación estándar	95% de intervalo de confianza	
				Límite inferior	Límite superior
R. Superficial	26	19,7854	0,20102	19,7042	19,8666
R. Subterráneo	26	24,1962	0,24012	24,0992	24,2931
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>21,9908</b>	<b>2,23767</b>	<b>21,3678</b>	<b>22,6137</b>

*Nota.* La tabla muestra datos de la determinación de la temperatura del suelo-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Figura 7**

*Determinación de la temperatura del suelo – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*



### **Descripción e Interpretación**

Los datos de la tabla 6 y figura 7; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{ts1} = 19.79 \pm 0.20^{\circ}\text{C}$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{ts2} = 24.20 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$ ). Por ende; es evidente que  $\bar{x}_{ts1} < \bar{x}_{ts2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 18.22%, en la conservación de temperatura.

## **4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el software estadístico SPSS versión 27.0, el cual fue fundamental para la comparación y prueba de hipótesis. Dada la naturaleza cuantitativa de las variables analizadas, se establecieron tanto la hipótesis nula como la alternativa. Considerando que el tamaño de la muestra era relativamente pequeño ( $n \leq 50$ ), se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para verificar la distribución de los datos.

$$W = \frac{D^2}{n \times S^2}$$

Donde :

- $D$  = suma de las defenecías corregidas.
- $n$  = número total de casos en la muestra.
- $S^2$  = varianza muestral.

Así; el criterio de decisión para Prueba de Shapiro-Wilk fue:

- Si:  $p - valor \leq 0,05$ ; se rechaza la  $H_0 \Rightarrow$  ***Datos No Paramétricos***
- Si:  $p - valor > 0,05$ ; se acepta la  $H_0 \Rightarrow$  ***Datos Paramétricos***

Por ello; la Prueba de Wilcoxon es esencial para analizar Datos No Paramétricos tras confirmar la falta de normalidad, asegurando una evaluación robusta y precisa. Cuyo estadístico de prueba fue:

$$T = \min(T_+; T_-)$$

Donde:

- $T_+$  = suma de rangos positivos (+)
- $T_-$  = suma de rangos negativos (-)

Además; el criterio de decisión para Prueba de Wilcoxon es:

- Si:  $p - valor \leq 0,05$ ; rechaza la  $H_0 \Rightarrow$  ***Existe Diferencia Significativa***
- Si:  $p - valor > 0,05$ ; acepta la  $H_0 \Rightarrow$  ***No Existe Diferencia Significativa***

Por otro lado; si los datos fueron confirmados como Paramétricos tras el análisis de normalidad, se hace uso adecuado de la prueba ANOVA, con el estadístico de prueba siguiente:

$$F = \frac{SC \text{ entre grupos}/(k - 1)}{SC \text{ dentro de grupos}/(N - k)}$$

Donde:

- $F$  = prueba estadística según la tabla F de Fisher.
- $SCE$  = suma de cuadrados entre los grupos.
- $SCD$  = suma de cuadrados dentro de los grupos.

- $k$  = número total de grupos.
- $N$  = número total de observaciones.

Por lo que, el criterio de decisión para Prueba ANOVA fue:

- Si:  $p - valor \leq 0,05$ ; Rechaza la  $H_0 \Rightarrow$  *Existe Diferencia Significativa*
- Si:  $p - valor > 0,05$ ; Acepta la  $H_0 \Rightarrow$  *No Existe Diferencia Significativa*

#### 4.2.1 Prueba de Hipótesis – Huella Hídrica Azul (riego por goteo)

Por consiguiente, la Hipótesis General de la investigación científica se establece claramente a continuación:

**H<sub>i</sub>:** Existe diferencia en las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) en la optimización de la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.

Por tal motivo; se usó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos del riego por goteo, adecuada para el tamaño muestral del estudio, garantizando resultados estadísticamente válidos.

**Tabla 7**

*Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Huella Hídrica Azul (Lt/Kg) (Tipo 1) SUP.	0,230	26	0,657	0,742	26	0,483
Huella Hídrica Azul (Lt/Kg) (Tipo 2) SUB.	0,250	26	0,729	0,720	26	0,398

*Nota.* La tabla muestra datos de la prueba de normalidad-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Interpretación.** Los p-valores en la tabla 7 señalan que tanto para Huella Hídrica Azul (Lt/Kg) (Tipo 1) SUP. como para Huella Hídrica Azul (Lt/Kg) (Tipo 2) SUB., los resultados son significativos, al ser mayores que 0,05, muestran que los son Datos Paramétricos. Por lo que; esto sugiere que no hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula de normalidad en ambos casos.

El análisis de los datos de la Huella Hídrica Azul (Lt/Kg) para los tipos 1 SUP. y 2 SUB., por lo que, se llevó a cabo mediante la aplicación de la **Prueba ANOVA**, dado que ambos conjuntos de datos son **Paramétricos**, mediante la siguiente hipótesis estadística:

- $H_0$  = No existe diferencia significativa entre las medias (Huella Hídrica Azul) (Lt/Kg) Tipo 1 (Superficial) y Tipo 2 (Subterránea).
- $H_a$  = Existe diferencia significativa entre alguna de las medias (Huella Hídrica Azul) (Lt/Kg) Tipo 1 (Superficial) y Tipo 2 (Subterránea).

Por ello; se procedió con la ejecución de la **Prueba ANOVA** asegurando la precisión y confiabilidad del análisis previo realizado.

**Tabla 8**

*Prueba de Hipótesis (ANOVA) – Riego por goteo (tipo 1 y 2)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	81920,081	1	81920,081	591,741	<0,001
Dentro de grupos	6921,958	50	138,439		
<b>Total</b>	<b>88842,039</b>	<b>51</b>			

*Nota.* La tabla muestra datos de la prueba de hipótesis (ANOVA)-Riego por goteo (tipo 1 y 2).

**Interpretación.** El análisis detallado de la tabla 8 revela que el p-valor obtenido es inferior a <0,001, significativamente menor que el umbral teórico de 0,05. Este resultado estadístico contundente lleva a rechazar la hipótesis nula, indicando que hay una diferencia significativa entre las medias de la (Huella Hídrica Azul) (Lt/Kg) Tipo 1 (Superficial) y Tipo 2 (Subterránea). Por lo que; este hallazgo se sustenta a través del estudio comparativo que considera factores como la demanda de agua, la humedad y la temperatura del suelo. Así mismo; como indica Supo et al. (2024) la hipótesis alterna del investigador propone la existencia de diferencias significativas en una comparación; por tanto, recae en el investigador la responsabilidad de demostrar su veracidad (p. 143). Por ello; la carga de la prueba recae necesariamente sobre el investigador, demandando un enfoque crítico y objetivo en la recolección e interpretación de los datos.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El actual estudio científico se centró en: Comparar las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.

- Los hallazgos identificados del estudio son concluyentes y respaldan el objetivo de investigación planteado, debido a que; la información de la tabla 3 y figura 4; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hh1} = 118.30 \pm 10.63 \frac{Lt}{Kg}$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{hh2} = 197.68 \pm 12.80 \frac{Lt}{Kg}$ ). Por ende; es evidente que  $\bar{x}_{hh1} \ll \bar{x}_{hh2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 40.16%, en la distribución de agua.
- No obstante; es similar con Mancero (2020) ya que concluyó en, la valoración de la Huella Hídrica de la Cooperativa Luz del Valle para 2019 alcanzó los 32,031 m<sup>3</sup>/año, el 14% se atribuyó a la HH directa, mientras que el 86% correspondió a la HH indirecta, lo que resalta la importancia de gestionar eficazmente los recursos hídricos indirectos, con Quispe (2021) ya que concluyó en, la huella hídrica total de los cultivos de Chupaca es de 1718237.01 m<sup>3</sup>/ton y su ecoeficiencia agrícola es de 0.89, manteniendo un valor agregado del 89% de sus presiones ambientales. La huella hídrica azul de los cultivos agrícolas de Chupaca es de 968572.21 m<sup>3</sup>/ton, con

Por otro lado; el estudio científico se centró en: Medir la demanda de agua del suelo con cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

- Los hallazgos identificados del estudio son concluyentes y respaldan la finalidad específica 1 de investigación planteado, debido a que; la información presentada en la tabla 4 y figura 5; proporciona una visión clara y concisa de las diferencias técnicas y/o ambientales del riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{da1} = 98.50 \pm 5.72 \frac{Lt}{min}$ ) y riego por goteo subterráneo

$(\bar{x}_{da2} = 99.85 \pm 5.89 \frac{Lt}{min})$ . Por ende; es evidente de forma empírica que  $\bar{x}_{da1} \approx \bar{x}_{da2}$ , lo que confirma visualmente que los tipos de riego por goteo son similares en (+)1.35% en promedio.

