



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca
Sativa L.*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN
JAYLLIHUAYA-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. VALERIO CHOQUE ACERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca Sativa* L.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN JAYLLIHUAYA-PUNO

AUTOR

VALERIO CHOQUE ACERO

RECuento de palabras

30444 Words

RECuento de caracteres

145241 Characters

RECuento de páginas

147 Pages

Tamaño del archivo

10.4MB

Fecha de entrega

Jan 23, 2024 11:45 AM GMT-5

Fecha del informe

Jan 23, 2024 11:47 AM GMT-5

● 13% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

Ciencia Tecnología y Medio Ambiente


Dr. Edilberto Huoquisto Ramos
CIP 55474



Resumen



DEDICATORIA

- Esta tesis está dedicada a Dios por darme la vida y guiar mi camino.
- A mi padre, fuente inagotable de amor y apoyo. Su sacrificio y dedicación ha sido la luz que iluminó mi camino a lo largo de esta travesía académica. Gracias por inspirarme y enseñarme el valor invaluable del trabajo duro y la perseverancia.
- A mis sobrinos Jhonnior Pabul y Nohemí Fany por tenerlas a mi lado, enfrentar juntos situaciones adversas y compartir momentos de alegría.

Valerio Choque Acero



AGRADECIMIENTO

- *Agradezco sinceramente a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería Agrícola por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. La infraestructura y el acceso a bibliotecas y bases de datos han sido cruciales para el éxito de este proyecto.*
- *Agradezco a mi hermano Pedro y su esposa Rosa B. Mamani Calderón quienes me apoyaron, son como la imagen de padre y madre lo más importante a lo largo de este camino, mi guía, mi impulso, mi fuerza, mi motor, por confiar en mí.*
- *A mi padre Serapio Choque Mamani por el gran apoyo incondicional en mi formación profesional y personal.*

Valerio Choque Acero



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3. HIPÓTESIS	23
1.3.1. Hipótesis general.....	23
1.3.2. Hipótesis específicas	23
1.4. JUSTIFICACIÓN	23
1.5. OBJETIVOS.....	27
1.5.1. Objetivo general	27
1.5.2. Objetivos específicos	27



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES	28
2.1.1.	Antecedentes internacionales	28
2.1.2.	Antecedentes nacionales	31
2.1.3.	Antecedentes locales	33
2.2.	BASES TEÓRICAS	36
2.2.1.	Generalidades del cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> L.)	36
2.2.1.1.	Origen.....	36
2.2.1.2.	Descripción taxonómica.....	36
2.2.2.	Descripción botánica	37
2.2.2.1.	Hojas	37
2.2.2.2.	Tallo	38
2.2.2.3.	Altura.....	38
2.2.3.	Exigencias del cultivo	38
2.2.3.1.	Clima	38
2.2.3.2.	Suelo.....	38
2.2.3.3.	Agua	38
2.2.4.	Desarrollo y crecimiento del cultivo	39
2.2.4.1.	La etapa de germinación	39
2.2.4.2.	Fase vegetativa	39
2.2.4.3.	Desarrollo de hojas.....	39
2.2.4.4.	Formación de cabezuela.....	39
2.2.4.5.	Floración	39
2.2.4.6.	Producción de Semillas	40



2.2.5. Invernadero	40
2.2.6. Factores climáticos al interior de un invernadero	40
2.2.6.1. Luminosidad.....	40
2.2.6.2. Temperatura	41
2.2.6.3. Radiación solar.....	41
2.2.6.4. Humedad absoluta y relativa.....	41
2.2.7. Tipos de riego.....	41
2.2.7.1. Riego por aspersión.....	41
2.2.7.2. Riego por inundación	42
2.2.7.3. Riego por goteo	42
2.2.8. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	42
2.2.9. Ventajas y desventajas	43
2.2.9.1. Ventajas.....	43
2.2.9.2. Desventajas	44
2.2.10. Riego en el cultivo de lechuga	44
2.2.11. Riego en invernadero	44
2.2.12. Métodos de riego en invernadero.....	44
2.2.13. Necesidades totales de agua.....	45
2.2.14. Frecuencia de riego	45
2.2.15. Tiempo de riego	46
2.2.16. Eficiencia de aplicación	46
2.2.17. Medición de la bandeja	46
2.2.18. Uso del tensiómetro	47
2.2.19. Proceso de evapotranspiración.....	48
2.2.19.1. Evaporación.....	48



2.2.19.2. Transpiración.....	48
2.2.19.3. Evapotranspiración.....	48
2.2.19.4. Evapotranspiración real o actual (ER)	49
2.2.19.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc)	49
2.2.19.6. Evapotranspiración de referencia (ETo)	49
2.2.19.7. Tanque de evaporímetro tipo “A”	50
2.2.20. El estado hídrico del suelo	52
2.2.21. Punto de marchites permanente (PMP).....	52
2.2.22. Densidad aparente (Da).....	52
2.2.23. Capacidad de campo (CC)	53
2.2.24. Lámina de riego (Lr)	53
2.2.25. Lamina neta (Ln).....	53
2.2.26. Lámina bruta (Lb)	54
2.2.27. Coeficiente del cultivo	54

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	56
3.1.1. Ubicación	56
3.1.2. Ubicación geográfica	56
3.1.3. Localización de parcela experimental.....	56
3.1.4. Vías de acceso	57
3.1.5. Temperatura y clima	57
3.1.6. Análisis del suelo	58
3.1.7. Análisis de agua	60
3.2. METODOLOGIA.....	61



3.2.1. Tipo de investigación	61
3.2.2. Diseño de la investigación	61
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	61
3.3.1. Población.....	61
3.3.2. Muestra.....	61
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	62
3.4.1. Variable independiente	62
3.4.2. Variable dependiente.....	62
3.5. MATERIALES.....	63
3.5.1. Materiales.....	63
3.5.2. Equipos.....	63
3.5.3. Abonos	63
3.5.4. Unidad experimental	63
3.5.4.1. Parcela experimental	64
3.5.5. Instalación y acondicionamiento de la unidad experimental	65
3.5.5.1. Implementación del sistema de riego por goteo.....	65
3.5.5.2. Diseño del sistema de riego.....	66
3.5.5.3. Componentes de sistema de riego	66
3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	67
3.6.1. Labores agrícolas desarrolladas	67
3.6.1.1. Preparación del terreno	67
3.6.1.2. Elaboración de semilleros	67
3.6.1.3. Trasplante	68
3.6.1.4. Fertirriego.....	68
3.6.1.5. Control de malezas	68



3.6.1.6. Cosecha	68
3.6.1.7. Datos climáticos	69
3.6.1.8. Humedad de suelo sensor plant eart modelo YH – – SUELO 4 EN 1VH400.....	69
3.1.6.9. Interpretación de las lecturas	70
3.6.2. Láminas de riego aplicar	71
3.6.3. Cálculo de láminas de riego	71
3.6.4. Cálculo de tanque evaporímetro tipo A	71
3.6.5. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o).....	71
3.6.6. Cálculo de la evapotranspiración cultivo (ET _c).....	72
3.6.7. Cálculo del factor del tanque (K _p).....	72
3.6.8. Selección de K _c del cultivo de lechuga crespa	73
3.6.9. Selección de la eficiencia de aplicación.....	73
3.6.10. Cálculo de coeficiente de uniformidad	73
3.6.11. Cálculo de tiempo de riego	74
3.6.12. Cálculo de frecuencia de riego	74
3.6.13. Diámetro del diámetro del bulbo húmedo.....	75
3.6.14. Volumen de agua	75
3.6.15. Programación del riego	76
3.6.16. Variables evaluadas.....	76
3.6.16.1. Altura de planta	76
3.6.16.2. Numero de hojas	76
3.6.16.3. Peso de lechuga fresca	77
3.6.16.4. Rendimiento total	77
3.6.16.5. Eficiencia del uso de agua.....	77



3.6.11.6. Análisis estadístico..... 77

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CÁLCULO DE LA LÁMINA DE RIEGO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.	78
4.1.1. Factores climáticos.....	78
4.1.1.1. Cálculo de evapotranspiración de Referencia E_{To}	80
4.1.1.2. Lamina Aplicada	82
4.1.1.3. Cálculo de evapotranspiración real del cultivo E_{Tc}	86
4.2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (EUA)	87
4.3. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA LECHUGA CRESPA.....	91
4.3.1. Parámetro de altura de la planta.....	93
4.3.2. Parámetro de numero de hojas de la planta.....	96
4.3.3. Parámetro de peso de la planta.....	100
V. CONCLUSIONES.....	104
VI. RECOMENDACIONES	106
VII. REFERENCIAS.....	107
ANEXOS.....	112

Área : Recursos hídricos

Tema : Demanda hídrica de producción de lechuga crespa en invernadero

Fecha de sustentación: 29 de enero del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Taxonomía de la lechuga crespa	37
Tabla 2	Análisis físico del suelo invernadero Jayllihuaya	58
Tabla 3	Análisis químico del suelos - parcela experimental invernadero Jayllihuaya 59	
Tabla 4	Análisis de agua con fines de riego invernadero Jayllihuaya	60
Tabla 5	Operacionalización de Variables	62
Tabla 6	Instrumento de medición digital para obtener los valores de los parámetros	70
Tabla 7	Niveles y características del suelo	70
Tabla 8	Promedio mensual de los datos climatológicos registrados dentro del invernadero en el Centro poblado de Jayllihuaya	80
Tabla 9	Cálculo de la lámina de riego al 100% ETc.....	83
Tabla 10	Cálculo de la lámina de riego al 75% ETc.....	84
Tabla 11	Cálculo de la lámina de riego al 50% ETc.....	85
Tabla 12	Comparación de riego por tratamiento en base a la evapotranspiración	87
Tabla 13	Eficiencia de uso del agua para los 3 tratamientos según planta	88
Tabla 14	Análisis de Varianza ANOVA de la eficiencia del uso del agua para los 3 tratamientos.....	90
Tabla 15	HSD Tukey de la eficiencia del uso de agua por tratamiento.....	90
Tabla 16	Análisis de Varianza ANOVA de la altura de la lechuga crespa.....	94
Tabla 17	HSD Tukey de parámetro de altura de planta (cm) por efecto de la aplicación de las láminas de riego	95
Tabla 18	Análisis de Varianza ANOVA del número de hojas de la lechuga crespa. .	98



Tabla 19	HSD Tukey de parámetro de numero de hojas por efecto de la aplicación de las láminas de riego.....	99
Tabla 20	Análisis de Varianza ANOVA del peso de la lechuga crespa.	101
Tabla 21	HSD Tukey de parámetro peso por efecto de la aplicación de las láminas de riego (T1, T2 y T3).	102



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Representación de la evapotranspiración de referencia.....	50
Figura 2	Dimensiones del tanque evaporímetro.....	51
Figura 3	Dos casos de localización del tanque de evaporación y sus alrededores.....	52
Figura 4	Ubicación del invernadero de Jayllihuaya.....	57
Figura 5	Esquema de la parcela experimental invernadero.....	64
Figura 6	Temperaturas máximas y mínimas diarias de los datos climatológicos registrados dentro del invernadero.....	79
Figura 7	Evapotranspiración de referencia (ET _o) calculado por el método del tanque evaporímetro tipo “A”, situado en el interior del invernadero.....	80
Figura 8	Evaporación promedio semanal del tanque evaporímetro tipo A y evapotranspiración promedio de la lechuga.....	86
Figura 9	Crecimiento y número de hojas promedio de la lechuga cressa por tratamiento en intervalo de tiempo específico (30, 45, 60 y 75 días).....	92
Figura 10	Crecimiento promedio de la lechuga cressa por tratamiento.....	93
Figura 11	Número de hojas promedio por tratamiento.....	96
Figura 12	Peso promedio de la lechuga cressa por tratamiento en el día 75.....	100



ACRÓNIMOS

FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAM:	Ministerio del Ambiente
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
ECA:	Estándares de calidad agua
ET:	Evapotranspiración
ETo:	Evapotranspiración de referencia
ETc:	Evapotranspiración de cultivo
Kp:	Coefficiente del tanque evaporímetro
Epan:	Evaporación del tanque evaporímetro
CC:	Capacidad de campo
PMP:	Punto de marchitez permanente
Da:	Densidad aparente
Ea:	Eficiencia de aplicación



RESUMEN

La determinación de adecuadas láminas de riego es importante para el manejo del agua en la agricultura y para garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción en condiciones de invernadero. Bajo esta premisa se desarrolló el presente trabajo de investigación cuyo objetivo es determinar el efecto de diferentes láminas de riego por goteo en la producción de cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*), la eficiencia de uso de agua y los parámetros de crecimiento del cultivo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno. Realizado durante el periodo de agosto - noviembre del 2023 en centro poblado de Jayllihuaya, provincia de Puno del departamento de Puno. Este trabajo fue de tipo experimental donde se utilizó el diseño completamente al azar para ello, se instaló una parcela experimental dentro del invernadero con un sistema de riego por goteo, un tanque evaporímetro tipo A, sensor de temperatura y sensor de humedad de suelo, se instaló el cultivo de lechuga bajo tres láminas de reposición (T1: 100%ETc, T2: 75% ETc, y T3: 50% ETc) con tres repeticiones cada uno. Las láminas de riego fueron estimadas a partir de la evaporación del tanque de evaporímetro tipo A. Para la comparación de los resultados y las medias se utilizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Como resultado a los 55 DDS respecto a las láminas de riego aplicadas (T1: 100%ETc, T2: 75% ETc, y T3: 50% ETc) el consumo total de agua fue: 1248.8, 952.7, y 703.2 litros respectivamente. Los valores de altura fueron: 28.9 cm, 25.0 cm y 21.4 cm siendo superior T1. Los rendimientos en producción de número de hojas fueron: 26; 24 y 20 respectivamente siendo el superior T1. Los valores de peso fueron: 0.364, 0.236 y 0.193 kg reveló diferencias significativas, siendo T1 el que exhibió el mayor peso promedio.

Palabras Clave: Cultivo de lechuga crespa, Evapotranspiración del cultivo, Eficiencia del uso del agua, lámina de riego.