- Sin embargo; es similar con Franco (2018) ya que concluyó en, la evaluación estadística junto con la prueba de Tukey al 5% reveló que el factor A1 (Cinta Hydrodrip) presentó el mayor promedio de área bajo riego, alcanzando una cobertura de 0,0242 m<sup>2</sup>, con Reckmann et al. (2022) ya que concluyó en, la adaptación de las técnicas de riego a las condiciones locales, como los fuertes vientos y la escasez de agua, es esencial para su eficacia y sustentabilidad, con

Además; el estudio científico se centró en: Medir la humedad del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

- Los hallazgos identificados del estudio son concluyentes y respaldan el objetivo específico 2 de investigación planteado, debido a que; la información de la tabla 5 y figura 6; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hs1} = 13.70 \pm 0.47\%$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{hs2} = 16.02 \pm 0.24\%$ ). Por ende; es evidente que  $\bar{x}_{hs1} < \bar{x}_{hs2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo subterráneo es mejor en (+) 16.85%, en la conservación de humedad.
- Ahora bien; es similar con Azud (2019) ya que concluyó en, el mantenimiento y manejo aumenta el rendimiento de la inversión, se requiere un programa de mantenimiento y manejo organizado para alcanzar los mismos buenos resultados, con Liotta et al. (2015) ya que concluyó en, regar con frecuencia reduce el estrés hídrico y mejora el desarrollo de las plantas al sostener la humedad del suelo óptima durante todo el cultivo, con

De forma similar; el estudio científico se centró en: Medir la temperatura del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023.

- Los hallazgos identificados del estudio son concluyentes y respaldan la finalidad específica 3 de investigación planteado, debido a que; la información de la tabla 6 y figura 7; brinda las diferencias entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{ts1} = 19.79 \pm 0.20^{\circ}\text{C}$ ) y riego por goteo subterráneo ( $\bar{x}_{ts2} = 24.20 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$ ). Por ende; es evidente que  $\bar{x}_{ts1} < \bar{x}_{ts2}$ , lo que confirma visualmente que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 18.22%, en la conservación de temperatura.
- Por tal motivo; es símil con Cerpa (2018) ya que concluyó en, el diagnóstico hídrico revela que el sector Hawaii utiliza un sistema de riego por goteo con un consumo de 4752 m<sup>3</sup>/Ha, mientras que las zonas de Pucchun Tradicional, Santa Mónica y Santa Elizabeth emplean riego por gravedad, requiriendo 12960 m<sup>3</sup>/Ha, esto refleja diferencias significativas en la eficiencia del uso del agua, con Alvarado (2019) ya que concluyó en, el híbrido ATL 200 demostró una sobresaliente eficiencia en el mejoramiento del maíz amarillo duro bajo riego tecnificado, alcanzando 483.96 mm/ciclo, lo que representa un 120% de efectividad, por ello, los híbridos demostraron un mejor rendimiento que el testigo al comparar los resultados.

## CONCLUSIONES

- El estudio comparativo actual, orientado por su finalidad, evidencia un compromiso continuo con el avance del conocimiento de las técnicas de riego por goteo superficial (tipo 1) y subterráneo (tipo 2) sobre la Huella Hídrica Azul para el cultivo de Alfalfa, ya que, revela que el p-valor obtenido es inferior a  $<0,001$ , significativamente menor que el umbral teórico de  $0,05$ . Este resultado estadístico contundente lleva a rechazar la hipótesis nula, indicando que hay una diferencia significativa entre las medias de la (Huella Hídrica Azul) (Lt/Kg) Tipo 1 (Superficial) y Tipo 2 (Subterránea) (Tabla 8). Por ello; brinda diferencias significativas entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hh1} = 118.30 \pm 10.63 \frac{Lt}{Kg}$ ) y subterráneo ( $\bar{x}_{hh2} = 197.68 \pm 12.80 \frac{Lt}{Kg}$ ), es evidente que  $\bar{x}_{hh1} \ll \bar{x}_{hh2}$  (Tabla 3), lo que confirma que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 40.16%, en la distribución de agua.
- Respecto al estudio comparativo, orientado por su propósito específico 1, evidencia un compromiso continuo con el avance del conocimiento de las técnicas de riego por goteo superficial (tipo 1) y subterráneo (tipo 2) sobre la demanda de agua para el cultivo de Alfalfa, ya que, proporciona una visión clara y concisa de las diferencias técnicas y/o ambientales del riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{da1} = 98.50 \pm 5.72 \frac{Lt}{min}$ ) y subterráneo ( $\bar{x}_{da2} = 99.85 \pm 5.89 \frac{Lt}{min}$ ), es evidente que  $\bar{x}_{da1} \approx \bar{x}_{da2}$  (Tabla 4), lo que confirma que los tipos de riego por goteo son similares en (+)1.35% en promedio.
- Respecto al estudio comparativo, orientado por su propósito específico 2, evidencia un compromiso continuo con el avance del conocimiento de las técnicas de riego por goteo superficial (tipo 1) y subterráneo (tipo 2) sobre la Humedad del Suelo para el cultivo de Alfalfa, ya que, brinda las diferencias significativas entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{hs1} = 13.70 \pm 0.47\%$ ) y subterráneo ( $\bar{x}_{hs2} = 16.02 \pm 0.24\%$ ), es evidente que  $\bar{x}_{hs1} < \bar{x}_{hs2}$  (Tabla 5), lo que confirma que el riego por goteo subterráneo es mejor en (+) 16.85%, en la conservación de humedad.

- Para finalizar, respecto al estudio comparativo, orientado por su propósito específico 3, evidencia un compromiso continuo con el avance del conocimiento de las técnicas de riego por goteo superficial (tipo 1) y subterráneo (tipo 2) sobre la Temperatura del Suelo para el cultivo de Alfalfa, ya que, brinda las diferencias significativas entre el riego por goteo superficial ( $\bar{x}_{ts1} = 19.79 \pm 0.20^{\circ}\text{C}$ ) y subterráneo ( $\bar{x}_{ts2} = 24.20 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$ ), es evidente que  $\bar{x}_{ts1} < \bar{x}_{ts2}$  (Tabla 6), lo que confirma que el riego por goteo superficial es mejor en (-) 18.22%, en la conservación de temperatura.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la finalidad principal del estudio comparativo realizado, se recomienda a la comunidad agrícola de Yarumayo – Huánuco que, debería asegurar de que la técnica de riego por goteo superficial esté diseñada para lograr una distribución uniforme y eficiente del agua. La selección del tipo de red de distribución ya sea vertical, horizontal o en panel, debe basarse en un análisis exhaustivo de las características específicas del terreno, como la pendiente, el tamaño y las propiedades del suelo.
- De acuerdo con propósito específico 1 del estudio comparativo realizado, se recomienda a la comunidad agrícola de Yarumayo – Huánuco que, debería realizar un análisis exhaustivo de la demanda de agua para el cultivo de alfalfa, optimizando el uso de recursos hídricos y la eficiencia en la producción agrícola. Así; considerar las distintas etapas de crecimiento de la alfalfa, ya que cada fase requiere diferentes cantidades de agua.
- De acuerdo con propósito específico 2 del estudio comparativo realizado, se recomienda a la comunidad agrícola de Yarumayo – Huánuco que, debería incorporar compost o estiércol bien descompuesto al suelo con práctica esencial para mejorar la estructura y la capacidad del suelo de retener agua y humedad. Esto enriquece el suelo, aportando nutrientes esenciales que fomentan el crecimiento saludable de las plantas.
- Al final; de acuerdo con propósito específico 3 del estudio comparativo realizado, se recomienda a la comunidad agrícola de Yarumayo – Huánuco que, debería plantar cultivos de cobertura en las temporadas de descanso como estrategia altamente beneficiosa para proteger el suelo de las variaciones extremas de temperatura. No solo actúan como aislantes naturales que estabilizan la temperatura del suelo, sino que también contribuyen una mayor retención de nutrientes y agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, L. E. (2016). *Análisis comparativo de la velocidad de degradación de Cromo VI aplicando fitorremediación en medios físicos diferentes: Suelo y Agua*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Alarcón, J. Y. (2015). *Propuesta para la creación de clúster de productores de carne de trucha en el Lago Pañe, Cusco*. Arequipa - Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Alvarado, E. F. (2019). *Rendimiento de híbridos de maíz (Zea mays. L) amarillo duro bajo riego tecnificado en el CIFO - Unheval 2018*. Huánuco - Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco.
- Arroyo, L. A. (2020). *Diseño de un Sistema de Riego por goteo para el Valle de Chira*. Lima - Perú: Universidad de Ciencias y Humanidades.
- Azud. (2019). Manual de manejo y mantenimiento de instalaciones de riego por goteo. *AZUD*, 32.
- Berger, M., Campos, J., Carolli, M., Dantas, I., Forin, S., Kosatica, E., Nouri, H. (2021). *Advancing the Water Footprint into an Instrument to Support Achieving the SDGS – Recommendations from the Water as a Global Resources Research Initiative (GROW)*. Water Resources Management.
- Berrios, L. (2018). *Contaminación del río niño, afluente del río Higueras por descarga de aguas residuales de la ciudad de Margos, distrito de Margos, departamento de Huánuco, en los meses de marzo - agosto 2018*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco.

- Blas, A., Garrido, A., & Willaarts, B. (2016). *Evaluación de la Huella Hídrica de las Dietas Mediterránea y Americana*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Briceño, H., Álvarez, L., & Valverde, A. (2020). *Efecto del riego por goteo en el rendimiento y contenido de antocianinas en cultivares de maíz morado (Zea mays L.)*. Huánuco - Perú: Universidad Nacional de Tumbes.
- Bueno, S., Marcelaño, S., Nájera, O., & Haro, R. (2019). *Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Callirgos, J. E., Sánchez, J. A., & Quiroz, C. G. (2018). *Análisis, evaluación y mejora en la aplicación de las evaluaciones ex post de los proyectos o programas de inversión pública de la unidad ejecutora programas sub sectorial de irrigaciones PSI del Ministerio de Agricultura y Riego para el periodo 2019-2021*. Lima - Perú: Universidad Continental.
- Carhuaricra, P. (2019). *Fitorremediación por el proceso de Fitodegradación con dos especies Macrófitas Acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia Crassipes para el tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la laguna facultativa en la L.Pacaypampa, D.Santa María del Valle*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco .
- Castillo, M. (2016). *Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cerpa, G. N. (2018). *Determinación de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios pucchun del distrito de Mariscal Cáceres -*

2018. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
- Cortés, P., & Florez, J. D. (2017). *Evaluación In Vitro de la Taruya (Eichhonia Crassipes) como Agente Biorremediador en Aguas contaminadas con Cromo*. Cartagena de Indias - Colombia: Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena.
- Díaz, T. (2020). *La huella hídrica indicador para aplicar la circularidad del agua: modelo de gestión sostenible para Panamá*. Panamá - Panamá: Universidad de Panamá.
- Doria, C. (2017). *Metales pesados (Cd, Cu, V, Pb) en agua lluvia de la zona de mayor influencia de la mina de carbón en La Guajira, Colombia*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- EcuRed. (04 de 08 de 2021). *EcuRed contributors*. Obtenido de Huella hídrica: [https://www.ecured.cu/index.php?title=Huella\\_h%C3%ADdrica&oldid=3993268](https://www.ecured.cu/index.php?title=Huella_h%C3%ADdrica&oldid=3993268)
- Espinoza, J. J. (2019). *Influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica del distrito de Chavinillo - Huánuco - periodo julio - septiembre 2019*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco.
- Espinoza, J. J. (2019). *Influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica del distrito de Chavinillo - Huánuco - periodo julio - setiembre 2019*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco.
- Flores, S. S. (2017). *Determinación de la Capacidad Fiterremediadora de Chenopodium album (LICCHA), en agua sintética contaminada con Arsénico*. Arequipa - Perú: Universidad Católica de Santa María.

- Franco, V. A. (2018). *Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo*. Cevallos - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Gamarra, M., Hidalgo, M., López, M., & Medina, C. (2017). *Optimización del uso del recurso hídrico del río Pisco y el desarrollo de la región Ica*. Lima - Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Garay, I. B. (2017). *Eficacia de las Macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del boro, en las Aguas Minerotermales de la Laguna La Milagrosa-Chilca*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
- GIZ. (2018). *Huella hídrica de los usuarios de agua de Lima metropolitana*. Santiago de Surco - Lima: AQUAFONDO.
- Guerrero, D., & Gutarra, C. (2021). *Propuesta de un programa de cosecha de agua frente a la escasez del recurso hídrico en le microcuenca Yanama, en el Distrito de Yauli, provincia de Yauli - La Oroya 2021*. Huancayo - Perú: Universidad Continental .
- Guerrero, E. M. (2014). *Tratamiento de Aguas residuales domésticas con la especie acuática Eichhornia Crassipes en la laguna de oxidación secundaria del sector 9, Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali 2014*. Pucallpa - Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.

- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *Manual de evaluación de la huella hídrica*. Water Footprint Network.
- Juyo, R. B. (2018). *Evaluación de la capacidad de Fitorremediación de Rosamarinus officinalis L. (Romero) en aguas contaminadas con Arsénico*. Arequipa - Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Lala, H., & Fernández, M. d. (2020). *Análisis de la sostenibilidad mediante huella hídrica de la microcuenca del río Pita, Ecuador*. Progreso - Mexicano: Instituto Mexicano de Tecnología del agua.
- León, R. (2018). *Análisis de la rentabilidad económica de la producción y comercialización de truchas (Oncorhynchus Mikiss) en el Distrito de Congalla*. Huancavelica – Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Liao, X., Zhao, X., Jiang, Y., Liu, Y., Yi, Y., & Tillotson, M. R. (2019). *Water footprint of the energy sector in China's two megalopolises*. ELSEVIER.
- Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olguín, A. (2015). *Riego por goteo*. Argentina: PROSAP.
- Luna, Á., Yate, A., & Fúquene, D. (2017). *Huella hídrica: una reflexión para la adopción de prácticas corporativas sustentables*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Mancero, E. J. (2020). *Estimación de la huella hídrica e identificación de estrategias para la conservación del recurso hídrico, para la cooperativa de ahorro y crédito Luz del valle Ltda., ubicada en el valle de los chillos*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Maquera, S. L. (2015). *Evaluación del efecto pigmentante y nutricional del Haematococcus Pluvialis como bioagente aplicado en la dieta de*

- truchas en el criadero C.E.D.E.Pez Puno 2014*. Arequipa – Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Martínez, C., Ruiz, X., & Morales, S. (2016). *Huella Hídrica de una Finca Ganadera Lechera bajo las condiciones agroecológicas del valle del Cauca*. Universidad del Cauca.
- Martínez, M. (2005). *Manual para la cría masiva de Neochetina spp utilizado en el control biológico de lirio acuático*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Mateluna, F. (2015). *Aplicación de un sistema de control de gestión para la unidad de repuestos minería de Komatsu Chile S.A*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de Suelos*. Lima - Perú: Dirección General de Calidad Ambiental.
- Mora, D. (2018). *Proyecto de riego por goteo para cultivo de zarzamora en el rancho La Herradura Periban de ramos, Michoacán*. Puebla - México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Moreira, D., Castro, C., & Cascante, R. (2017). *Guía Metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica*. Unión Europea.
- Muñoz, H. A. (2017). *Plan de negocios para el escalamiento productivo de un sistema de Recirculación de agua modular para la Industria Acuicola*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Narváez, L. D., & Paz, P. A. (2018). *Metodología para determinar la huella hídrica en un centro médico*. Boletín Informativo CEI.

- Olortegui, R. (2015). *Microalgas verde amarillentas - Dulce acuicola con potencial de remoción de Cadmio*. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Ponce, A. (2018). *Análisis y determinación de la oferta ambiental del recurso hídrico, mediante el método del balance hídrico – térmico, en la cuenca del río higueras - región Huánuco – Perú, para los meses de enero a diciembre del 2017*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco.
- Poveda, R. A. (2014). *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de Aguas Residuales Industrial y de uso Agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Quispe, U. R. (2021). *Ecoeficiencia del sector agrícola y huella hídrica para la sostenibilidad económica, provincia de Chupaca - 2020*. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del centro del Perú.
- Reckmann, O., Ibarra, D., & Ivelic-Sáez, J. (2022). *Diseño de riego subterráneo*. Lima - Perú: INIA.
- Rendón, E. (2015). *La Huella Hídrica como un indicador de Sustentabilidad y su aplicación en el Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rojas, G. M. (2017). *Identificación del impacto ambiental que generara el ecoturismo en los sitios naturales de uso turístico en la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali*. Pucallpa - Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Rosales, E. (2016). *Determinación de metales pesados en tres especies de peces en el tramo Cachicoto – Monzón*. Tingo María – Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Salomo, J. (2019). *Riego por goteo subterráneo en cultivos de maíz y alfalfa*. Lleida - España: Vida Rural.
- Sosa, A., & Carla, M. (2018). *Control Biológico de Macrófitas la Laguna del Ojo, Reserva san Vicente*. Guía de salida de Campo.
- SuizAgua. (2012). *Programa Global Andino*. Cooperación COSUDE .
- Supo, J. (2020). *Seminarios de Investigación Científica*. Arequipa - Perú: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Tamayo, G., & Vila, V. (2018). *Ventajas Competitivas en el proceso de producción de las Piscigranjas de truchas de la Provincia de Canta en el periodo 2015 – 2018*. Lima - Perú: Universidad San Martín de Porres.
- Ticona, J., & Aranibar, M. (2018). *Huella Hídrica de Cultivos Andinos de la Región Puno Comercializados en la Región Arequipa*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Torres, L. V. (2020). *Huella hídrica azul en el área urbana de Ipiales*. Manizales-Caldas: Universidad Católica de Manizales.
- UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020*. París - Francia: Agua y Cambio Climático.
- Vásquez, P. (2018). *Huella Hídrica y Sostenibilidad en la Subcuenca del Río Shullcas, Provincia de Huancayo, Región Junín*. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Vega, I., Diéguez, T., Amador, M., Garibay, N., Espinoza, R., Morañes, B., & Salgado, Z. (2018). Diseño de un sistema de riego subterráneo para abatir la evaporación en suelo desnudo comparado con dos métodos convencionales. *Diseño de un sistema de riego subterráneo para abatir*

*la evaporación en suelo desnudo comparado con dos métodos convencionales, 19.*

Vilca, J., & Aranibar, M. (2018). *Huella Hídrica de cultivos andinos de la Región Puno comercializados en la Región Arequipa - 2018*. Universidad Nacional del Altiplano.