ABSTRACT

The determination of adequate irrigation layers is important for water management in agriculture and to guarantee the sustainability of production systems in greenhouse conditions. Under this premise, the present research work was developed, the objective of which is to determine the effect of different drip irrigation sheets on the production of crisp lettuce (*Lactuca Sativa L.*), the efficiency of water use and the growth parameters of the cultivation in greenhouse conditions in Jayllihuaya-Puno. Carried out during the period of August - November 2023 in the town center of Jayllihuaya, province of Puno, department of Puno. This work was experimental in which a completely randomized design was used. An experimental plot was installed inside the greenhouse with a drip irrigation system, a type A evaporimeter tank, a temperature sensor and a soil humidity sensor. installed the lettuce crop under three replacement sheets (T1: 100% ETc, T2: 75% ETc, and T3: 50% ETc) with three repetitions each. The irrigation levels were estimated from the evaporation of the type A evaporimeter tank. To compare the results and the means, the Tukey test was used at 95% probability. As a result, at 55 DAS with respect to the irrigation sheets applied (T1: 100% ETc, T2: 75% ETc, and T3: 50% ETc) the total water consumption was: 1248.8, 952.7, and 703.2 liters respectively. The height values were: 28.9 cm, 25.0 cm and 21.4.cm, with T1 being higher. The yields in production of number of leaves were: 26, 24 and 20 respectively, with T1 being the highest. The weight values were: 0.364, 0.236 and 0.193 kg revealed significant differences, with T1 being the one that exhibited the highest average weight.

Keywords: Cultivation of craps lettuce, Evapotranspiration of the crop, Efficiency of water use, irrigation shee.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es bien escaso y preciado, necesario para el desarrollo de la vida y muchas actividades humanas en la agricultura contemporánea enfrenta desafíos constantes mejorar la eficiencia en el uso del agua y maximizar la producción de alimentos, especialmente en áreas con condiciones climáticas adversas. En este escenario, el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*) destaca como una fuente esencial de nutrientes y fibra en la alimentación humana, y la búsqueda de su producción sostenible se ha convertido en un tema crítico para asegurar la seguridad alimentaria.

En lugares como Jayllihuaya, situado en el altiplano de Puno, las condiciones climáticas extremas, caracterizadas por variaciones térmicas y una escasa disponibilidad de agua, presentan desafíos significativos para los agricultores. En este contexto, el riego por goteo se ha establecido como una técnica efectiva para optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia en la aplicación en los cultivos, bajo condiciones controladas, como los invernaderos.

Este estudio se centra en evaluar el impacto de láminas de riego por goteo para la producción de lechuga en Invernadero Jayllihuaya, Puno. La investigación busca examinar con diferentes láminas de riego por goteo pueden afectar el rendimiento del cultivo, tanto en términos de calidad como de cantidad.

La comprensión detallada de estos efectos no solo contribuirá al conocimiento científico sobre las prácticas de riego en cultivos específicos, sino que también proporcionará información valiosa para los agricultores locales, permitiéndoles tomar



decisiones informadas sobre el manejo del agua y mejorar la sostenibilidad de sus sistemas de producción.

A lo largo de este estudio, se analizarán aspectos clave como el rendimiento de la lechuga crespa, la calidad del producto, la utilización eficiente del agua y la rentabilidad económica asociada con diferentes niveles de riego por goteo. Este enfoque integral permitirá obtener una visión completa de los impactos de esta técnica de riego en las condiciones particulares de Jayllihuaya, fomentando así prácticas agrícolas más sostenibles y adaptadas a las necesidades locales.

En este sentido, se exploran los criterios definidos por la rúbrica de investigación, que incluye en el primer Capítulo I, la Introducción, en el siguiente Capítulo II, la revisión de la literatura, luego en el tercer Capítulo la metodología, seguido por el cuarto capítulo que aborda los resultados y la discusión, y finalmente, las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía en el último capítulo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A **nivel global**, la agricultura se enfrenta a desafíos significativos vinculados a mejorar la eficiencia hídrica y optimizar los recursos con el objetivo de asegurar la seguridad alimentaria. A pesar de ello, la aplicación precisa de láminas de riego por goteo y su impacto en la producción de lechuga crespa aún no ha sido suficientemente investigada a nivel internacional. El objetivo de la presente investigación es abordar esta brecha de conocimiento al analizar cómo diferentes niveles de láminas de riego por goteo afectan la producción de lechuga crespa en invernaderos de Jayllihuaya, Puno. Dada la importancia global de la lechuga como componente esencial en la alimentación y la creciente necesidad de prácticas agrícolas sostenibles, este estudio contribuirá al entendimiento internacional de estrategias eficientes de riego en contextos específicos.



Al adoptar una perspectiva internacional, este estudio no solo se enfocará en los beneficios a nivel local, sino que también enriquecerá la discusión global sobre prácticas agrícolas sostenibles y la adaptación de tecnologías, como el riego por goteo, a diversas realidades. Este enfoque permitirá situar los resultados obtenidos en Jayllihuaya dentro de un contexto internacional, ofreciendo valiosas perspectivas para la comunidad científica y los agricultores en todo el mundo. Los suministros de agua dulce están experimentando una disminución preocupante, y la creciente escasez de agua se ha convertido en uno de los principales desafíos del desarrollo sostenible. Para abordar esta situación, se busca mejorar la gestión del riego con el objetivo de aumentar la eficiencia en el uso del agua (FAO, 2021). La lechuga, siendo una verdura de estación fría, demanda suelos de calidad y una cantidad significativa de agua. No obstante, la producción de un producto de calidad depende en gran medida de condiciones climáticas favorables. La lechuga se desarrolla óptimamente a temperaturas diurnas de 18 a 25 °C y temperaturas nocturnas de 10 a 15 °C. No obstante, la mejora de la eficiencia hídrica mediante tecnologías como el riego a por goteo puede contribuir al ahorro de agua, ya que la reducción de la frecuencia de riego disminuye la evaporación. Al mismo tiempo, esta técnica puede afectar positivamente la humedad relativa en invernaderos al reducir la evaporación del suelo (Saavedra del R. et al, 2017).

A nivel nacional, en el Perú en los años se ha experimentado un rápido crecimiento de población y desarrollo agrícola, por lo que hoy en día el recurso hídrico juega un papel muy importante en la producción agrícola, se enfrenta un desafío crítico relacionado con la eficiencia hídrica en la producción de alimentos. Esta problemática se intensifica en áreas como Jayllihuaya, Puno, donde las condiciones climáticas extremas, caracterizadas por notables variaciones térmicas y recursos hídricos limitados, presentan desafíos significativos para los agricultores locales. En este contexto, el riego por goteo



ha surgido como una estrategia de gestión hídrica prometedora, especialmente en cultivos bajo condiciones controladas como los invernaderos. Sin embargo, la aplicación específica de distintas láminas de riego por goteo y su impacto en la producción de lechuga crespa aún no ha sido suficientemente explorada en el entorno peruano. Este estudio tiene como meta abordar esta brecha de conocimiento al examinar cómo diferentes niveles de láminas de riego por goteo afectan la producción de lechuga crespa en invernaderos situados en Jayllihuaya, Puno. Dada la importancia de la lechuga en la dieta peruana y la necesidad de fomentar prácticas agrícolas sostenibles, esta investigación contribuirá de manera significativa a la comprensión local de estrategias eficientes de riego. Al considerar la perspectiva peruana, este estudio no solo se enfocará en los beneficios a nivel local, sino que también aportará a la discusión nacional sobre prácticas agrícolas sostenibles y la implementación efectiva de tecnologías, como el riego por goteo, en el diverso contexto agrícola del país. Este enfoque permitirá que los resultados obtenidos en Jayllihuaya se adapten a la realidad peruana, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones tanto a nivel científico como práctico.

A nivel local, en el ámbito agrícola específico de la región de Puno, se enfrenta un desafío fundamental relacionado con la gestión del agua y la producción alimentaria. Esta problemática se intensifica en localidades como Jayllihuaya, Puno, donde las condiciones climáticas extremas, marcadas por notables variaciones térmicas y una disponibilidad limitada de recursos hídricos, plantean obstáculos significativos para los agricultores locales. En este escenario, la implementación del riego por goteo surge como una estrategia potencialmente eficaz de gestión del agua, especialmente en ambientes controlados como los invernaderos. Sin embargo, la aplicación específica de distintos niveles de láminas de riego por goteo y su impacto en la producción de lechuga crespa aún no ha sido suficientemente explorada en el contexto de Puno. El propósito de este



estudio es abordar esta brecha de conocimiento al examinar cómo diferentes láminas de riego por goteo influyen en la producción de lechuga crespa en invernaderos ubicados en Jayllihuaya, Puno. Dada la importancia de la lechuga en la dieta local y la necesidad de fomentar prácticas agrícolas sostenibles en la región, esta investigación contribuirá de manera significativa a la comprensión de estrategias eficientes de riego adaptadas a las condiciones específicas de Puno. Considerando el contexto particular de Puno, este estudio no solo se enfocará en los beneficios a nivel local, sino que también aportará al diálogo regional sobre prácticas agrícolas sostenibles y la aplicación efectiva de tecnologías, como el riego por goteo, en el entorno agrícola característico de Puno. Este enfoque permitirá que los resultados obtenidos en Jayllihuaya se adapten de manera precisa a la realidad agrícola de Puno, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones a nivel local y regional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de diferentes láminas de riego en la producción, eficiencia de uso de agua y los parámetros de crecimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*), bajo invernadero en Jayllihuaya Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en el consumo de agua en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno?



- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en los parámetros de crecimiento de cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

- La aplicación de diferentes láminas de riego muestra un efecto directo en la producción, eficiencia de uso de agua y los parámetros de crecimiento del cultivo lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*) bajo condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de diferentes láminas de riego por goteo tiene un efecto directo en el consumo de agua sobre la producción del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.
- La aplicación de diferentes láminas de riego por goteo tiene un efecto directo en la producción de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) en los parámetros de crecimiento de cultivo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La producción de alimentos está directamente vinculada al agua, no solo a través de la precipitación, sino también, y de manera fundamental, a través de los recursos hídricos disponibles para el riego. Las tierras bajo sistemas de riego, en promedio, generan entre 2 y 3 el tiempo de producción es mayor en comparación con los cultivos de secano (Sophia Cross, 2021).



En la actualidad, el cultivo de lechuga ocupa un lugar destacado en la dieta familiar y se practica de diversas maneras en la región de Puno. Sin embargo, su rendimiento se ve afectado por la gestión ineficiente del agua de riego, que está fuertemente vinculada a la dependencia de suministros artificiales de agua debido a ciclos cortos de escasez. Para mejorar la gestión del agua de riego, es esencial evaluar parámetros relacionados con la planificación del riego, asignando la cantidad óptima de agua para el crecimiento ideal de la lechuga, garantizando así su rendimiento y productividad. En este sentido, se hace necesario examinar variables como la frecuencia de riego, por ejemplo, el factor de desecación (f) de la lechuga, para comprender hasta qué punto puede soportar la reducción de humedad del suelo y, de esta manera, optimizar el uso del agua sin afectar el rendimiento del cultivo (Saavedra del R. et al., 2017).

Los agricultores están empezando a incorporar nuevos métodos agrícolas, en los invernaderos, pero en lugar de mejorar la situación, está empeorando debido a la falta de formación y de acceso adecuado. El agua no se utiliza adecuadamente y no se controlan variables como la temperatura y la humedad del suelo (Chino, 2017).

La gestión del riego se vuelve cada vez más significativa y, en algunos casos, constituye el único factor sobre el cual podemos tener un impacto positivo en los cultivos. Por ende, es crucial prestar atención al riego y comprender la respuesta de las plantas al mismo. La comprensión del comportamiento de las plantas y su reacción al riego es esencial para ajustar las prácticas agrícolas. En este contexto, conocer la lámina de riego más eficiente se vuelve relevante (Alba, 2018).

Es de gran importancia conocer la lámina de riego más eficaz para lograr un mayor rendimiento de hojas y experiencia técnica a través del cultivo puede mejorar la



productividad agrícola afectada por el clima y la escasez de agua en la zona (Ramos, 2021).

El agua se está convirtiendo ahora en un recurso muy importante debido a la explosión demográfica, que se está produciendo de forma geométrica, a diferencia del aumento de alimentos que se está produciendo de forma matemática. El rendimiento de los cultivos mediante el manejo eficiente del agua mediante un sistema de riego por goteo que pueda reponer el agua necesaria para las funciones fisiológicas todos los días. De esta forma, podemos aplicar algunos de los conocimientos adquiridos, explorar otras técnicas, adquirir nuevos conocimientos y aplicar nuevos métodos. Además, estos diseños adaptan tecnología apropiada a los sistemas de riego, aumentando la productividad de las microempresas rurales. Es importante mencionar que la adaptación tecnológica debe ser competitiva en comparación con las tecnologías existentes en la región (Chino, 2017).

Además, el riego y la gestión del agua son de suma importancia en las operaciones agrícolas intensivas, especialmente en términos de maximizar el potencial de producción y aumentar las posibilidades de éxito. Por eso debemos prestar atención al riego y a la respuesta de las plantas al mismo. Intentamos comprender el comportamiento de las plantas y su respuesta al riego y cómo debemos adaptarnos al comportamiento de las plantas. Con el tiempo, la gestión del riego será cada vez más representativa y, en algunos casos, seguirá siendo el único factor que puede influir positivamente en el cultivo (Alba, 2018).

Debido a la demanda hídrica, existe al aumento de la población, y el cambio climático se debe aplicar estrategias que permitan un uso más eficiente del agua especialmente en los invernaderos. Esta investigación se centra en evaluar la respuesta del cultivo de lechuga crespada ante la aplicación de tres láminas de riego en Jayllihuaya.



El objetivo principal es determinar un manejo adecuado del agua con el propósito de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en el sector agrícola. La lechuga crespa desempeña un papel esencial en la dieta de la población local y nacional, y comprender cómo diferentes láminas de riego por goteo impactan en su producción resulta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la disponibilidad de este nutritivo cultivo. Dada la situación de Puno, que enfrenta desafíos notables en la gestión de recursos hídricos debido a condiciones climáticas extremas y variaciones térmicas, este estudio busca aportar a la optimización del uso del agua. El análisis de láminas específicas de riego por goteo se plantea como una estrategia con un potencial significativo para mejorar la sostenibilidad del sistema agrícola local. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles se considera esencial para preservar el entorno agrícola y garantizar la viabilidad a largo plazo de la producción de alimentos. En este contexto, este estudio ofrecerá información valiosa sobre cómo las láminas de riego por goteo pueden contribuir a prácticas más sostenibles en el cultivo de lechuga crespa. Los resultados obtenidos tendrán aplicaciones prácticas directas para los agricultores de Jayllihuaya, Puno. Esto les permitirá tomar decisiones informadas respecto al manejo del agua y la implementación de técnicas de riego más eficientes, adaptadas a las condiciones específicas de la región. Además de los beneficios locales, la investigación sobre el efecto de láminas de riego por goteo en condiciones específicas de invernadero contribuirá al conocimiento científico en el ámbito de la agricultura y la gestión hídrica. Esto establecerá una base sólida para futuros estudios y avances en esta disciplina.

En el centro poblado de Jayllihuaya, los agricultores carecen de conocimientos sobre el manejo eficiente del recurso hídrico, lo que hace que estén dispuestos a adoptar tecnologías de riego eficientes. Para mejorar la eficiencia del agua en la agricultura, es imperativo estimar el consumo diario de agua y la evaporación de la superficie del cultivo,



determinando así el tiempo y la cantidad adecuada de riego. El riego por goteo con diferentes láminas, que busca el ahorro de agua, se presenta como una estrategia crucial en un contexto en el que el suministro de agua se vuelve cada vez más crítico debido al crecimiento poblacional y al aumento de la demanda alimentaria. Esta estrategia busca reducir el suministro de agua a los cultivos, generando un déficit hídrico controlado que no afecta el rendimiento ni la calidad de la lechuga Crespa.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de diferentes láminas de riego por goteo en la producción de cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*), la eficiencia de uso de agua y los parámetros de crecimiento del cultivo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de diferentes láminas de riego por goteo en la eficiencia de uso de agua del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) bajo condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.
- Establecer las diferentes láminas de riego en la producción del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) en los parámetros de crecimiento de cultivo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mendoza et al. (2010), realizaron un estudio “Denominado Efecto de cuatro láminas de riego y *Meloidogyne* spp. sobre características agronómicas y de rendimiento de los tomates frescos. *Solanum lycopersicum* L”, evaluaron el consumo de agua con cuatro láminas de riego (60%, 80%, 100% y 120% de evapotranspiración) en tomate en condiciones de invernadero. En este experimento se adoptó un diseño completamente al azar que consta de 8 tratamientos y 6 repeticiones. Se evaluaron variables agronómicas y poblacionales de nematodos. Los resultados mostraron que el calendario de riego no afectó las variables agronómicas. Sin embargo, se sabe que la presencia de poblaciones de nematodos de las raíces afecta el rendimiento al reducir significativamente la altura de las plantas inoculadas, además de retrasar significativamente la floración y reducir en gran medida el número de racimos florales. Como la cosecha de tomates comestibles. El crecimiento de la población de nematodos de las raíces se ve afectado por el aumento del nivel de agua del suelo.

Valdivieso (2013), en su investigación denominada “Efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre la producción del cultivo de Maíz duro (*zea mays*), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A”, uno de los objetivos fue determinar la lámina de riego según la evaporación de tanque tipo A. Para mejorar el rendimiento de los cultivos mediante una gestión eficiente del



agua con sistemas de riego por goteo que permitan complementar el agua consumida diariamente para sus funciones fisiológicas. Adopto a un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Según el análisis del suelo, queda claro que se trata de un suelo de estructura fina: arcilloso con buena capacidad de retención de agua y disponibilidad de agua para la agricultura. Basados en la aplicación de cuatro láminas de riego: 150,125,100 y 75, de la evapotranspiración del cultivo (ETc 150, ETc 125, ETc 100 y ETc 75) los resultados encontrados muestran. El tratamiento que mejores resultados dio en cuanto al desarrollo diamétrico de la planta fue el T3 (100% de ETc) con un diámetro de 2.92 cm, mientras que, en cuanto a mayor desarrollo radicular, T1 (150% de ETc), T1 (150% de ETc), los valores son 59,5 y 58,17 cm, respectivamente.

Valdivieso et al.(2021), en su investigación “Efecto de diferentes láminas de riego localizado, sobre la productividad y rentabilidad del maní”, tuvieron como objetivo de este estudio determinar los efectos del riego localizado goteo sobre la productividad y los componentes del rendimiento y la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Se utilizó la variedad INIAP 382-CARAMELO y se plantó en agosto de 2018 con un área de operación de 1000m². La aplicación de láminas regados se determinó en cuatro procedimientos, donde las láminas regados cubrieron el 100% del requerimiento hídrico del cultivo en el tratamiento (T1), (T2) 125%, (T3) 75% y (T4) 50%. Los efectos del riego sobre los cultivos muestran existen diferencias significativas en la conductancia estomática en diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Entre las variables de producción como número de vainas, número de granos y rendimiento Kg ha⁻¹ el efecto de los horarios de riego sobre estas variables mostró diferencias



significativas, mientras que no hubo diferencia en la variable biomasa de 100 semillas. El cultivo de maní mediante riego por goteo con 75 % de ETc proporciona una excelente economía, alto rendimiento y eficiencia hídrica.

Álvarez et al.(2021), en su investigación “Análisis de la producción de uchuva (*Physalis Peruviana L.*) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego”, el experimento que desarrollaron en un invernadero de cubierta plástica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, ubicado a una altitud de 2.556 m.s.n.m. La temperatura media del invernadero es de 18°C y la humedad relativa del 60%. Usando un diseño completamente al azar con cuatro láminas irrigados individuales, las tasas de evapotranspiración neta para tanque de evapotranspiración tipo A fueron 0.7, 0.9, 1.1 y 1.3. Cada tratamiento se repitió 9 veces, es decir, hubo 36 unidades experimentales (UE). Cada UE consta de dos plántulas de grosella espinosa, un total de 72 plantas, plantadas en macetas con un diámetro de 32 cm y una profundidad de 36 cm. El sustrato utilizado es turba dorada. Las laminas de riego se aplicaron mediante un sistema de riego por goteo (dos goteros por planta, caudal 4 l/h). Una vez plantadas las plantas, se vierte calcio en la copa en diferentes dosis, se incorpora al sustrato y se distribuye una vez al mes, ya que este elemento es menos móvil en el suelo.

Daza et al.(2015), en su investigación “Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (*Stevia rebaudiana bert.*) bajo invernadero” El propósito de este trabajo es evaluar diversos trabajos cantidad de riego calculada en base al factor multiplicador de evaporación y aplicada al cultivo Stevia (*Stevia Rebaudiana Bert.*). Utilizo un diseño completamente aleatorio en una variedad de entornos.



Controla 5 procesos correspondientes al factor multiplicador de evaporación. (0.9, 1.0, 1.1, 1.2 y 1.3), a partir de los cuales se calcula la tasa de riego adecuada para las plantas. Cada tratamiento se replicó 5 veces para un total de 25 unidades experimentales. Para cada planta se evaluó el número de hojas, el peso fresco y seco, el porcentaje de materia seca, la longitud de la raíz, el diámetro del tallo, el contenido relativo de agua de las hojas y el rendimiento. No fueron encontrados existen diferencias significativas entre los coeficientes de las diferentes variables agronómicas evaluadas. Sin embargo, una proporción de 1.2 tendió a mostrar los mejores resultados, y en áreas donde no hay estudios de proporción, puede considerarse como un valor guía para el manejo del agua en este cultivo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Chupon (2019), efectuó una investigación denominada “Láminas de riego en el cultivo de papa (*solanum tuberosum* l.) variedad “única” mediante riego por goteo en la Molina”, en este trabajo de investigación se evaluaron tres láminas de riego para un sistema de riego por goteo en el cultivo de papa cultivar única. El diseño experimental probado fue de bloques completamente al azar con un área de 71.1m² por repetición, 3 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos utilizados son: tratamiento (T1) riego controlado consumiendo el 20% de la humedad disponible del suelo, riego (T2) con un índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI) de 0.4 y riego T3 con un índice de estrés hídrico del cultivo de 0.7. Las imágenes térmicas tomadas con una cámara FLIR (modelo E-60) se compararon con mediciones diarias o inter diarias del contenido de humedad del suelo determinadas gravimétricamente para determinar el índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI). Estas mediciones nos permiten calcular programas de riego en función de los métodos de tratamiento establecidos. En total se realizaron 29



riegos para el tratamiento testigo (T1), 18 riegos para el tratamiento T2 y 12 riegos para el tratamiento T3. El consumo de agua para el procesamiento T1 es de 2632.48 m³. El consumo de agua de limpieza ha⁻¹, T2 y T3 es de 1.836,41 y 1.144,46 m³, respectivamente respectivamente ha⁻¹. Estos valores muestran que comparado con el consumo de agua en el tratamiento control T1, los ahorros de agua son del 30.24% y 56.52%. El rendimiento obtenido en el tratamiento control T1 fue de 49.53 t. ha⁻¹, 44.30 t. ha⁻¹ y 30.09 t. ha⁻¹, y el rendimiento captado por la cámara infrarroja en el tratamiento T2 y T3 fue de 49.53 t. ha⁻¹. 1, respectivamente 1 y 44.30 t. ha⁻¹ y 30.09 t. ha⁻¹.

Saavedra (2021), en su tesis de titulación “Evaluación del rendimiento productivo de tres variedades de ají con riego por goteo bajo tres láminas de riego en Vista Florida, Chiclayo” actualmente la escasez de agua es un problema potencial y preocupante. Agricultura, especialmente donde los cultivos básicos están subutilizados. Esto aumenta la cantidad de tierra agrícola que se convierte en áreas urbanas y comerciales, lo que representa un riesgo para el suministro de alimentos para las necesidades actuales y futuras de la población. Considerando este tema, este estudio se realizó para evaluar el rendimiento de tres especies de pimiento bajo riego por goteo con tres paneles de riego durante el período de (julio a noviembre de 2019) en la Estación Experimental Agrícola Vista en Chiclayo, Florida. Desde el trasplante hasta la cosecha, utilizó el TDR 350 para controlar el porcentaje de humedad del volumen del suelo en el área mojada por goteo en el centro de gravedad exacto de cada tratamiento, analizar el comportamiento de la humedad del suelo. Además, se tomaron mediciones de la altura de las plantas para evaluar los efectos de láminas de riego artificial en las etapas de reproducción y maduración. En la cosecha, se recolectaron muestras de una parcela más



pequeña ubicada en el centro de cada tratamiento para evaluar los efectos del riego por láminas sobre la longitud y el diámetro del fruto. Además, se calculó el rendimiento total (Tn/ha) de los tratamientos, teniendo en cuenta el rendimiento del área reducida de una hectárea, donde el área de riego (LR 0.1) presentó altos rendimientos de 36 Tn/ha para encurtidos y pimiento rojo ha y 13.63 Tn/ha respectivamente en parcelas, mientras que se obtuvo un alto rendimiento de 13.,40 Tn/ha para chile Panca (LR 02) bajo riego con película. Por otro lado, se estimó el rendimiento de chile fresco y seco (Tn/Ha) para tres variedades de chile utilizando el producto de una planta de chile y 50,000 plantas de chile por hectárea. La conclusión final de lámina de riego efectivamente aplicados fueron LR 01 = 820.96 m³, LR 02 = 619.92 m³ y LR 03 = 452.48 m³, los cuales produjeron cambios significativos en las variables de rendimiento y altura de planta, pero no provocaron cambios significativos en la producción de frutas.

2.1.3. Antecedentes locales

Chirinos (2017), efectuó una investigación denominada “Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia del uso del agua de un ecotipo local de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en lisímetros de drenaje en la comunidad de Ccaje – Juli – Chucuito – Puno, campaña 2015 – 2016”, utilizó tres dosis de riego, para ello se instalaron en la parcela experimental 16 lisímetros de drenaje equipados con 01 sistema de riego por goteo, 01 paraguas y 01 pluviómetro, y se cultivó quinua local bajo tres regímenes de riego (T-1: 100% evaporación del cultivo - ETc), T-2: 50% ETc y T-3: 25% ETc), replicados cuatro veces donde se midieron diariamente la lluvia y el riego. Los resultados mostraron que cuando la dosis de riego fue del 100%, 50% y 25% de ETc, el consumo de agua del ecotipo local fue de 446, 290 y 166 mm, respectivamente. La eficiencia en el uso del agua es de



1225, 1000 y 1195 toneladas m^{-3} , respectivamente. De esto concluimos que la dosis de riego tiene un efecto directo sobre el consumo real de agua; de manera similar, una tasa de riego superior al 50% de la ETc tiene un efecto directo en la eficiencia del uso del agua de los ecotipos locales de quinua, mientras que una tasa de riego más baja tendrá el efecto contrario.

Mori (2015), en su investigación "Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mediante el riego por goteo", tuvo como objetivo determinar el efecto de cinco láminas de riego en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), variedad INIA Salcedo, utilizando un sistema de riego por goteo. El estudio se realizó en sitio experimental de 0,2 hectáreas en el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria (INIA). La aplicación de riego se basó en la calibración local del disco de evaporación para estimar la ETo y los coeficientes de rendimiento para diferentes estados fenológicos de la quinua. Utilizo sensores para medir la humedad del suelo el modelo estadístico utilizado es un modelo totalmente estocástico que estima el rendimiento total por hectárea, así como los parámetros biométricos: altura de la planta, diámetro del tallo, longitud y diámetro del ala, longitud de la raíz y finalmente grado de saponina y función de producción. Los resultados mostraron que el rendimiento de quinua aumentó gradualmente a medida que aumentó la dosis de riego, siendo el tratamiento L5 el más alto (4.53 t/ha) y el tratamiento L1 el más bajo (3.32 t/ha), así como altura de planta, diámetro de tallo, longitud y diámetro de panícula, pero no hubo diferencias significativas en longitud de raíz y niveles de saponina. La función de producción muestra que la producción total aumenta en proporción a la dosis de tratamiento.