Zambrano, M., Montenegro, J., & Reyes, H. (2018). *Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito*. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

#### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Cárdenas Abal, L. (2025). *Comparación de dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023* [Tesis de posgrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Matriz de Consistencia

#### “COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEO (SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO) PARA OPTIMIZAR LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN UN SUELO AGRÍCOLA, YARUMAYO, HUÁNUCO - 2023”

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b><u>General</u></b>	<b><u>General</u></b>	<b>Variable Independiente</b>			<b><i>Tipo de Investigación</i></b>
¿De qué manera las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) optimizan la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023?	Comparar las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) para optimizar la huella hídrica azul en un suelo agrícola, Yarumayo, Huánuco - 2023.	<b>Técnicas de riego por goteo</b>	Demanda de agua	Caudal Demanda de agua Lt	<b><i>Nivel</i></b> * Cuantitativo. * Experimental.
<b><u>Específicos</u></b>	<b><u>Específicos</u></b>		T° del suelo	T°	<b><i>Diseño de Investigación</i></b> * Comparativo – longitudinal.
¿Cuál es la demanda de agua del suelo con cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023?	Medir la demanda de agua del suelo con cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023	Riego Superficial	Humedad del suelo	H°=g/m3	<b><i>Población</i></b>
		Riego Subterráneo	Huella hídrica azul	(m3 /ton) (m3 /Ha) (Ton/Ha)	Se estima a toda el área de sembrío de alfalfa en el Distrito de Yarumayo, Departamento de Huánuco, la cual presenta un aproximado de 1 hectárea. Dicha población es un conjunto global de los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018).

---

¿Cuál es la humedad del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023?

Medir la humedad del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023

(m3 /ton)  
(m3 /Ha)  
(Ton/Ha)

---

**Muestra**

La muestra a utilizar para desarrollar la presente investigación son las parcelas de cultivo de alfalfa delimitadas de dimensiones de 30 m2 por cada grupo (grupo experimental 1 y grupo experimental 2) en el distrito de Yarumayo que se transportará al sistema de escala experimental. La muestra es un subconjunto de elementos que conforman a la población, que se define por sus características (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018).

**Criterio de Inclusión**

\* Cultivo de alfalfa

**Procesamiento de Datos**

\* Estadística y SPSS.

¿Cuál es la temperatura del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023?

Medir la temperatura del suelo con el uso de cada una de las técnicas del riego por goteo (superficial y subterráneo), Yarumayo, Huánuco – 2023

**V. Dependiente**

Huella hídrica azul

Volumen de agua utilizado



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA,  
CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

**ANEXO 2**

**Formatos para Humedad y Temperatura**

<b><u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u></b>					
MEDICIÓN:	FECHA:				
HORA:	MUESTRA N°:				
UBICACIÓN:	PROFUNDIDAD (m):				
MUESTRA					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					

*Nota.* Capraro y Tosetti (2020).



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA,  
CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

**FORMATO**

<b><u>TEMPERATURA</u></b>					
MEDICIÓN:	FECHA:				
HORA:	MUESTRA N°:				
UBICACIÓN:	PROFUNDIDAD (m):				
MUESTRA					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					

## ANEXO 3

### Base de Datos (Huella Hídrica Azul)

- Huella Hídrica Azul de la Alfalfa (*Riego por goteo SUPERFICIAL*)

Horas/día	1.5	Puntos (Distribución Muestral) - HUELLA HÍDRICA AZUL (HHa) (Lt/Kg) - Riego por Goteo SUPERFICIAL										10.29 Kg
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
4/10/2023	M1	114.530	111.227	112.399	108.426	113.509	114.392	111.993	109.273	109.482	117.083	109.114
7/10/2023	M2	115.149	117.847	119.826	121.887	116.701	121.073	112.554	122.752	119.530	117.749	115.215
11/10/2023	M3	112.913	120.707	113.316	110.167	118.707	115.340	113.763	110.167	110.388	118.040	111.174
14/10/2023	M4	112.496	115.105	117.079	119.058	113.991	118.264	109.945	119.902	116.760	115.019	112.546
18/10/2023	M5	113.907	116.574	118.541	120.568	115.437	119.763	111.337	121.423	118.238	116.476	113.970
21/10/2023	M6	123.307	113.915	116.806	120.584	120.584	117.150	120.772	111.041	129.514	119.903	116.042
25/10/2023	M7	116.005	118.740	120.721	122.801	117.576	121.981	113.408	123.672	120.437	118.642	116.082
28/10/2023	M8	120.621	119.022	114.096	121.360	121.360	121.410	129.430	111.756	130.359	130.305	118.584
1/11/2023	M9	108.379	111.815	113.820	109.018	117.469	114.125	117.644	108.173	106.687	108.334	108.448
4/11/2023	M10	115.252	111.934	104.670	109.117	114.232	115.133	112.706	109.970	110.191	117.829	108.989
8/11/2023	M11	125.084	112.222	116.855	120.621	120.621	117.199	120.822	111.076	129.567	113.868	115.494
11/11/2023	M12	118.720	117.125	118.257	103.967	115.996	116.033	113.597	122.011	118.810	117.039	112.929
15/11/2023	M13	114.970	111.663	112.845	108.852	113.955	114.854	112.432	109.703	109.912	117.543	109.543
18/11/2023	M14	111.328	114.880	116.904	112.002	120.684	117.260	120.872	111.133	109.612	111.306	111.415
22/11/2023	M15	124.322	120.824	121.975	117.757	123.277	124.246	121.639	118.677	118.933	127.168	118.496
25/11/2023	M16	115.728	118.446	120.431	122.509	117.296	121.691	113.139	123.378	120.151	118.361	115.804
29/11/2023	M17	116.801	128.707	123.480	127.484	122.059	126.630	117.737	127.484	122.314	126.794	120.506
2/12/2023	M18	118.322	114.222	117.029	119.020	113.955	118.213	109.898	114.799	118.402	114.970	112.664
6/12/2023	M19	117.307	116.574	113.460	116.292	119.713	120.618	115.619	119.713	111.384	121.614	113.973
9/12/2023	M20	125.534	126.643	116.087	128.132	131.742	126.378	117.503	128.132	122.071	126.542	121.408
13/12/2023	M21	126.214	118.229	127.481	125.194	132.451	127.058	118.135	128.822	125.454	119.952	121.430
16/12/2023	M22	121.188	125.849	125.136	121.050	121.050	125.584	116.766	127.327	124.001	122.155	119.594
20/12/2023	M23	133.016	128.696	127.928	123.784	128.369	119.246	130.420	126.535	124.958	129.501	123.711
23/12/2023	M24	185.007	148.261	176.936	154.072	153.031	146.861	146.034	186.344	159.663	159.594	157.092
27/12/2023	M25	144.089	157.641	139.444	144.093	146.108	141.133	141.334	143.085	140.387	147.391	140.457
30/12/2023	M26	140.746	134.199	136.219	148.593	132.848	136.847	128.162	120.055	136.111	135.063	131.137

- Huella Hídrica Azul de la Alfalfa (*Riego por goteo SUBTERRÁNEO*)