Ramos (2021), en su estudio “Efecto de diferentes láminas de riego en la producción de hojas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad salcedo de INIA bajo invernadero en la estación experimental INIA Salcedo - Puno, 2021.” Existe información limitada sobre la producción de hojas frescas de quinua como verdura para consumo humano. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes láminas de riego sobre el rendimiento foliar, la eficiencia en el uso del agua y los parámetros de crecimiento de cultivos de quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd) de Salcedo INIA en invernaderos. El estudio se realizó del 20 de abril al 11 de julio de 2021 en la Estación Experimental Agrícola Illpa INIA en Salcedo, Provincia de Puno. Para ello se contó una parcela experimental en un invernadero con sistema de riego por goteo, tanques de evaporación tipo A y 12 lisímetros de drenaje, y el cultivo de quinua se instaló bajo cuatro placas de desplazamiento para la evaporación del cultivo (T1: 100% ETc, T2: 80% ETc, T3: 60% ETc y T4: 40% ETc), cada uno repetido 3 veces. Calcular el cronograma de riego en función de la evaporación con base en las adaptaciones locales del tanque evaporímetro tipo A. Como resultado, el consumo total de agua obtenido del balance hídrico lisímetro pasando 83 DDS como resultado fue 100%, 80%, 60% y 40% ETc fueron: 113, 102.6, 80.5 y 69.2, respectivamente mm. Los rendimientos de hojas son respectivamente: 1.02 kg/m², 1.35 kg/m², 1.2 kg/m² y 1.0 kg/m². Los valores EUA son respectivamente: 27.2, 39.4, 41.5 y 43.4 kg/m³. En resumen, el T2 fue el más productivo en términos de mayor desarrollo de rendimiento foliar y parámetros de crecimiento y ahorró 9.2% de agua respecto al T1.



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.)

2.2.1.1. Origen

Según Casseres (1980), señala que la lechuga es un cultivo que fue domesticado por el hombre hace unos 2500 años. Es originaria de las regiones templadas de Europa, Asia y América del Norte. El cultivo de la lechuga se inició con los egipcios, quienes extraían aceite de sus semillas y como planta sagrada que simbolizaba a Min, el dios de la fertilidad. De los egipcios, esta cultura pasó a los griegos, quienes luego la introdujeron a los romanos. Está documentado que en el año 50 d.C., la escritora agrícola y rural romana Columela escribió sobre muchos tipos diferentes de lechuga. La importancia que los romanos daban a su cultivo es tal que la llamada lechuga romana, todavía muy extendida hoy en día, tiene una gran importancia, aunque no es la variedad más popular. La lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) representa una variante cultivada de la lechuga común (*Lactuca sativa*), cuyo origen se sitúa en la región del Mediterráneo oriental. La lechuga, en su conjunto, ha sido objeto de cultivo y consumo a lo largo de varios siglos, y distintas variedades, entre las que se incluye la lechuga crespa, han evolucionado mediante procesos de selección y mejora a lo largo del transcurso del tiempo.

2.2.1.2. Descripción taxonómica

Según Suquilanda (2003), la clasificación taxonómica de la lechuga es de la siguiente forma:

Tabla 1

Taxonomía de la lechuga crespa.

Posición taxonómica de lechuga crespa	
Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Clase	Dicotiledónea
Orden	Sinandrales
Familia	Compositaceae
Género	Lactucae
Especie	Sativa
Nombre científico	Lactuca Sativa L.
Nombre vulgar	Lechuga

Nota. Se muestra la taxonomía de la lechuga crespa según Suquilanda.

2.2.2. Descripción botánica

La lechuga es una planta hortícola que se cultiva desde la antigüedad, existen muchas variedades disponibles de la especie de lechuga silvestre (*Lactuca virosa*) que se pueden cultivar durante todo el año, es una planta auto polinizada anual y pertenece a la familia Compositaceae. El nombre botánico es *Lactuca sativa* L. (InfoAgro, 2010). La lechuga crespa, una variante de la lechuga común, *lactuca sativa*, presenta atributos botánicos distintivos que la destacan entre otras variedades.

2.2.2.1. Hojas

El rasgo más característico de la lechuga crespa es la forma ondulada o rizada de sus hojas, proporcionándole una apariencia voluminosa y atractiva. Estas hojas se disponen en una estructura en forma de roseta y pueden exhibir bordes dentados o lobulados.



2.2.2.2. Tallo

El tallo de la lechuga crespa suele ser corto y se localiza en la base de la planta, donde se desarrolla la roseta de hojas. El crecimiento vertical se concentra principalmente en las hojas.

2.2.2.3. Altura

Aunque la altura de la planta puede variar, en general, la lechuga crespa tiende a ser más baja en comparación con algunas otras variedades de lechuga.

2.2.3. Exigencias del cultivo

2.2.3.1. Clima

La lechuga es una planta que se adapta muy bien a variedad de climas. Incluso puede sobrevivir a temperaturas de hasta 0°C. Sin embargo, los efectos suelen sentirse cuando las temperaturas caen por debajo de los 6°C. Sin embargo, puede soportar temperaturas más altas hasta 35°C (Saavedra del R. et al., 2017).

2.2.3.2. Suelo

La lechuga es una planta que se adapta bien a todo tipo de suelo, excepto aquellos que tienen problemas de retención de agua. El pH más recomendado es de 5,2 a 5.8 en suelos orgánicos (Sophia Cross, 2021).

2.2.3.3. Agua

Las lechugas necesitan una humedad alta, pero es muy sensible al exceso de humedad de suelo. Después de la primera semana de siembra, se debe regar regularmente y tratar siempre de proporcionar la luz solar natural para ayudarlas a crecer y desarrollar la planta (Sophia Cross, 2021).



2.2.4. Desarrollo y crecimiento del cultivo

2.2.4.1. La etapa de germinación

Inicia con el proceso de germinación de las semillas, las cuales requieren condiciones óptimas de humedad y temperatura para dar comienzo a este proceso.

2.2.4.2. Fase vegetativa

Después de la germinación, la lechuga crespa entra en la fase vegetativa, centrandó su energía en el desarrollo de hojas. Durante esta etapa, se forma la característica roseta de hojas, y la planta incrementa su tamaño (Sophia Cross, 2021).

2.2.4.3. Desarrollo de hojas

La planta continúa generando hojas, y la configuración ondulada o rizada de las hojas de la lechuga crespa se hace más prominente.

2.2.4.4. Formación de cabezuela

En algunas variantes de lechuga crespa, la fase de formación de cabezuela se caracteriza por el cierre de las hojas internas, creando una estructura compacta similar a una cabeza.

2.2.4.5. Floración

Durante la etapa de floración, la lechuga crespa produce tallos florales que darán lugar a flores en forma de capítulos. Sin embargo, en gran parte de la agricultura comercial, las plantas se cosechan antes de llegar a esta etapa para mantener la calidad de las hojas, que son comestibles.



2.2.4.6. Producción de Semillas

Si la planta no se cosecha durante la fase de floración, puede avanzar hacia la producción de semillas. No obstante, en la práctica agrícola convencional, se prefiere realizar la cosecha antes de este periodo para conservar la calidad de la lechuga como verdura de hojas (Sophia Cross, 2021)..

2.2.5. Invernadero

Zanabria (2015), afirma que un invernadero es un sistema diseñado para crear un microclima, que permite cultivar o cosechar antes determinados cultivos hortícolas en zonas donde las condiciones ambientales no lo permiten.

Un invernadero es una estructura cerrada recubierta con un material transparente, y hoy es una alternativa para el cultivo de hortalizas. El objetivo es reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas. Y se puede cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada.

2.2.6. Factores climáticos al interior de un invernadero

En un ambiente de invernadero, hay muchas variables importantes que deben ser monitoreadas y controladas. Algunos de los factores que intervienen en el desarrollo de la planta son: luminosidad, temperatura, radiación solar y humedad (García et al, 2005).

2.2.6.1. Luminosidad

La luz en el invernadero es la fuente de energía más importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Beltrano & Gimenez, 2015).



2.2.6.2. Temperatura

La temperatura tiene el mayor impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo tanto, es el parámetro más importante a considerar al gestionar las condiciones ambientales dentro de un invernadero. Por lo general, la temperatura óptima para las plantas es de 10 a 20 °C (López, 2008).

2.2.6.3. Radiación solar

La radiación solar es la fuente de energía más importante en el invernadero y la propia planta absorbe la mayor parte. Un porcentaje menor es absorbido en el suelo y parte de la estructura del invernadero. La radiación solar dentro del invernadero es menor a lo que existe en el exterior (Juárez, 2019).

2.2.6.4. Humedad absoluta y relativa

En la atmósfera de un invernadero con un valor constante de vapor de agua (humedad absoluta), cuando aumenta la temperatura del aire del invernadero, su humedad relativa disminuye. Cuando la temperatura disminuye, la humedad relativa también aumenta. Es un factor climático relacionado con la transpiración y es necesario para que se produzca el intercambio de gases y la fotosíntesis (Juárez, 2019).

2.2.7. Tipos de riego

2.2.7.1. Riego por aspersión

Se trata de un método de riego que simula la lluvia natural mediante aspersores. El suministro de agua de riego a través de aspersores requiere

suficiente agua para que los aspersores funcionen de manera óptima (Montero et al., 2012).

2.2.7.2. Riego por inundación

Se trata de una técnica de riego tradicional que consiste en regar terrenos llanos a lo largo de la pendiente. Los sistemas de riego de arroz son los más utilizados (Vega et al., 2018).

2.2.7.3. Riego por goteo

Un sistema de riego por goteo es un método para suministrar agua de forma lenta y uniforme a baja presión consta de una serie de cinta goteo con transmisores integrados que se insertan en el semillero donde se colocan los cultivos. Generalmente un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación profunda en suelo limoso por lo que su nivel de eficiencia alcanza el 90%-95%(Shock & Welch, 2013).

Un sistema de riego por goteo es un método para aplicar pequeñas cantidades de agua a las raíces de las plantas de forma controlada a través de un emisor ubicado a una distancia predeterminada a lo largo del lado de la gota.

2.2.8. Componentes de un sistema de riego por goteo

Los sistemas de riego por goteo deben tener al menos los siguientes componentes. Fuente de energía, red de tuberías, unidad de control y goteros (A. Mendoza, 2013).



2.2.9. Ventajas y desventajas

Considera en su publicación de riego por goteo Mendoza, indica que las ventajas y desventajas son las siguientes:

2.2.9.1. Ventajas

- Se puede utilizar en todos los cultivos en hilera, es apropiado para hortalizas y frutales.
- Tiene una alta eficiencia en el uso del agua, se puede regar el triple del área regada con sistemas por gravedad y el doble del área regada por aspersión.
- Se puede utilizar en terrenos con pendientes altas, y en suelos muy delgados.
- En tierras donde se cuenta con una fuente de agua en la parte superior al área de riego, se puede utilizar para el riego por goteo, aprovechando la energía potencial disponible (diferencia de nivel entre la fuente y las áreas de riego). En riego por goteo, las cargas para su funcionamiento son menores que en riego por aspersión.
- Es un método de fácil manejo, para su operación no necesita mano de obra experimentada.
- No es afectado por el viento.
- Se puede utilizar en zonas donde existen bajos caudales en las fuentes.
- Dado que no se moja toda la superficie del terreno, sino únicamente en una franja, el desarrollo de malezas es muy bajo comparado con los otros métodos.
- No existe erosión de los suelos.



2.2.9.2. Desventajas

- La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma.
- Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen no se puede apreciar desde lejos y al taparse un gotero se produce un crecimiento de uniforme del cultivo (2013, p. 25).

2.2.10. Riego en el cultivo de lechuga

La mayoría de las raíces de lechuga se concentran en los primeros 30 centímetros de la lechuga, por lo que se debe mantener un buen contenido de humedad (Chino, 2017) indica que la lechuga se debe regar al menos dos veces por semana, dependiendo del tipo de suelo y del clima en el que se ubique el cultivo.

2.2.11. Riego en invernadero

Es importante obtener todos los datos necesarios a la hora de instalar un sistema de riego y el tipo de riego adecuado para el invernadero. Esto tendrá un impacto directo en la productividad y la sostenibilidad de las empresas agrícolas.

2.2.12. Métodos de riego en invernadero

Es notable que los agricultores suelen utilizar dos métodos de riego para regar los cultivos bajo invernaderos: riego por surcos y riego por goteo.



2.2.13. Necesidades totales de agua

La demanda de riego se refiere a la cantidad de agua que se debe suministrar a un cultivo para asegurar que cubre total o parcialmente sus necesidades hídricas. Si el riego es el único suministro de agua disponible, la demanda de agua de riego será al menos igual a la demanda de agua de los cultivos y será mayor si se producen pérdidas (escorrentía, infiltración, distribución desigual, etc.) es menor si la planta puede cubrir sus necesidades hídricas a partir de otras fuentes agua de lluvia, reservas de agua en el suelo, etc (Vásquez et al., 2017).

2.2.14. Frecuencia de riego

Al estimar la evapotranspiración y la evaporación, podemos calcular la cantidad de agua necesaria para regar los cultivos. Cuando se define el consumo de agua del emisor (puede ser un aspersor o un gotero según corresponda), podremos saber el tiempo de riego. Sin embargo, en cuanto al tipo de riego utilizado en las explotaciones agrícolas, todavía no está claro con qué frecuencia se deben regar los cultivos.

$$ET = EB * K$$

Donde:

ET: evapotranspiración del cultivo en mm/día

EB: evaporación de bandeja en mm/día

K: coeficiente del cultivo



2.2.15. Tiempo de riego

Este valor se define correlacionando el volumen aplicado con el caudal del emisor utilizado. Es decir, la cantidad de agua que sale del emisor por unidad de tiempo. También se puede tomarse un valor de evaporación de bandeja promedio diario semanal y calcular el tiempo de riego en un invernadero (Osorio, 1994).

$$Tr = \frac{volumen}{qe}$$

Tr: tiempo de riego

qe: caudal del emisor 1lt/hr

v: volumen

2.2.16. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de riego es la relación que existe entre la lámina de agua transpirada o lamina utilizada por el cultivo y la lámina derivada, las pérdidas de agua que se produce en riego por goteo es debido a la percolación (Vásquez et al., 2017).

2.2.17. Medición de la bandeja

Osorio (1994) refiere que múltiples estudios han demostrado que la evaporación desde una superficie libre, como este tipo de estanques integrada apropiadamente las variables climáticas de temperatura, radiación solar, humedad relativa y viento, que son los elementos de los cuales depende la evapotranspiración o necesidades hídricas, por tanto, la cantidad de evaporación que se produce en este tipo de bandejas está muy relacionada con la evaporación del cultivo. Luego, para determinar estos



requerimientos, basta con conocer la cantidad de evaporación, expresada en mm/día, y este valor se corrige por el coeficiente de transmisión (k_c), que, por supuesto, también depende del estado de desarrollo vegetativo. la planta

Uno de los métodos utilizados es medir la evaporación de la capa de agua del evaporador. Para que los resultados sean válidos el tanque tiene que estar colocado en las mismas condiciones que los cultivos, en el interior del invernadero (Castañón, 2000).

Demanda neta de riego cultivos; constituyen la cantidad de agua que el sistema de riego debe entregar a la zona de las raíces del cultivo (Martínez, 2004).

2.2.18. Uso del tensiómetro

Osorio (1994) el principio de tensiómetro se basa en la diferencia de tensión que se produce al haber distintos grados de humedad en el suelo. Cuando la tierra se seca, el agua se escapa del interior de la cápsula porosa, creando un vacío parcial en la parte superior del tubo. Por el contrario, cuando aumenta la humedad del suelo, el agua pasa a través de las cápsulas porosas, reduciendo el vacío en los tubos. Estos cambios se registran con un vacuómetro. Los vacuómetros suelen medirse en unidades de presión llamadas centibares, que van de cero a cien. Esto indica que el suelo debe estar cerca de la saturación de agua para que las raíces de la planta puedan sufrir falta de oxígeno. Cuando la lectura aumenta, significa que el suelo está perdiendo humedad.



2.2.19. Proceso de evapotranspiración

2.2.19.1. Evaporación

Definen Vásquez et al.(2017) la evaporación es el proceso físico en el que el agua cambia de líquido a vapor. El agua se evapora de diversas superficies como lagos, ríos, caminos, suelo y vegetación húmeda. Es una de las fases del ciclo hidrológico y se ve afectada por muchos factores. Estos incluyen: viento, temperatura, humedad relativa, radiación, composición y color del suelo, etc.

2.2.19.2. Transpiración

Este es un fenómeno físico en el que el vapor de agua pasa del mesófilo de la planta a la atmósfera. Es decir, el flujo de agua de las plantas a la atmósfera se produce a través de estomas y otras células epidérmicas y a través de la cutícula de la planta. Esto puede considerarse como una pérdida de agua del tejido vegetal, pero no es cierto, ya que también desempeña un papel refrescante en la planta. Aunque las estomas son el principal medio de las plantas para liberar agua al mundo exterior, también pueden absorber dióxido de carbono y salida de oxígeno (Vásquez et al., 2017).

2.2.19.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de la evaporación y la transpiración y es un proceso integral de fenómenos simultáneos (Vásquez et al., 2017).



2.2.19.4. Evapotranspiración real o actual (ER)

La transpiración real o real ocurre independientemente de las condiciones de la planta y del suelo. También se define como la tasa de consumo real de agua de la planta. Entre los factores que afectan o definen la evapotranspiración real o uso consuntivo de agua de un cultivo, están los mismos que afectan a la evaporación del agua del suelo y a la transpiración de las plantas (Vásquez et al., 2017).

2.2.19.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Cuando la transpiración ocurre sin limitación alguna de agua en el suelo, hablamos de evapotranspiración (ETc) y corresponde a la cantidad de agua que se debe aportar estacionalmente al suelo mediante la lluvia y/o el riego. La evapotranspiración del cultivo se calcula mediante la ecuación(Hurtado, 2012).

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo, en mm/día

ETo = Evapotranspiración de referencia, en mm/día

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional)

2.2.19.6. Evapotranspiración de referencia (ETo)

Dado que el concepto de (ETo) es difuso, pues cada tipo de planta evapotranspira una cantidad de agua diferente, la Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) La guía de necesidades acuáticas de las plantas aplica como referencia el concepto de evapotranspiración. La evaporación de referencia se define como la tasa

de evaporación del agua de una superficie de referencia, que ocurre sin confinar agua y se llama ET_o . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas (Allen et al., 1998).

Figura 1

Representación de la evapotranspiración de referencia



Nota. Esta figura muestra el proceso de la evapotranspiración.

2.2.19.7. Tanque de evaporímetro tipo “A”

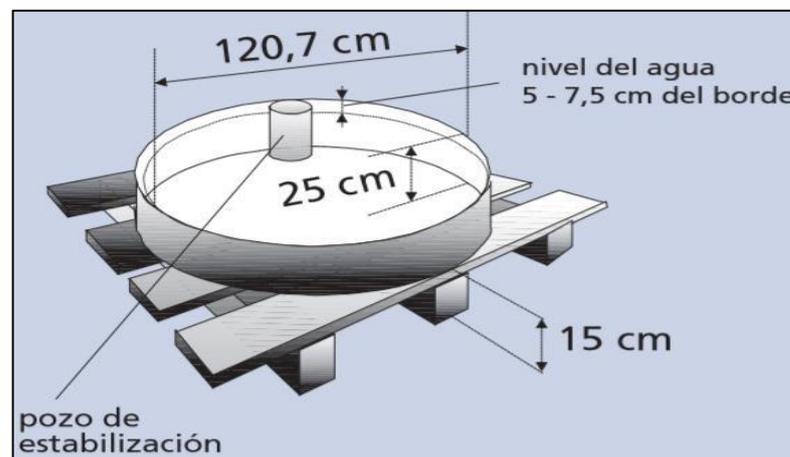
Tamayo et al.(2018), afirma la determinación precisa del coeficiente del tanque de evapotranspiración Clase A puede estimar la evapotranspiración de referencia y obtener el valor real del agua de cultivo requerida. La información climática diaria y mensual se utiliza para analizar el coeficiente del tanque (K_p) y la evapotranspiración de referencia (ET_o).

El tanque Clase A es circular, 120.7 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Está construido de hierro galvanizado o de láminas de metal (0.8 mm). El tanque se sitúa sobre una plataforma de madera en forma de reja que se encuentra a 15 cm por encima del nivel del suelo. El tanque debe estar a nivel después de la instalación, llene el tanque con agua hasta un máximo de 5 cm desde el borde y el nivel del agua no debe caer más de

7.5 cm por debajo del borde. El agua se debe cambiar periódicamente, al menos una vez por semana, para eliminar la turbidez. Si el tanque es galvanizado se debe repintar con pintura de aluminio cada año. Deben evitarse las pantallas encima del tanque. Los tanques deben ser protegidos con mallas de seguridad para evitar el acceso de los animales (Allen et al., 1998).

Figura 2

Dimensiones del tanque evaporímetro

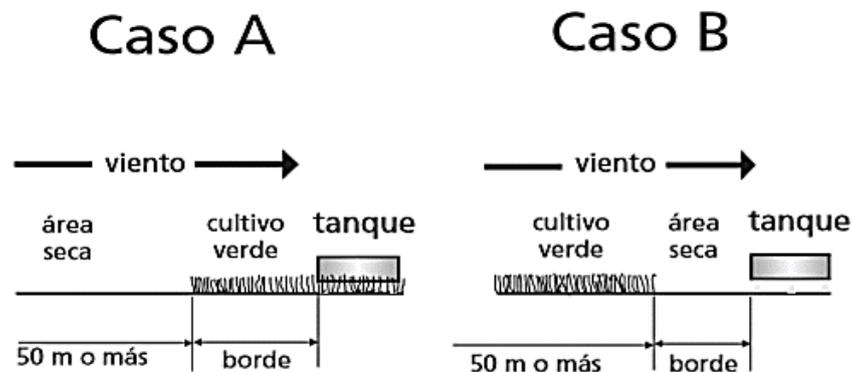


Nota. Esta figura muestra las dimensiones que posee un tanque de evaporímetro de tipo A.

Para elegir el tipo de factor de tanque, se debe considerar adicionalmente la cobertura tierra, se debe comprobar la estación, sus alrededores y el viento y humedad. La ubicación y el entorno del tanque también tienen un efecto. El resultado especialmente si el tanque de agua está al aire libre o cultivo generalmente se consideran dos casos: tipo A, donde se ubica el tanque. en una cubierta verde corta (mantillo de pasto) rodeado de Barbecho; tipo B, tanque en barbecho Alrededor de cultivos verdes.

Figura 3

Dos casos de localización del tanque de evaporación y sus alrededores



Nota. Esta ilustración muestra las diferencias entre el tanque de tipo A y B.

2.2.20. El estado hídrico del suelo

2.2.21. Punto de marchites permanente (PMP)

Es el contenido de humedad del suelo cuando el cultivo ha extraído toda el agua disponible. Parte de la humedad se retiene en el suelo, pero se retiene en la medida en que los cultivos no pueden obtenerla, es cuando las plantas presentan síntomas.

Además, el PMP también depende de las propiedades del suelo, como el tamaño de las partículas, la compactación, el contenido de materia orgánica, la profundidad del perfil y otros factores.

2.2.22. Densidad aparente (Da)

La densidad aparente es el peso por unidad de volumen de suelo (g/cc) y se analiza mediante suelo secado al aire o estufa a 110°C. La densidad aparente está relacionada con la gravedad específica de las partículas minerales y orgánicas y la porosidad del suelo.



2.2.23. Capacidad de campo (CC)

La estimación del CC en condiciones naturales se puede lograr saturando el suelo y cubriéndolo con plástico para evitar la evaporación. Se espera de 24 a 72 horas (más para suelos arcillosos) y se toma una muestra para determinar su contenido de humedad.

Otro tipo de estimación considera muestras de suelo perturbadas en el laboratorio para determinar el contenido de humedad equivalente. El tamaño de las partículas tiene un efecto significativo en esta determinación, ya que el suelo arenoso pierde más agua que el suelo fino. Dada la estrecha relación entre el contenido de la fracción de estructura fina y el contenido de humedad equivalente, este valor también puede estimarse utilizando ecuaciones predictivas adaptadas a las condiciones regionales del suelo.

2.2.24. Lámina de riego (Lr)

La lámina de riego o dosis de riego se define como la cantidad de agua, en términos de altura o tirante (en función de sus constantes hídricas, densidad aparente, profundidad de enraizamiento y humedad), aplicada en cada riego para compensar el déficit de humedad del suelo, proporcionándole el agua suficiente para su crecimiento y desarrollo durante un período de tiempo denominado frecuencia de riego (Hurtado, 2012).

2.2.25. Lámina neta (Ln)

Se denomina lámina neta de reposición de agua de riego la cantidad de agua suministrada al suelo para reemplazar la evaporación del cultivo, lo que reduce la humedad disponible al estado de máxima retención. El porcentaje de



mojado de un riego se refiere a la porción del área del terreno que moja la cinta de goteo; es decir, el riego por goteo no moja el 100 % del terreno, sino que moja una fracción (Calvo, 2020).

$$Ln = Fr * ETc$$

Donde:

Ln: lamina neta

ETc: evapotranspiración del cultivo

Fr: frecuencia de riego

2.2.26. Lámina bruta (Lb)

Según Rondan (2016), en su investigación define, durante el riego, no toda el agua se almacena en la zona del suelo, sino que se pierde por evaporación, escorrentía e infiltración profunda. La cantidad total es la cantidad real de agua que se debe utilizar durante el período de riego para cubrir la demanda neta de riego.

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lb: lamina bruta

Ln: lamina neta

Ea: eficiencia de aplicación

2.2.27. Coeficiente del cultivo

El coeficiente de cultivo Kc, describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde



la siembra hasta la cosecha. Es un factor que muestra el grado de desarrollo de la planta o el grado de cobertura del suelo del cultivo (Allen et al., 1998).

La mayoría de los métodos para calcular los coeficientes de los cultivos suponen una relación entre la ETo y la ETc del cultivo, es decir $ETc = ETo * Kc$.

Si despejamos la expresión anterior, obtenemos:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

Donde:

Kc: coeficiente del cultivo

ETc: evapotranspiración del cultivo

ETo: evapotranspiración referencial

Coeficiente de uniformidad



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se ejecutó en invernadero, está en la propiedad de familia chino, en centro poblado de Jayllihuaya en el distrito de Puno de la provincia de Puno departamento de Puno. Colinda por el norte con Aziruni, por el Sur collacachi y Ahuallani y por el este con Ichu y Ojerani, por oeste con Salcedo y Capullani. Las delimitantes más evidentes son los accidentes geográficos ya que se encuentra rodeado por tres cerros y al frente por el lago Titicaca.