Horas/día	1.5	Puntos (Distribución Muestral) - HUELLA HÍDRICA AZUL (HHa) (Lt/Kg) - Riego por Goteo SUBTERRÁNEO										7.29 Kg
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
4/10/2023	M1	143.776	135.218	138.641	131.201	137.419	135.111	135.972	138.962	137.829	139.497	188.537
7/10/2023	M2	135.399	133.652	145.008	133.927	140.270	137.923	138.801	141.863	140.698	133.652	189.575
11/10/2023	M3	136.341	144.108	138.930	133.153	137.691	136.241	137.109	140.128	136.398	140.656	189.516
14/10/2023	M4	143.322	134.791	138.204	130.774	139.541	134.673	135.531	138.525	137.394	140.763	188.522
18/10/2023	M5	140.832	136.512	131.328	133.319	138.744	136.411	137.280	140.303	139.162	143.424	189.043
21/10/2023	M6	147.269	138.503	140.256	137.909	141.654	146.352	139.299	142.359	132.421	151.652	194.583
25/10/2023	M7	147.874	139.072	146.113	139.356	143.117	133.671	153.147	135.001	140.890	138.191	194.412
28/10/2023	M8	139.413	142.942	135.001	141.466	141.696	139.322	140.209	143.292	135.056	141.178	192.099
1/11/2023	M9	134.891	138.306	137.452	139.438	137.088	134.786	135.645	138.641	137.510	139.160	188.440
4/11/2023	M10	144.698	136.085	139.531	132.041	138.312	135.987	136.853	145.046	136.142	139.531	189.992
8/11/2023	M11	134.175	142.944	147.329	138.844	140.832	134.946	139.356	142.417	134.230	142.944	191.885
11/11/2023	M12	145.848	145.848	140.639	131.361	139.406	137.075	137.948	140.989	145.040	136.298	192.219
15/11/2023	M13	139.195	135.758	139.195	131.724	137.966	145.152	136.512	139.516	131.504	140.054	188.942
18/11/2023	M14	138.631	142.140	134.244	141.538	146.173	148.236	139.413	140.717	134.299	148.282	194.034
22/11/2023	M15	157.211	157.211	157.211	157.560	157.834	158.169	158.169	157.621	157.287	151.629	215.477
25/11/2023	M16	138.730	138.730	142.242	134.616	141.005	138.644	139.527	139.072	138.787	138.730	190.796
29/11/2023	M17	153.574	144.433	148.089	140.151	150.478	144.366	145.286	148.454	147.233	149.003	201.911
2/12/2023	M18	134.735	138.998	131.324	139.277	141.209	132.058	135.488	140.176	141.616	138.998	188.572
6/12/2023	M19	145.152	136.512	139.968	132.454	137.877	136.411	137.280	132.509	139.162	140.832	189.159
9/12/2023	M20	145.958	143.222	144.134	139.862	146.520	144.069	144.987	148.162	146.929	148.695	199.368
13/12/2023	M21	148.585	140.330	146.750	140.633	127.977	144.861	145.783	148.964	144.055	144.916	196.666
16/12/2023	M22	152.289	143.224	146.850	138.981	147.404	143.151	144.063	147.214	146.001	147.756	199.971
20/12/2023	M23	155.751	146.480	150.189	142.148	151.702	146.443	147.376	150.582	146.551	150.189	204.155
23/12/2023	M24	166.573	170.790	170.790	161.701	172.607	166.663	167.725	171.300	169.823	171.844	231.936
27/12/2023	M25	171.370	171.370	172.390	167.674	172.096	172.504	172.504	169.808	155.118	171.370	232.812
30/12/2023	M26	162.324	153.361	162.324	153.721	162.998	152.354	158.368	156.786	157.415	162.324	217.134

- Demanda de Agua para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUPERFICIAL*)

		Puntos (Distribución Muestral) - CAUDAL (Q) (Lt/min) - Riego por Goteo SUPERFICIAL										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
4/10/2023	M1	9.357	9.434	9.320	9.412	9.412	9.415	9.427	9.412	9.430	9.427	94.046
7/10/2023	M2	9.548	9.628	9.510	9.605	9.605	9.609	9.620	9.605	9.624	9.620	95.974
11/10/2023	M3	9.433	9.512	9.396	9.489	9.489	9.493	9.504	9.489	9.508	9.504	94.817
14/10/2023	M4	9.328	9.404	9.292	9.382	9.382	9.386	9.397	9.382	9.401	9.397	93.751
18/10/2023	M5	9.445	9.524	9.408	9.501	9.501	9.505	9.516	9.501	9.520	9.516	94.937
21/10/2023	M6	9.581	9.662	9.543	9.639	9.639	9.642	9.654	9.639	9.658	9.654	96.311
25/10/2023	M7	9.619	9.701	9.581	9.677	9.677	9.681	9.693	9.677	9.697	9.693	96.696
28/10/2023	M8	9.642	9.724	9.604	9.701	9.701	9.705	9.717	9.701	9.721	9.717	96.933
1/11/2023	M9	9.335	9.412	9.299	9.390	9.390	9.393	9.404	9.390	9.408	9.404	93.825
4/11/2023	M10	9.416	9.494	9.379	9.472	9.472	9.476	9.487	9.472	9.491	9.487	94.646
8/11/2023	M11	9.585	9.666	9.547	9.642	9.642	9.646	9.658	9.642	9.662	9.658	96.348
11/11/2023	M12	9.490	9.569	9.453	9.547	9.547	9.550	9.562	9.547	9.566	9.562	95.393
15/11/2023	M13	9.393	9.471	9.357	9.449	9.449	9.453	9.464	9.449	9.467	9.464	94.416
18/11/2023	M14	9.589	9.670	9.551	9.647	9.647	9.651	9.662	9.647	9.666	9.662	96.392
22/11/2023	M15	10.157	10.248	10.114	10.222	10.222	10.226	10.239	10.222	10.244	10.239	102.133
25/11/2023	M16	9.596	9.677	9.558	9.654	9.654	9.658	9.670	9.654	9.674	9.670	96.465
29/11/2023	M17	9.983	10.071	9.942	10.046	10.046	10.050	10.063	10.046	10.067	10.063	100.377
2/12/2023	M18	9.324	9.401	9.288	9.379	9.379	9.382	9.393	9.379	9.397	9.393	93.715
6/12/2023	M19	9.445	9.524	9.408	9.501	9.501	9.505	9.516	9.501	9.520	9.516	94.937
9/12/2023	M20	9.963	10.051	9.922	10.026	10.026	10.030	10.043	10.026	10.047	10.043	100.177
13/12/2023	M21	10.017	10.105	9.975	10.080	10.080	10.084	10.097	10.080	10.101	10.097	100.716
16/12/2023	M22	9.901	9.988	9.861	9.963	9.963	9.967	9.980	9.963	9.984	9.980	99.550
20/12/2023	M23	10.123	10.214	10.081	10.188	10.188	10.192	10.205	10.188	10.209	10.205	101.793
23/12/2023	M24	11.484	11.601	11.430	11.567	11.567	11.573	11.590	11.567	11.595	11.590	115.564
27/12/2023	M25	11.118	11.228	11.067	11.196	11.196	11.201	11.217	11.196	11.222	11.217	111.858
30/12/2023	M26	10.860	10.964	10.811	10.934	10.934	10.939	10.954	10.934	10.959	10.954	109.243

- Demanda de Agua para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUBTERRÁNEO*)

		Puntos (Distribución Muestral) - CAUDAL (Q) (Lt/min) - Riego por Goteo SUBTERRÁNEO										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
4/10/2023	M1	9.509	9.509	9.509	9.528	9.543	9.562	9.562	9.531	9.512	9.509	95.274
7/10/2023	M2	9.706	9.706	9.706	9.726	9.741	9.761	9.761	9.730	9.710	9.706	97.253
11/10/2023	M3	9.588	9.588	9.588	9.607	9.622	9.642	9.642	9.611	9.592	9.588	96.068
14/10/2023	M4	9.479	9.479	9.479	9.497	9.512	9.531	9.531	9.501	9.482	9.479	94.970
18/10/2023	M5	9.600	9.600	9.600	9.619	9.635	9.654	9.654	9.623	9.604	9.600	96.189
21/10/2023	M6	9.740	9.740	9.740	9.760	9.776	9.796	9.796	9.764	9.744	9.740	97.596
25/10/2023	M7	9.780	9.780	9.780	9.800	9.816	9.836	9.836	9.804	9.784	9.780	97.996
28/10/2023	M8	9.804	9.804	9.804	9.824	9.840	9.860	9.860	9.828	9.808	9.804	98.236
1/11/2023	M9	9.486	9.486	9.486	9.505	9.520	9.539	9.539	9.509	9.490	9.486	95.046
4/11/2023	M10	9.570	9.570	9.570	9.589	9.605	9.624	9.624	9.593	9.574	9.570	95.889
8/11/2023	M11	9.744	9.744	9.744	9.764	9.780	9.800	9.800	9.768	9.748	9.744	97.636
11/11/2023	M12	9.646	9.646	9.646	9.666	9.681	9.701	9.701	9.670	9.650	9.646	96.653
15/11/2023	M13	9.547	9.547	9.547	9.566	9.581	9.600	9.600	9.569	9.550	9.547	95.654
18/11/2023	M14	9.749	9.749	9.749	9.768	9.784	9.804	9.804	9.772	9.753	9.749	97.681
22/11/2023	M15	10.336	10.336	10.336	10.359	10.377	10.399	10.399	10.363	10.341	10.336	103.582
25/11/2023	M16	9.756	9.756	9.756	9.776	9.792	9.812	9.812	9.780	9.760	9.756	97.756
29/11/2023	M17	10.157	10.157	10.157	10.178	10.195	10.217	10.217	10.182	10.161	10.157	101.778
2/12/2023	M18	9.475	9.475	9.475	9.494	9.509	9.528	9.528	9.497	9.479	9.475	94.935
6/12/2023	M19	9.600	9.600	9.600	9.619	9.635	9.654	9.654	9.623	9.604	9.600	96.189
9/12/2023	M20	10.136	10.136	10.136	10.157	10.175	10.196	10.196	10.162	10.140	10.136	101.570
13/12/2023	M21	10.191	10.191	10.191	10.213	10.230	10.252	10.252	10.217	10.195	10.191	102.123
16/12/2023	M22	10.072	10.072	10.072	10.093	10.110	10.131	10.131	10.097	10.076	10.072	100.926
20/12/2023	M23	10.301	10.301	10.301	10.323	10.341	10.364	10.364	10.328	10.306	10.301	103.230
23/12/2023	M24	11.714	11.714	11.714	11.743	11.766	11.795	11.795	11.749	11.720	11.714	117.424
27/12/2023	M25	11.334	11.334	11.334	11.360	11.382	11.409	11.409	11.366	11.339	11.334	113.601
30/12/2023	M26	11.065	11.065	11.065	11.091	11.111	11.137	11.137	11.096	11.070	11.065	110.902