3.1.2. Ubicación geográfica

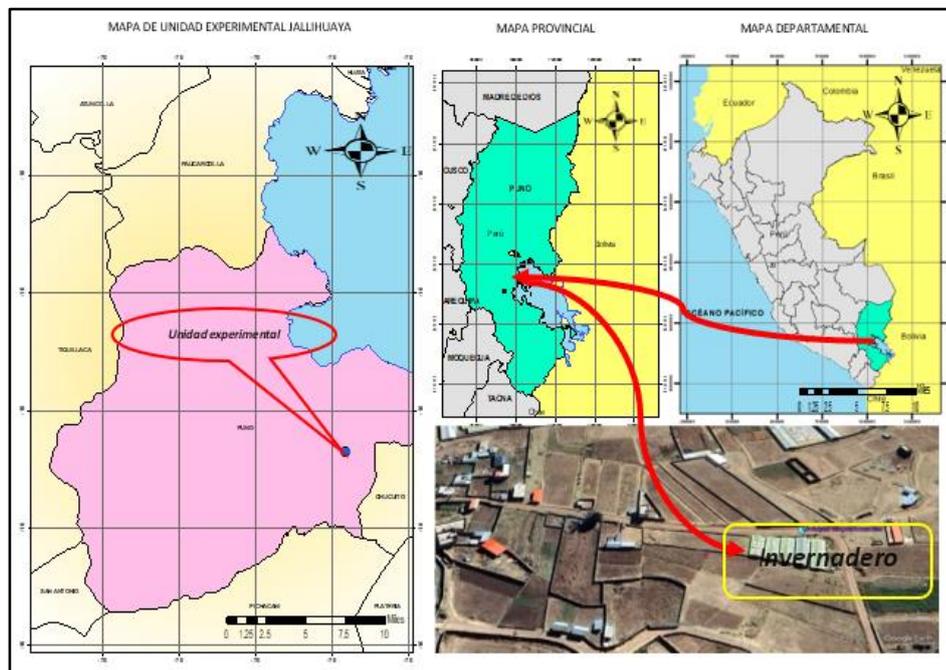
- Latitud Sur: $15^{\circ}52'79''$
- Longitud Oeste: $69^{\circ}58'12.81''$
- Altitud: 3869 msnm

3.1.3. Localización de parcela experimental

En la figura 4 se muestra la ubicación del invernadero en el cual se instaló la unidad experimental.

Figura 4

Ubicación del invernadero de Jayllihuaya.



Nota. Esta figura muestra la localización del invernadero proporcionado por Google earth.

3.1.4. Vías de acceso

El acceso principal al área del proyecto la constituye la carretera Panamericana Sur Puno – Desaguadero, existe un desvío hacia la parte derecha, que conecta con el Centro Poblado de Jayllihuaya a 15 minutos de la ciudad.

3.1.5. Temperatura y clima

Según la información SENAMHI (2021), la temperatura en la zona es un clima frío, moderadamente lluvioso con amplitud térmica moderada. La temperatura máxima y mínima promedio anual (1960-1996) son 14,4 °C y 2,7 °C respectivamente. La precipitación media anual acumulada entre 1964 y 1980 fue de 703,1 mm.

3.1.6. Análisis del suelo

Antes de preparar la parcela, se tomó una muestra compuesta a profundidad de 25cm y se enviaron al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Salcedo - Puno, para su respectivo análisis físico - químico. Los resultados obtenidos (ver anexo 9)

Tabla 2

Análisis físico del suelo invernadero Jayllihuaya.

Textura	Da gr/cc	CC %	PMP %
Franco arenoso	1.19	25.87	7.39

Nota. Resultados del análisis físico proporcionados por Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare de la EEA Illpa – Salcedo

En la Tabla 2 Se presentan los resultados de densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y textura, la textura del suelo es franco arenoso un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla. El punto de marchitez permanente marchitez es del 7.39 %, indica que la planta alcanzará la marchitez cuando haya 7.39 gramos de agua por cada 100 de suelo seco. Una capacidad del campo de un 25.87 % significa que 100 gramos de suelo seco pueden retener hasta 25.87 gramos de agua en el. La densidad aparente es un buen indicador de propiedades importantes del suelo.

Tabla 3*Análisis químico del suelos - parcela experimental invernadero Jayllihuaya.*

Análisis	Resultados	Unidad
pH	7.2	
Conductividad eléctrica	11.7	mS/m
Materia orgánica	3.7	%
Nitrógeno	0.14	%
Fosforo	90.0	mg/kg
Potasio disponible	220.4	Ppm
Carbonatos de calcio equivalente	1.3	%
Bases intercambiables		
calcio	19.2	C mol (+) /kg
Magnesio	2.5	C mol (+) /kg
Potasizo	0.6	C mol (+) /kg
sodio	0.3	C mol (+) /kg
Capacidad de intercambio	22.6	C mol (+) /kg
Análisis de textura		
Arena	59.80	%
arcilla	12.92	%
limo	27.28	%
Clase textural	Franco Arenoso	

Nota. Resultado del análisis de suelos proporcionado por el Laboratorio de Suelos, Aguas y

Foliales de la EEA Illpa – Salcedo

De acuerdo con la Tabla 3 Los suelos de la parcela experimental se tiene pH de 7.2 siendo neutro y la materia orgánica 3.7 nivel medio y clase textural franco arenoso.

3.1.7. Análisis de agua

En el análisis de agua se tomó una muestra de 2 litros del pozo de tipo caisson las muestras se enviaron al laboratorio de Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Salcedo - Puno, para su respectivo análisis con fines de riego. Los resultados obtenidos (ver anexo) me permitieron determinar la lámina de agua para aplicar y verificar la calidad de agua.

Tabla 4

Análisis de agua con fines de riego invernadero Jayllihuaya.

Análisis	Resultados	Unidad
pH	6.7	
Conductividad eléctrica	335.0	uS/cm
R.A. S	0.09	
Suma de cationes	5.10	
Calcio	3.55	meq/L
Magnesio	1.02	meq/L
Potasio	0.39	meq/L
Sodio	0.14	meq/L
Suma de aniones	8.36	
Cloruros	2.30	meq/L
Sulfatos	4.54	meq/L
Carbonatos	0.00	meq/L
Bicarbonatos	0.32	meq/L
Nitratos	1.20	meq/L
STD	190.0	mg/L
Dureza	190.0	mg/L
Alcalinidad	22.5	mg/L
R.A. S	Agua utilizable con precaución	
Tipo de agua	Agua dura	

Nota. Resultados del análisis del agua proporcionado por el Laboratorio de Suelos, Aguas y

Foliales de la EEA Illpa – Salcedo

En el (anexo 10) se presenta los resultados del análisis, que al ser comparado con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales, siendo así, los resultados de pH 6.7 es medio el



rango establecido como deseable para la mayoría de las plantas es de 5.5 a 6.5, la conductividad eléctrica (CE) de 335 dS/m es menor a 500 dS/m (ECA) por lo que no se presenta riesgo en salinidad. Agua establecido por Disposiciones Complementarias del MINAM (2017), por lo cual el agua usada en el experimento está dentro del rango aceptable.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental y aplicado tiene un enfoque cuantitativo, dicha investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Jayllihuaya del distrito de Puno, de la región Puno.

3.2.2. Diseño de la investigación

El diseño experimental fue en Bloques Completamente al Azar; con 03 tratamientos y 03 repeticiones.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población para este trabajo de investigación está compuesta por 405 plantas de lechuga crespa.

3.3.2. Muestra

La muestra para el presente trabajo de investigación está constituida de 15 plantas de lechuga por unidad experimental.



3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Variable independiente

Láminas al 100% Evapotranspiración del cultivo (ETc), 75% Evapotranspiración del cultivo (ETc) y 50% Evapotranspiración del cultivo (ETc)

3.4.2. Variable dependiente

Respuesta agronómica del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa*): altura de la planta, numero de hojas, Peso del cabeza de lechuga, y Rendimiento en el campo.

Tabla 5 La descripción de las variables se refleja en sus indicadores y escalas de medición.

Tabla 5

Operacionalización de Variables.

Variables	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente		
T1	100ETc	%
T2	75ETc	%
T3	50ETc	%
Variable dependiente		
Altura de planta	15	Cm
Numero de hojas	15	Cm
Peso del cabeza de lechuga	15	Cm
Rendimiento en el campo		Kg/ha

Nota. Resultado de la operacionalización de las variables del estudio.



3.5. MATERIALES

3.5.1. Materiales

- Pico
- Pala
- Rastrillo

3.5.2. Equipos

- Flexómetro
- Cronómetro
- 01 regla graduada
- 01 balanza electrónica
- 01 wincha de 8 metros
- Sensor de temperatura máxima y mínima termohigrómetro modelo SH-110
- Sensor de humedad relativa máxima y mínima termohigrómetro modelo SH-110
- Sensor de humedad del suelo 4 in 1 Plant Eart modelo YH – SUELO 4 EN 1
- Cinta métrica
- Tanque de evaporímetro de tipo A

3.5.3. Abonos

- La urea
- Estiércol de oveja

3.5.4. Unidad experimental

El invernadero utilizado en este estudio fue un tipo rústico, las paredes son bloquetas y el techo están cubierto de plástico amarillo transparente, el invernadero tiene 22 metros de largo, 6 metros de ancho, 14 ventanas y una sola

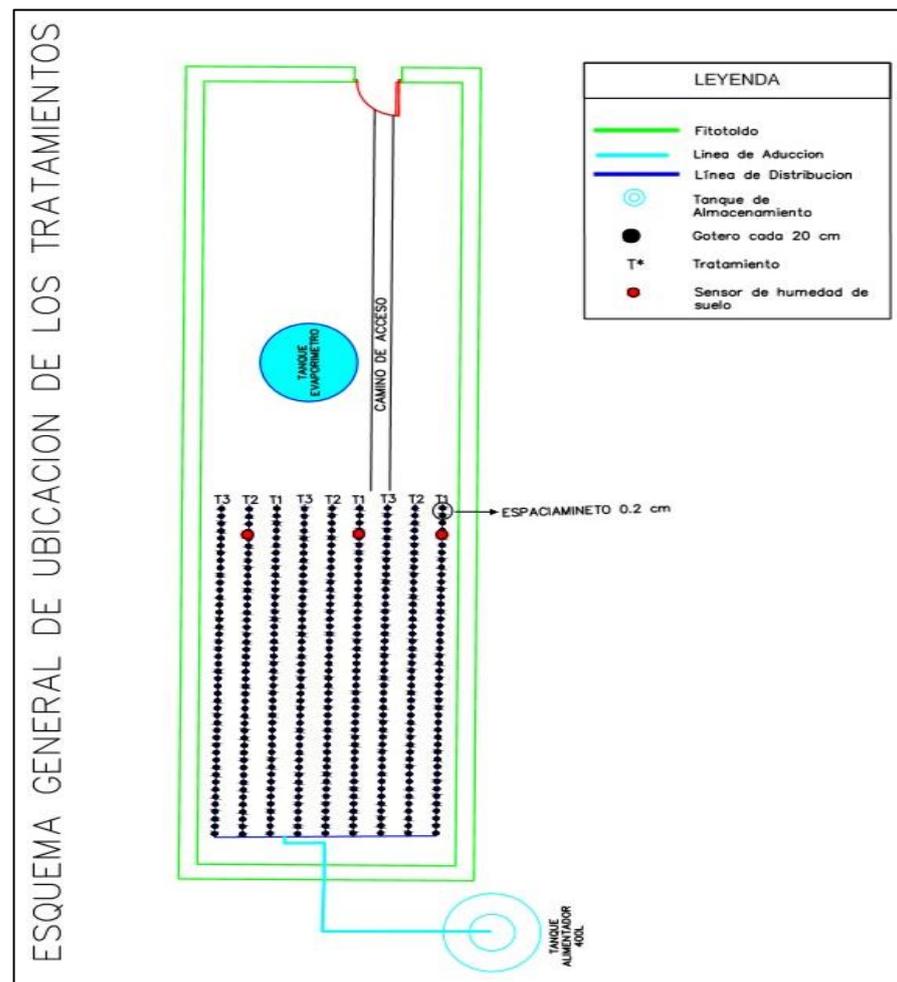
puerta de entrada única para facilitar la ventilación natural; se dividió en dos partes a 72 m² y 66 m².

El campo experimental se estableció en invernadero, con un total de 3 tratamientos, 3 repeticiones por cada tratamiento y un total de 09 unidades experimentales. Los componentes principales del sitio experimental son: un tanque de evaporímetro tipo A, un sistema de riego por goteo, un sensor de medición de parámetros temperatura, humedad relativa y un sensor de humedad de suelo.

3.5.4.1. Parcela experimental

Figura 5

Esquema de la parcela experimental invernadero





Nota. Esta imagen muestra el esquema de la parcela experimental del invernadero donde se realizó la investigación.

3.5.5. Instalación y acondicionamiento de la unidad experimental

Los trabajos de instalación y adecuación del área experimental se realizaron del 25 al 29 de septiembre de 2023. Las actividades anteriores se realizaron del 30 de septiembre al 3 de octubre, durante las cuales se instaló el tanque de 400 litros y el tanque de evaporímetro tipo A. Sistema de riego y equipos de sensores para medir factores climáticos.

El 04 de octubre del 2023, se realizaron pruebas funcionales del sistema de riego por goteo. El 05 de octubre del 2023, se realizó la aplicación del riego abundante o riego machaco.

3.5.5.1. Implementación del sistema de riego por goteo

Para poder aplicar las láminas a evaluar requiere de un sistema de riego, y en este estudio se eligió el sistema de riego por goteo porque es un sistema que puede controlar efectivamente el volumen de agua suministrada. El sistema de riego que se instaló en el área es fijo. Las tuberías principales son de PVC y en cada una de las tuberías secundarias se colocó cintas de goteo marca dripline 16mm 1:15 L/h 20cm, colocadas a una separación de 0.6 m entre laterales dando lugar a 9 líneas de goteo por cada unidad experimental de 9 metros de largo y extendidas directamente sobre el terreno. Se proporciono riego por goteo dirigido directamente a las raíces de las plantas. para favorecer y mantener la capacidad del campo.



3.5.5.2. Diseño del sistema de riego

El diseño de un sistema de riego por goteo requiere varios pasos con la siguiente información del suelo, cultivo y abastecimiento de agua.

Todas las plantas tienen las mismas oportunidades de desarrollo inicial en la bandeja de germinación durante 20 días. El riego comienza el día del trasplante, con base en las lecturas diarias de evaporación en el tanque de agua del medidor de evaporación tipo A, podemos calcular la cantidad de agua requerida para complementar el déficit hídrico y determinar el tiempo de riego.

A partir de ese momento y durante el resto del ciclo vegetativo se realizó una dotación de lámina de riego en las unidades experimentales correspondientes a los tratamientos 100, 75 y 50 % de la evapotranspiración del cultivo

3.5.5.3. Componentes de sistema de riego

- 01 pozo de abastecimiento de agua potable
- 01 tanque almacenamiento de capacidad 400 litros, elevado a 2.40 metros sobre el nivel del terreno
- 01 línea de aducción de Manguera Duplex Premium 5/8" de 40 metros, que conecta con pozo de abastecimiento con el tanque de almacenamiento.
- 02 de tubería de PVC secundaria Ø50mm
- 02 de tuberías de PVC SP C-10 Norma Técnica 399.002 principal con Ø 25 mm de 5 metros
- 02 de tubería de PVC secundaria Ø50mm de 7 metros



- 90m de cinta de goteo Ø 32 mm 17x16cm ISO – 9001 HDPE – PE100/PN16 distancia entre goteros 0,20 m y descarga de 1L/h.
- 09 válvulas 17x16cm ISO – 9001 HDPE – PE100/PN 16 conectores de manguera a cinta

3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Se desarrollan todas las tareas y prácticas agrícolas necesarias para el adecuado desarrollo del cultivo.

3.6.1. Labores agrícolas desarrolladas

3.6.1.1. Preparación del terreno

Limpiar el invernadero para eliminar las malas hierbas del suelo. Luego se labró el suelo para proporcionar oxígeno a la superficie del área de cultivo y promover un buen crecimiento de las raíces de las plantas. Finalmente se procedió a nivelar el terreno con la ayuda del rastrillo.

La preparación del suelo comienza con la construcción manual de parcelas y la determinación de los objetivos de las pruebas, el marcado del área experimental de los bloques y parcelas. se realizó con la ayuda de un flexómetro, cordel, yeso y estacas. Luego se realizó las hileras de surco aproximadamente a 20 cm de altura.

3.6.1.2. Elaboración de semilleros

La siembra se realizó el 15 de setiembre del 2023 en las bandejas germinadora de caucho de 2,0m x 1,0m, 0,5m de altura; una bandeja llena de tierra de siembra mezclada con estiércol de oveja.



3.6.1.3. Trasplante

El trasplante se realizó el 06 de octubre del 2023 se efectuó cuando las lechugas tuvieron 20 días después de la siembra, la plantación se realizó según la posición del marco de siembra y del gotero.

Después de que a la planta le haya crecido el segundo par de hojas verdaderas, se debe regar el suelo un día antes de plantar. Dado que la planta de lechuga es pequeña, la profundidad de plantación al trasplantar debe ser de 0,06 metros y la compactación es adecuada, para compactar ligeramente la tierra alrededor de la planta con los dedos.

3.6.1.4. Fertirriego

Se tomó la decisión de fertilizar el cultivo y añadir los nutrientes necesarios y suficientes que la lechuga absorbe del suelo.

3.6.1.5. Control de malezas

Se utilizaron métodos culturales para el control de malezas en los que el desmalezado se realizó dos veces, la primera cuatro semanas después del trasplante y la segunda seis semanas después del trasplante.

3.6.1.6. Cosecha

La cosecha se efectuó el 29 de noviembre de 2023 a los 55 días después del trasplante, el mejor momento para cosechar plantas es por la mañana, antes de que salga el sol. Como señalan los productores de lechuga, debemos inspeccionar periódicamente nuestras áreas de cultivo para buscar plantas que estén listas para cosechar cuando estén



fisiológicamente maduras. Manualmente cuando el cultivo presentó madurez fisiológica, para luego pesarlas para obtener el rendimiento.

3.6.1.7. Datos climáticos

La temperatura (°C) y la humedad relativa (%) se registraron diariamente en por la mañana a las 7:30 am, medio día y en la tarde a las 6 pm con un sensor de temperatura máxima y mínima termohigrómetro modelo SH-110, humedad relativa máxima y mínima termohigrómetro modelo SH-110, instalado a una altura de 1,50m.

3.6.1.8. Humedad de suelo sensor plant eart modelo YH – – SUELO 4 EN 1VH400

Para el presente trabajo de tesis se decidió comprar el sensor de humedad de suelo - 4 in 1 Plant Eart modelo YH – SUELO 4 EN 1VH400 por ser más económico, el analizador digital de suelo 4 en 1 con pantalla digital es el último dispositivo de medición rápida del suelo, que prueba principalmente el pH del suelo, la humedad, la temperatura y la intensidad de la luz de la planta. Utiliza una batería de 9v, la operación es sencilla y la longitud de sonda es de 25cm. Ahorra tiempo y esfuerzo, es altamente eficiente. Este instrumento es adecuado para la plantación de flores, plantas y césped.

Tabla 6

Instrumento de medición digital para obtener los valores de los parámetros.

N°	Parámetros	Niveles
1	pH del suelo	3.5 - 9.0
2	Humedad del suelo	DRY+, DRY, NOR, WET, WET+
3	Intensidad solar	LOW-, LOW, LOW+, NOR-, NOR, NOR+, HGH-, HGH, HGH+
4	Temperatura	-9°C a 40°C

Nota. Esta tabla muestra el instrumento de medición a utilizar.

3.1.6.9. Interpretación de las lecturas

Es ideal para las personas dedicadas a la agricultura, agronomía y jardinería. pero la información necesaria se encuentra en su página web <https://jhomasaja-import.com/producto> de la cual obtuve los siguientes datos relevantes.

Tabla 7

Niveles y características del suelo.

	Niveles	Características
1	DRY+	Muy seco
2	DRY	Seco
3	NOR	Normal
4	WET	Mojado
5	WET+	Muy mojado

Nota. Esta tabla muestra los niveles y características del suelo.



3.6.2. Láminas de riego aplicar

3.6.3. Cálculo de láminas de riego

Las láminas de riego se calcularon a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Lamina bruta de riego} = \frac{EV * Kp * Kc}{Efa}$$

Donde:

EV = evaporación medida en el tanque evaporímetro

Kp = coeficiente del tanque evaporímetro

Kc = coeficiente del cultivo (adimensional)

Efa= eficiencia de aplicación

La eficiencia de riego de un sistema de riego por goteo es Efa=0,90

3.6.4. Cálculo de tanque evaporímetro tipo A

Se colocó el tanque de evaporación tipo A en el medio del invernadero a 1m del cultivo sembrado la base de madera a una altura de 15 cm se llena con agua 5 cm por debajo del borde de tanque. Se tomó las lecturas diarias a las 7:30 a.m. para determinar la cantidad de agua evaporada, para lo cual utilizamos una regla de metal para expresar sus unidades de medida en milímetros.

3.6.5. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo)

La evapotranspiración de referencia (ETo) en este estudio se calculó a partir de registros diarios de evapotranspiración de acuerdo con el método del tanque medidor de evapotranspiración clase "A", como se muestra en la siguiente ecuación.

$$ETo \left(\frac{mm}{dia} \right) = Ev * Kp$$



Donde:

ET_0 = evapotranspiración de referencia [mm día^{-1}]

K_p = coeficiente del tanque evaporímetro

E_v = evaporación del tanque evaporímetro [mm día^{-1}]

3.6.6. Cálculo de la evapotranspiración cultivo (ETc)

Se refiere a la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración. Los requisitos de riego reflejan diferencias significativas en los requisitos de agua de los cultivos. Se procesaron datos diarios desde la fecha del trasplante hasta la fecha de cosecha para calcular la evapotranspiración del cultivo Etc. Estos datos fueron humedad relativa absoluta, temperatura y evaporación del tanque tipo A.

La ETc del cultivo fue calculada utilizando la siguiente expresión:

$$ET_c \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}} \right) = ET_0 * K_c$$

Dónde:

ET_c = evapotranspiración del cultivo (mm /día^{-1})

ET_0 = evapotranspiración de referencia (mm/ día^{-1})

K_c = coeficiente del cultivo (adimensional)

3.6.7. Cálculo del factor del tanque (Kp)

Según (Allen et al., 1998) para el caso B, el factor del coeficiente del tanque se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} K_p = & 0.61 + 0.00341HR - 0.000162u^2HR - 0.00000959u^2B \\ & + 0.00327u^2 \ln(B) - 0.00289u^2 \ln(86.4u^2) \\ & - 0.0106 \ln(86.4u^2) \ln(B) + 0.00063(\ln(B))^2 \ln(86.4u^2) \end{aligned}$$

Dónde:

K_p = factor del tanque



HRprom= humedad relativa promedio

B= borde o distancia al borde de la superficie identificada 1metro

U₂= velocidad promedio diaria del viento a 2 m altura (km/día

3.6.8. Selección de Kc del cultivo de lechuga crespa

Se siguió el procedimiento indicado en la página 79 de la publicación de la FAO N° 56, en la rutina de cálculo se emplearán los valores de Kc ini= 0.70; Kc medio = 1.00 y Kc final 0.95, se tomaron etapa inicial 20 días desarrollo 45 días y etapa final 10 días.

3.6.9. Selección de la eficiencia de aplicación

Cada tratamiento está diseñado para lograr una aplicación eficiente, reduciendo la pérdida de agua por evaporación o filtración, lo que se consideró la eficiencia 90%.

3.6.10. Cálculo de coeficiente de uniformidad

Conocer el caudal promedio de los emisores en cada unidad experimental es muy importante para este estudio, ya que cada unidad experimental tiene su propia válvula de control independiente:

- En cada unidad experimental se seleccionan 02 goteros más o menos equidistantes (del lado de riego), cuya distribución debe ser: al inicio (aguas arriba), 1/3, 2/3 y al final.
- En la unidad experimental se seleccionó 2 goteros colineales más o menos equidistantes al inicio y al final de su longitud.
- Se midieron los volúmenes de los 18 goteros en un tiempo de 1 hora y 15 minutos en de cada gotero seleccionado. Finalmente, medimos el contenido de



agua con un tubo de ensayo y luego lo expresamos en litros por hora (l/h) y hacemos los cálculos oportunos.

- $CU = 100 \left(\frac{q_{25\%}}{q_a} \right)$

Donde:

CU=coeficiente de uniformidad de distribución (%)

$q_{25\%}$ = valor de los 25 menores caudales observados (l/h)

q_a = promedio de todos los emisores

3.6.11. Cálculo de tiempo de riego

El tiempo de riego en se calculó en cada tratamiento con la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{Nb}{P}$$

Donde:

Tr= Tiempo de riego (h/día)

Nb= Lámina bruta (mm/día)

P= precipitación del emisor (mm/h)

3.6.12. Cálculo de frecuencia de riego

La frecuencia de riego se controla mediante lecturas diarias de evapotranspiración de un tanque de evapotranspiración clase "A" y el uso de factores de cultivo para controlar la rotación de los sitios de riego durante un ciclo de crecimiento de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)



determinado. Esto nos permite obtener capacidades de campo para cada tratamiento estudiado.

3.6.13. Diámetro del diámetro del bulbo húmedo

Es la parte del suelo humedecida por un emisor de riego localizado. Cuando un gotero aplica el agua sobre el suelo a medida que va transcurriendo el tiempo el agua se filtra en vertical y en horizontal y comienza a formarse un pequeño charco.

El diámetro de bulbo húmedo se determinó en campo:

- Se eligen tres goteros al azar en distintos sitios para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones y coloraron sensores.

3.6.14. Volumen de agua

Se determinó el volumen total de riego por ciclo del cultivo para cada tratamiento mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Nb * Par}{10}$$

Dónde:

V: volumen de agua aplicado (m³ /ha/ciclo)

Nb: Lámina bruta (mm/día)

Par: Porcentaje de área bajo riego (%)



3.6.15. Programación del riego

La programación del riego se hizo con lecturas diarias de evaporación del tanque de evaporímetro tipo A, bajo las siguientes condiciones. El ciclo vegetativo del cultivo es de 75 días, que es la duración del ciclo vegetativo. No se ve afectado por la humedad del suelo y todos se desarrollan al mismo ritmo y profundidad de raíces.

Dado que el sistema es de riego por goteo, la estrategia elegida es regar cada mañana a las 9:00 a.m. con una cantidad igual a la cantidad de agua evaporada el día anterior más el correspondiente aumento de humedad requerido para el crecimiento radicular.

3.6.16. Variables evaluadas

Se seleccionaron 15 plantas al azar, por cada tratamiento se evaluaron los siguientes parámetros:

3.6.16.1. Altura de planta

Se midió la altura en centímetros desde la base del suelo hasta el ápice de la planta a los 30, 45, 60 y 75 días después de la siembra.

3.6.16.2. Numero de hojas

El número de hojas se contabilizó el primer día del trasplante y a los 30, 45 y 60 y 75 días después de la siembra.



3.6.16.3. Peso de lechuga fresca

Se seleccionaron al azar quince plantas de lechuga de cada tratamiento y se determinó el peso (kg) de cada tratamiento día de la cosecha.

3.6.16.4. Rendimiento total

Realizada la cosecha se pesó 15 cabezas de lechuga de la parcela, el promedio obtenido se expresó en kg/ha.

3.6.16.5. Eficiencia del uso de agua

Se determinó el uso eficiente del agua (EUA) para cada tratamiento en base a la siguiente fórmula:

$$EUA = \frac{\textit{Rendimiento por unidad de área}}{\textit{Agua usada para producir tal rendimiento}}$$

3.6.11.6. Análisis estadístico

Los datos de evapotranspiración real, eficiencia en el uso del agua y parámetros agronómicos se analizaron mediante la prueba F. El valor medio se comparó con la prueba de Tukey y el nivel de significancia fue del 5%.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación evaluó la respuesta del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L) ante la aplicación de tres láminas de riego en Jayllihuaya, ETc100, ETc75 y ETc50. Calculadas a partir de un tanque evaporímetro tipo A, bajo invernadero en Jayllihuaya, Puno.