- Humedad del Suelo para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUPERFICIAL*)

		Puntos (Distribución Muestral) - HUMEDAD (Hr) (%) - Riego por Goteo SUPERFICIAL										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PROMEDIO
4/10/2023	M1	13.6%	13.1%	13.4%	12.8%	13.4%	13.5%	13.2%	12.9%	12.9%	13.8%	13.26%
7/10/2023	M2	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.72%
11/10/2023	M3	13.3%	14.1%	13.4%	12.9%	13.9%	13.5%	13.3%	12.9%	12.9%	13.8%	13.40%
14/10/2023	M4	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.72%
18/10/2023	M5	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.72%
21/10/2023	M6	14.3%	13.1%	13.6%	13.9%	13.9%	13.5%	13.9%	12.8%	14.9%	13.8%	13.77%
25/10/2023	M7	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.72%
28/10/2023	M8	13.9%	13.6%	13.2%	13.9%	13.9%	13.9%	14.8%	12.8%	14.9%	14.9%	13.98%
1/11/2023	M9	12.9%	13.2%	13.6%	12.9%	13.9%	13.5%	13.9%	12.8%	12.6%	12.8%	13.21%
4/11/2023	M10	13.6%	13.1%	12.4%	12.8%	13.4%	13.5%	13.2%	12.9%	12.9%	13.8%	13.16%
8/11/2023	M11	14.5%	12.9%	13.6%	13.9%	13.9%	13.5%	13.9%	12.8%	14.9%	13.1%	13.70%
11/11/2023	M12	13.9%	13.6%	13.9%	12.1%	13.5%	13.5%	13.2%	14.2%	13.8%	13.6%	13.53%
15/11/2023	M13	13.6%	13.1%	13.4%	12.8%	13.4%	13.5%	13.2%	12.9%	12.9%	13.8%	13.26%
18/11/2023	M14	12.9%	13.2%	13.6%	12.9%	13.9%	13.5%	13.9%	12.8%	12.6%	12.8%	13.21%
22/11/2023	M15	13.6%	13.1%	13.4%	12.8%	13.4%	13.5%	13.2%	12.9%	12.9%	13.8%	13.26%
25/11/2023	M16	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.72%
29/11/2023	M17	13.0%	14.2%	13.8%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.72%
2/12/2023	M18	14.1%	13.5%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	13.6%	14.0%	13.6%	13.74%
6/12/2023	M19	13.8%	13.6%	13.4%	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.72%
9/12/2023	M20	14.0%	14.0%	13.0%	14.2%	14.6%	14.0%	13.0%	14.2%	13.5%	14.0%	13.85%
13/12/2023	M21	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	14.6%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.2%	13.78%
16/12/2023	M22	13.6%	14.0%	14.1%	13.5%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	13.73%
20/12/2023	M23	14.6%	14.0%	14.1%	13.5%	14.0%	13.0%	14.2%	13.8%	13.6%	14.1%	13.89%
23/12/2023	M24	17.9%	14.2%	17.2%	14.8%	14.7%	14.1%	14.0%	17.9%	15.3%	15.3%	15.54%
27/12/2023	M25	14.4%	15.6%	14.0%	14.3%	14.5%	14.0%	14.0%	14.2%	13.9%	14.6%	14.35%
30/12/2023	M26	14.4%	13.6%	14.0%	15.1%	13.5%	13.9%	13.0%	12.2%	13.8%	13.7%	13.72%

- Humedad del Suelo para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUBTERRÁNEO*)

		Puntos (Distribución Muestral) - HUMEDAD (H) (%) - Riego por Goteo SUBTERRÁNEO										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PROMEDIO
4/10/2023	M1	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	16.02%
7/10/2023	M2	15.5%	15.3%	16.6%	15.3%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	15.3%	15.78%
11/10/2023	M3	15.8%	16.7%	16.1%	15.4%	15.9%	15.7%	15.8%	16.2%	15.8%	16.3%	15.97%
14/10/2023	M4	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.3%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.5%	16.07%
18/10/2023	M5	16.3%	15.8%	15.2%	15.4%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.6%	15.91%
21/10/2023	M6	16.8%	15.8%	16.0%	15.7%	16.1%	16.6%	15.8%	16.2%	15.1%	17.3%	16.14%
25/10/2023	M7	16.8%	15.8%	16.6%	15.8%	16.2%	15.1%	17.3%	15.3%	16.0%	15.7%	16.06%
28/10/2023	M8	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	15.83%
1/11/2023	M9	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	16.05%
4/11/2023	M10	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	15.7%	15.8%	16.8%	15.8%	16.2%	16.04%
8/11/2023	M11	15.3%	16.3%	16.8%	15.8%	16.0%	15.3%	15.8%	16.2%	15.3%	16.3%	15.91%
11/11/2023	M12	16.8%	16.8%	16.2%	15.1%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.7%	15.7%	16.10%
15/11/2023	M13	16.2%	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.3%	15.99%
18/11/2023	M14	15.8%	16.2%	15.3%	16.1%	16.6%	16.8%	15.8%	16.0%	15.3%	16.9%	16.08%
22/11/2023	M15	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%	16.3%	16.84%
25/11/2023	M16	15.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.0%	15.7%	15.8%	15.8%	15.8%	15.8%	15.80%
29/11/2023	M17	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.4%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	16.06%
2/12/2023	M18	15.8%	16.3%	15.4%	16.3%	16.5%	15.4%	15.8%	16.4%	16.6%	16.3%	16.08%
6/12/2023	M19	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	15.9%	15.7%	15.8%	15.3%	16.1%	16.3%	15.92%
9/12/2023	M20	16.0%	15.7%	15.8%	15.3%	16.0%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	15.89%
13/12/2023	M21	16.2%	15.3%	16.0%	15.3%	13.9%	15.7%	15.8%	16.2%	15.7%	15.8%	15.59%
16/12/2023	M22	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.2%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	16.04%
20/12/2023	M23	16.8%	15.8%	16.2%	15.3%	16.3%	15.7%	15.8%	16.2%	15.8%	16.2%	16.01%
23/12/2023	M24	15.8%	16.2%	16.2%	15.3%	16.3%	15.7%	15.8%	16.2%	16.1%	16.3%	15.99%
27/12/2023	M25	16.8%	16.8%	16.9%	16.4%	16.8%	16.8%	16.8%	16.6%	15.2%	16.8%	16.59%
30/12/2023	M26	16.3%	15.4%	16.3%	15.4%	16.3%	15.2%	15.8%	15.7%	15.8%	16.3%	15.85%

- Temperatura del Suelo para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUPERFICIAL*)

		Puntos (Distribución Muestral) - TEMPERATURA (T) (°C) - Riego por Goteo SUPERFICIAL										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PROMEDIO
4/10/2023	M1	20.4	19.1	20.6	19.7	20.6	19.4	20.1	20.5	19.8	19.9	20.01
7/10/2023	M2	19.3	17.9	20.4	20.5	20.4	20.5	20.5	19.9	18.3	18.4	19.61
11/10/2023	M3	19.4	20.1	19.6	19.7	20.6	19.4	19.1	20.5	19.8	19.9	19.81
14/10/2023	M4	19.3	17.9	20.4	20.5	20.4	20.5	20.5	19.9	18.3	18.4	19.61
18/10/2023	M5	19.3	20.9	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.85
21/10/2023	M6	19.4	19.8	19.6	19.7	19.6	20.5	19.1	20.1	19.5	19.8	19.71
25/10/2023	M7	19.3	20.9	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.85
28/10/2023	M8	18.9	19.6	19.6	19.7	19.1	20.5	18.9	20.7	19.5	19.6	19.61
1/11/2023	M9	20.4	18.8	19.6	18.9	19.6	20.8	19.1	20.1	19.5	19.8	19.66
4/11/2023	M10	19.4	19.1	20.6	19.7	20.6	19.4	20.1	20.5	19.8	19.9	19.91
8/11/2023	M11	19.6	19.8	19.6	19.1	19.6	20.5	19.1	20.1	19.5	19.8	19.67
11/11/2023	M12	19.5	19.6	19.1	20.5	20.4	20.5	20.6	19.9	18.3	18.4	19.68
15/11/2023	M13	19.4	19.1	20.6	19.7	20.6	19.4	20.1	20.5	19.8	19.9	19.91
18/11/2023	M14	19.5	18.8	19.6	18.9	19.6	20.8	19.1	20.1	19.5	19.8	19.57
22/11/2023	M15	19.4	19.1	20.6	20.6	20.6	19.4	20.1	20.5	19.8	19.9	20.00
25/11/2023	M16	19.3	20.9	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.85
29/11/2023	M17	20.5	19.8	18.3	20.5	20.7	19.5	20.5	20.5	20.7	19.5	20.05
2/12/2023	M18	20.5	20.7	19.5	20.5	20.7	19.5	20.5	20.9	20.6	18.4	20.18
6/12/2023	M19	18.3	18.4	19.3	20.9	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	19.85
9/12/2023	M20	19.5	19.5	20.5	19.8	18.4	19.5	20.5	19.1	20.7	19.5	19.70
13/12/2023	M21	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.5	20.5	19.1	18.3	19.2	19.31
16/12/2023	M22	20.9	20.6	20.5	20.7	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.99
20/12/2023	M23	20.6	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	20.5	19.94
23/12/2023	M24	20.4	19.4	19.7	19.8	20.3	19.5	19.3	20.3	19.3	20.3	19.83
27/12/2023	M25	19.4	20.9	20.6	20.5	20.7	19.5	20.5	19.8	18.3	18.4	19.86
30/12/2023	M26	18.3	20.9	20.6	17.5	20.7	19.5	19.5	19.8	18.3	18.9	19.40

- Temperatura del Suelo para cultivo de Alfalfa (*Riego por goteo SUBTERRÁNEO*)

		Puntos (Distribución Muestral) - TEMPERATURA (T) (°C) - Riego por Goteo SUBTERRÁNEO										
FECHA	Medición	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PROMEDIO
4/10/2023	M1	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.25
7/10/2023	M2	23.9	23.4	24.4	23.9	24.3	24.7	24.9	24.7	24.2	24.6	24.30
11/10/2023	M3	24.7	24.3	24.2	23.8	23.8	24.7	24.9	24.4	24.5	23.9	24.32
14/10/2023	M4	24.3	23.9	24.1	23.8	23.8	24.7	24.5	24.8	24.2	24.6	24.27
18/10/2023	M5	23.5	23.4	24.3	23.8	23.8	23.7	24.9	24.8	24.2	24.4	24.08
21/10/2023	M6	24.4	23.4	23.8	23.7	24.2	24.4	24.9	24.8	24.5	24.4	24.25
25/10/2023	M7	23.4	23.4	24.4	24.9	24.8	24.5	24.4	23.8	23.8	24.7	24.21
28/10/2023	M8	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.9	24.33
1/11/2023	M9	24.8	24.8	24.2	24.1	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.44
4/11/2023	M10	24.4	23.4	24.4	23.8	26.3	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.50
8/11/2023	M11	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.25
11/11/2023	M12	23.8	23.8	24.7	24.9	23.8	24.7	24.9	24.8	24.6	24.3	24.43
15/11/2023	M13	24.7	23.1	23.6	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.17
18/11/2023	M14	23.8	26.3	23.8	24.2	24.4	24.4	23.4	23.8	23.4	24.4	24.19
22/11/2023	M15	24.4	23.4	23.6	23.5	23.4	23.5	24.6	22.9	20.6	24.1	23.40
25/11/2023	M16	23.8	23.4	23.6	23.8	23.3	24.7	24.9	24.9	24.9	24.1	24.14
29/11/2023	M17	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.25
2/12/2023	M18	24.4	25.4	24.4	23.8	23.8	24.7	25.9	24.8	24.2	24.1	24.55
6/12/2023	M19	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.4	23.8	23.8	23.1	23.96
9/12/2023	M20	24.4	23.4	24.4	24.4	23.4	24.4	24.9	24.8	26.2	24.1	24.44
13/12/2023	M21	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	24.8	24.1	24.2	24.1	24.00
16/12/2023	M22	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	23.2	23.6	23.8	23.8	23.6	23.78
20/12/2023	M23	24.4	23.4	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.25
23/12/2023	M24	23.8	23.8	24.4	23.8	23.8	24.7	24.9	24.8	24.2	24.1	24.23
27/12/2023	M25	24.4	23.4	24.4	23.2	23.8	24.7	24.5	24.9	24.3	24.1	24.17
30/12/2023	M26	23.9	23.4	24.4	23.8	23.9	23.4	24.9	23.9	23.4	24.4	23.94

## ANEXO 4

### Plan de Acción (Riego por Goteo)

#### PLAN DE ACCIÓN “COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE RIEGO POR GOTEO (SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO) PARA OPTIMIZAR LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN UN SUELO AGRÍCOLA, YARUMAYO, HUÁNUCO - 2023”

Control de variables de las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) y la huella hídrica azul.

#### **FASE DE PLANIFICACIÓN**

##### **1) Identificar las variables que se quieren investigar**

###### **a) Dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo)**

La comparación de las dos técnicas de riego por goteo (superficial y subterráneo) aportará a la reducción de la huella hídrica azul en el uso en un suelo agrícola en el distrito de Yarumayo mediante indicadores de la huella hídrica azul.

###### **b) Huella hídrica azul**

Los riesgos potenciales que se pudieron identificar son un escenario de déficit hídrico en épocas de verano, desperdicio del recurso hídrico en épocas de invierno, falta de sensibilización a la población sobre el manejo adecuado del agua, no cuentan con programas, capacitaciones sobre el manejo del recurso hídrico.

Según los indicadores de la huella hídrica identificados en el análisis previo, se mostraron puntos críticos del recurso hídrico en la agricultura que el presente diseño experimental pretende reducir.

###### **c) Identificar las variables para controlar y decidir qué acciones habrá que realizar**

#### **HUELLA AZUL**

Mediciones en el grupo experimental mediante medición del porcentaje de humedad y T° con el equipo, **PH-328 (Medidor de pH, humedad y temperatura de suelo)** y el cálculo de la huella hídrica azul, se calcula como el componente azul del uso de agua del cultivo (UAC<sub>azul</sub>, m<sup>3</sup>/ha) dividido entre el rendimiento del cultivo (R, t/ha), así mismo la determinación del caudal que ingresa en el uso del sistema de riego por goteo (superficial y subterráneo).

##### **2) Escoger una variable independiente y una dependiente**

###### **Variable Independiente:**

- Técnicas de riego por goteo

###### **Variable Dependiente:**

- Huella Hídrica azul

### 3) Planificación del Plan de acción

#### a. Cultivo con que se va a trabajar: ALFALFA

**Nombre científico:** *Medicago sativa*

**Características:** una planta herbácea perenne con pequeñas flores púrpura que crecen en racimo. Su uso tradicional ha sido tanto medicinal como alimentario. Con fines medicinales se utiliza todas las partes de esta planta: raíces, tallo, hojas, flores y semillas.

Es una de las plantas comestibles más nutritiva y en la cocina podemos consumirla en brotes de alfalfa o germinados de alfalfa, las semillas y también sus hojas.

Se requiere un suelo labrado que proporcione una cama de siembra estable y con buena disposición de humedad.

Las condiciones del suelo son indispensables para el buen desarrollo de la alfalfa, susceptible al encharcamiento del terreno.

**Área:** cultivo de alfalfa delimitadas de dimensiones de 30 m<sup>2</sup> por cada grupo (grupo experimental 1 y grupo experimental 2). Que se transportará al sistema de escala experimental.



#### b. Sistema de dos técnicas de riego por goteo

Es uno de los sistemas de riego más usados debido a sus múltiples ventajas. Los beneficios del riego a goteo se deben, entre otras cosas, al ahorro de agua y a que la distribución gota a gota es muy recomendable.

##### **RIEGO SUPERFICIAL**

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo.

**Características:** presenta una válvula principal, suba válvulas de control para cada surco, chupones que pueden ser regulados para determinar la cantidad de agua que debe ingresar a cada planta y para culminar terminales para cada surco.



## RIEGO SUBTERRÁNEO

### Descripción

Profundidad de 10 cm o de acuerdo a la profundidad de la raíz.

### Diseño

#### Materiales

Tuberías: son los conductos por donde circula agua desde la fuente hasta las plantas. Deben ser mangueras de Hdpe resistentes y duraderas.

Goteros: son dispositivos que se instalan en las tuberías y permiten que el agua se distribuya de manera uniforme y controlada a cada planta. Hay diferentes tipos de goteros según el caudal y la presión requeridos.

Codos y conectores: se utilizan para unir las tuberías y adaptar las direcciones del riego. Son importantes para diseñar y construir de forma eficiente el sistema de riego por goteo.

Filtro de agua: es necesario para evitar que partículas y sedimentos obstruyan los goteros. Se recomienda utilizar filtros de malla fina o filtros auto limpiantes.

Válvulas de control: se utilizan para regular el flujo de agua en el sistema de riego. Pueden ser manuales o automáticas, y son importantes para programar y ajustar el riego según las necesidades de las plantas.



## b) Recopilación de Datos

A través de las manipulaciones, observaciones y/o medidas:

**Formato para el cálculo de Huella hídrica Azul:** El componente azul ( $HH_{proc, azul}$ ,  $m^3/t$ ) se calcula de forma similar.

$$HH_{proc, azul} = \frac{UAC_{azul}}{R} [volumen/masa]$$

## c) Representar los datos

**Proceso Estadístico:** El proceso estadístico está basado en mediciones en distintos momentos en un tiempo determinado. El proceso estadístico no refiere a una técnica, a un algoritmo o a un procedimiento particular, se usa una colección de las herramientas (estadísticas) para datos y análisis del proceso, como diagramas de barras y/o líneas.

**d) Analizar los datos**

**Estadística Inferencial:** La estadística inferencial consiste en métodos, procedimientos y fórmulas que permiten recolectar información para luego analizarla y extraer de ella conclusiones relevantes.

**e) Instrumento por utilizar**

**PH-328 (Medidor de pH, humedad y temperatura de suelo)**



**Características**

- Medición del pH del suelo
- Medición de la temperatura del suelo
- Medición de la humedad del suelo
- Cambia entre tres modos de pH, temperatura y humedad del suelo
- Control de retroiluminación
- Apagado automático
- Si hay grasa u otro tipo de contaminación en la superficie de la sonda, limpie la superficie con alcohol puro al 99 %.

**Especificaciones**

- Rango de medición de PH: 2.0 PH~8.5 PH
- Precisión:  $\pm 0.2$  PH
- Resolución: 0.01 PH
- Rango de medición de temperatura del suelo:  $-10$  °C a  $60$  °C
- Precisión de temperatura:  $\pm 1.5$  °C
- Resolución: 0.1 °C
- Rango de medición de humedad del suelo: 1 %~84 %
- Precisión de humedad:  $\pm 4$  %
- Resolución: 0,1 %
- Temperatura de funcionamiento:  $-10$  ~  $60$  °C
- Fuente de alimentación: 2 pilas AAA de 1,5 V (no incluidas)
- Tamaño:  $\Phi 65 \times 263$  mm
- Longitud de la sonda: 210 mm
- Peso del producto: 107 g

## ANEXO 5

### Panel Fotográfico del Estudio



Materiales utilizados para la instalación de sistema de riego.



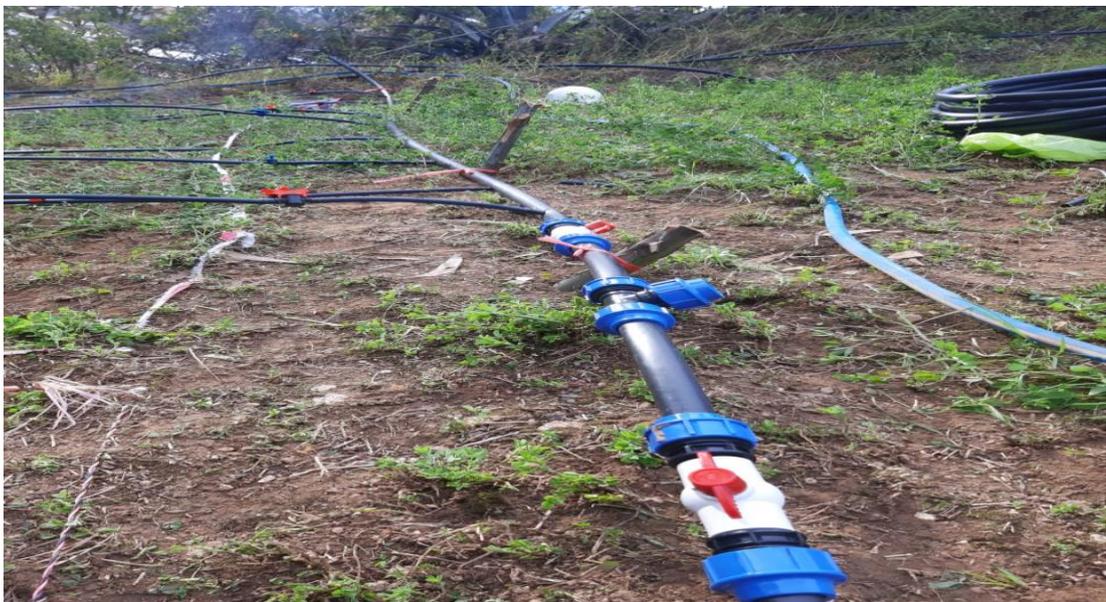
Delimitación del área (Sistema de riego por goteo superficial y subterráneo).



Delimitación del área (Sistema de riego por goteo superficial y subterráneo).



Área delimitada (riego por goteo).



Instalación de sistema de riego (superficial y subterráneo).



Instalación de sistema de riego (superficial y subterráneo).



Instalación de sistema de riego superficial.



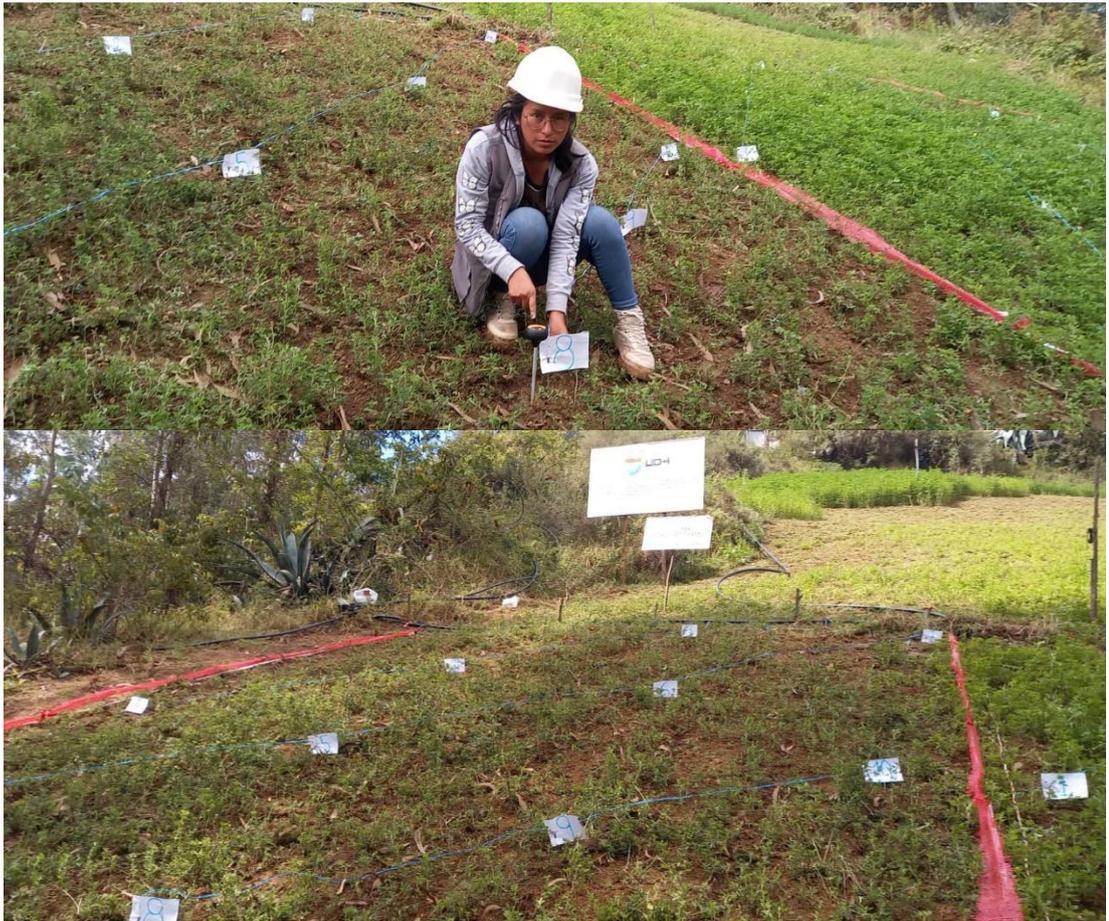
Instalación de sistema de riego subterráneo.



Excavación para el sistema de riego por goteo subterráneo.



Sistema de riego subterráneo.



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Mediciones (riego por goteo superficial y subterráneo).



Visita del ingeniero Simeón Edmundo Calixto Vargas.