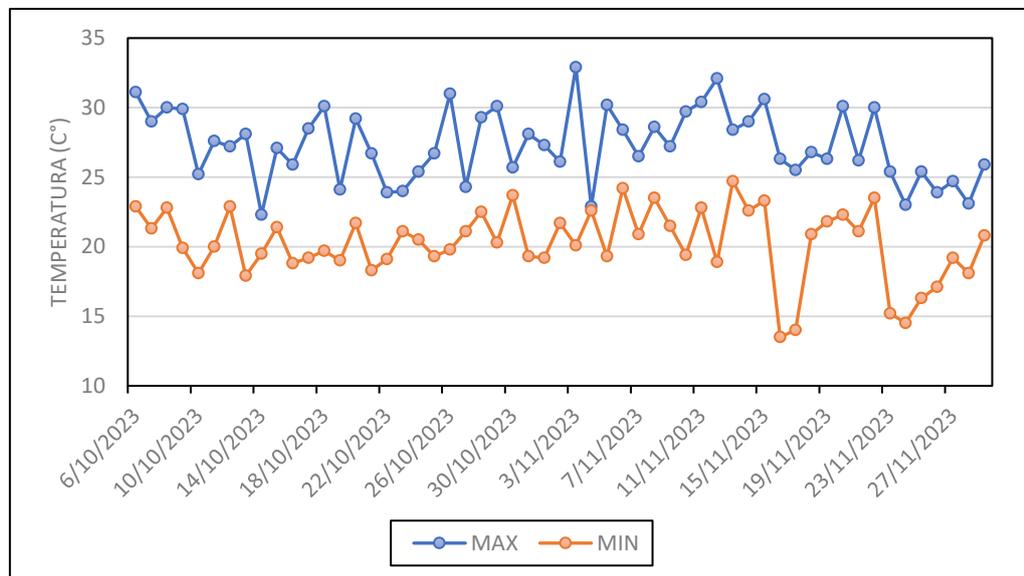
4.1. CÁLCULO DE LA LÁMINA DE RIEGO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

4.1.1. Factores climáticos

Durante el período de análisis de los datos climáticos en el invernadero, se observaron fluctuaciones en las temperaturas máximas y mínimas. Las temperaturas máximas oscilaron entre 32.9°C y 22.3°C, mientras que las mínimas variaron de 13.5°C a 24.7°C. Es relevante destacar que la temperatura más baja registrada ocurrió el 16 de noviembre de 2023, como se ilustra en la Figura 6. Este evento climático se enmarca en la temporada de noviembre, que en Puno representa el mes más cálido del año, caracterizado por la transición de la primavera al verano.

Figura 6

Temperaturas máximas y mínimas diarias de los datos climatológicos registrados dentro del invernadero.



Nota: En la Figura se presentan las temperaturas máximas y mínimas diarias durante el 6 de octubre hasta el 29 de noviembre del 2023.

Estas condiciones climáticas resultaron propicias para el desarrollo, ya que la lechuga prospera mejor en temperaturas específicas. Según Saavedra del R. et al.(2017), la temperatura óptima para su crecimiento se sitúa entre 15°C y 18°C. La planta prefiere condiciones frescas para formar cabezas compactas, con una temperatura mínima de 12°C, ya que por debajo de este umbral su crecimiento se ve comprometido. Por otro lado, temperaturas máximas entre 18°C y 24°C son ideales, ya que niveles superiores pueden ocasionar deterioro en la lechuga, provocando cabezas más sueltas y propensas a la emisión de tallo floral, conocida como "subida".

La Tabla 8 presenta los valores medios mensuales correspondientes a este período, consolidando así un análisis más detallado de las condiciones climáticas dentro del invernadero.

Tabla 8

Promedio mensual de los datos climatológicos registrados dentro del invernadero en el Centro poblado de Jayllihuaya

Mes	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	T. Promedio (°C)	Humedad Relativa Max (%)	Humedad Relativa Min (%)	Evaporación (mm)
Octubre	27.33	20.39	23.86	59.19	43.12	2.13
Noviembre	27.34	20.10	23.72	56.48	44.55	1.86

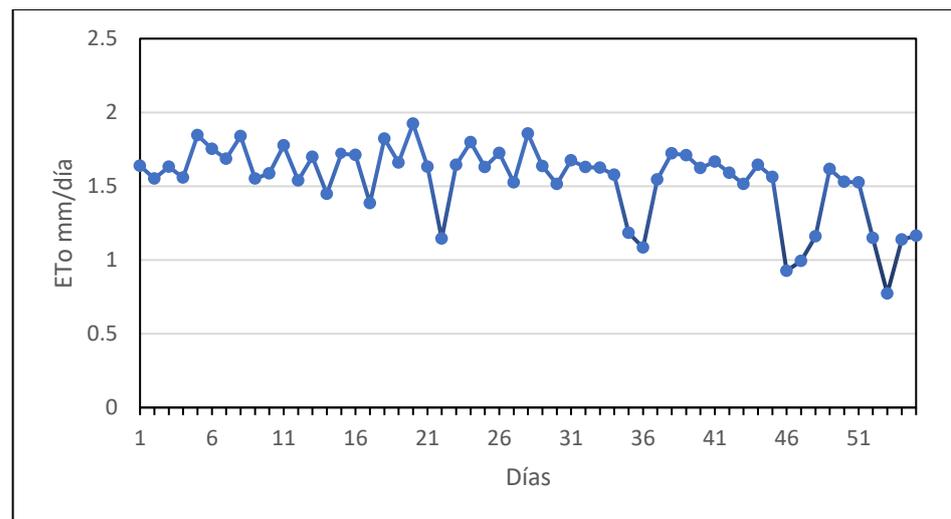
Nota: En la tabla se muestra el promedio mensual de datos climatológicos registrados dentro del invernadero durante el 6 de octubre hasta el 29 de noviembre del 2023

4.1.1.1. Cálculo de evapotranspiración de Referencia ETo

Se empleó el método del Tanque Evaporímetro Clase "A" para calcular la evapotranspiración de referencia (ETo). Este cálculo se basó en los registros diarios de evaporación recopilados en el interior del invernadero.

Figura 7

Evapotranspiración de referencia (ETo) calculado por el método del tanque evaporímetro tipo "A", situado en el interior del invernadero.



Nota. La figura muestra los resultados de la evapotranspiración de la investigación.



Los datos presentados muestran la evapotranspiración de referencia (ET_o) calculada mediante el método del tanque evaporímetro tipo A ubicado dentro del invernadero a lo largo de 55 días. La ET_o es un parámetro esencial en la gestión agrícola, ya que proporciona una medida de la cantidad de agua que se evapora de la superficie del suelo y se transpira por las plantas. Se observa una variabilidad en los valores de ET_o a lo largo del período considerado, hay días en los que la ET_o alcanza valores más altos, como el día 20 con 1.92 mm/día, mientras que hay días con valores más bajos, como el día 46 con 0.92 mm/día. Esta variabilidad en los valores de ET_o podría ser atribuible a diversos factores climáticos, cambios en la cobertura de nubes, o incluso actividades específicas dentro del invernadero que afectan la evaporación. Se observa una concordancia con los hallazgos de Mori (2015), quien define la ET_o como la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia sin restricciones de agua, asociada a un cultivo hipotético de pasto. Mori (2015), destaca que los únicos factores que afectan la ET_o son parámetros climáticos, y estos pueden calcularse a partir de datos meteorológicos. En cuanto a los resultados específicos, la variabilidad diaria de la ET_o presentada en la figura se correlaciona con la influencia de factores climáticos, tales como radiación, temperatura, humedad y viento, como señala Mori. La observación de días con valores extremadamente altos o bajos podría indicar eventos climáticos excepcionales o cambios ambientales internos en el invernadero que impactan la evaporación.



4.1.1.2. Lamina Aplicada

En las Tablas 9, 10 y 11 se detalla el cálculo de la lámina de riego para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente, considerando factores clave como la evapotranspiración de referencia (E_{To}), el coeficiente del cultivo (K_c) y la precipitación efectiva (p_e). La aplicación de diferentes porcentajes de la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) en cada tratamiento (100%, 75% y 50%) refleja una adaptación de la lámina según las necesidades hídricas específicas de cada tratamiento.

Este enfoque encuentra respaldo en investigaciones previas, como las de Mori (2015) y Mendoza (2013), quienes también abordaron la determinación de láminas óptimas de riego. Mori (2015), propuso evaluar cinco láminas diferentes, partiendo de un valor base calculado con la evapotranspiración de referencia multiplicada por el coeficiente del cultivo en su etapa fenológica. Por su parte, Mendoza (2013), presentaron una ecuación para evaluar las necesidades netas de riego diario, explorando diferentes láminas del 60% al 120% de la E_{Tc} , y considerando factores como la evaporación de la bandeja, el coeficiente de la bandeja de evaporación, el coeficiente del cultivo, el porcentaje de cobertura y el área asignada al cultivo. Aunque la ecuación específica que utiliza Mendoza et al. (2019), no se replica en el estudio actual, la incorporación de múltiples factores como la E_{Tc} , el coeficiente del cultivo, y otros elementos en el cálculo de la lámina de riego es coherente con la metodología propuesta por estos investigadores.

Tabla 9*Cálculo de la lámina de riego al 100% ETC.*

Parámetro	Octubre	Noviembre
ET _o	1.65	1.44
K _c	0.10	0.95
E _{tc}	1.65	1.30
pe	0.00	0.00
L.neta	1.65	1.30
E _{fa} (%)	0.90	0.90
C _u (%)	0.98	0.98
L.bruta	1.00	1.45

Nota. En la tabla se muestra la lámina aplicada al tratamiento T1 al 100% de la evapotranspiración del cultivo.

En esta tabla se presenta un análisis detallado del cálculo de la lámina de riego para el tratamiento T1 al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) durante los meses de octubre y noviembre. Se consideran diversos parámetros, como la evapotranspiración de referencia (ET_o), el coeficiente del cultivo (K_c), la evapotranspiración del cultivo (ET_c), la precipitación efectiva (pe), la lámina neta (L. neta), el factor de adecuación (E_{fa}), el coeficiente de uniformidad (C_u) y la lámina bruta (L. bruta). Durante el mes de octubre, la ET_o es de 1.65, el K_c es de 0.10, y la E_{tc} resulta en 1.65. La lámina neta es 1.65, considerando una precipitación efectiva nula. Con un factor de adecuación del 90% (E_{fa}), un coeficiente de uniformidad del 98% (C_u), la lámina bruta aplicada al tratamiento T1 es de 1.00. En noviembre, los valores se ajustan para reflejar las condiciones del mes. La ET_o es de 1.44, el K_c es de 0.95, y la E_{tc} resulta en 1.30. Con una lámina neta de 1.30, el factor de adecuación y el

coeficiente de uniformidad se mantienen constantes, resultando en una lámina bruta de 1.45 aplicada al tratamiento T1.

Tabla 10

Cálculo de la lámina de riego al 75% ETC.

Parámetro	Octubre	Noviembre
ETo	1.62	1.10
Kc	0.10	0.95
Etc	1.24	0.98
pe	0.00	0.00
L.neta	1.24	0.98
Efa(%)	0.90	0.90
Cu(%)	0.98	0.98
L.bruta	0.75	1.09

Nota. En la tabla se muestra la lámina aplicada al tratamiento T1 al 75% de la evapotranspiración del cultivo.

La Tabla 10 detalla el cálculo de la lámina de riego para el tratamiento T2 al 75% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante octubre y noviembre. Similar a la Tabla 9, se consideran los mismos parámetros. En el mes de octubre, la ETo es de 1.62, el Kc es de 0.10, y la ETc resulta en 1.24. Con una lámina neta de 1.24, el factor de adecuación y el coeficiente de uniformidad se aplican, dando como resultado una lámina bruta de 0.75 para el tratamiento T2. En noviembre, la ETo es de 1.10, el Kc es de 0.95, y la ETc resulta en 0.98. Con una lámina neta de 0.98, se aplica el factor de adecuación y el coeficiente de uniformidad, resultando en una lámina bruta de 1.09 para el tratamiento T2.

Tabla 11

Cálculo de la lámina de riego al 50% ETc.

Parámetro	Octubre	Noviembre
ETo	1.62	1.44
Kc	0.10	0.95
Etc	1.24	0.28
pe	0.00	0.00
L.neta	1.24	0.28
Efa(%)	0.90	0.90
Cu(%)	0.98	0.98
L.bruta	0.50	0.31

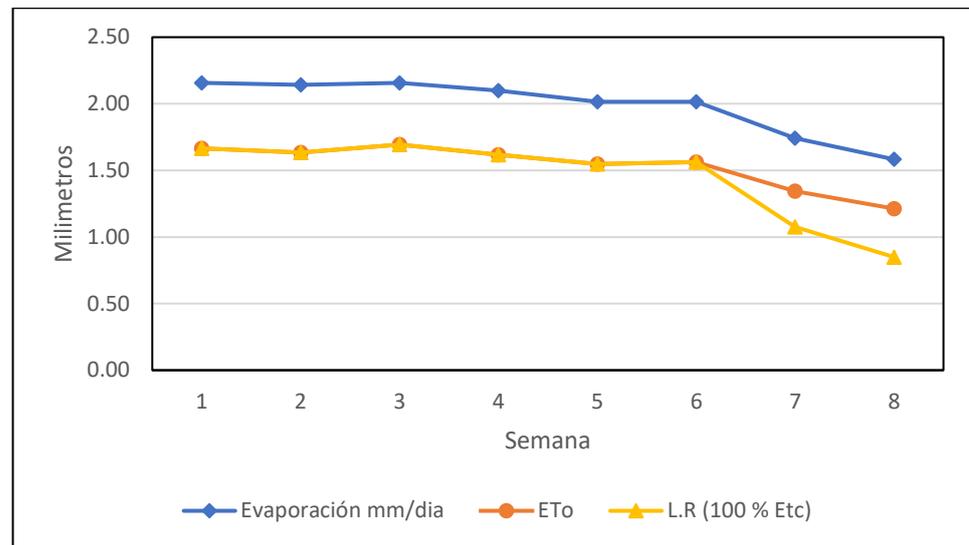
Nota. En la tabla se muestra la lámina aplicada al tratamiento T1 al 50% de la evapotranspiración del cultivo.

En la Tabla 11, se presenta el cálculo de la lámina de riego para el tratamiento T3 al 50% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en octubre y noviembre. Nuevamente, se incluyen los mismos parámetros que en las tablas anteriores. En el mes de octubre, la ETo es de 1.62, el Kc es de 0.10, y la ETc resulta en 1.24. La lámina neta es 1.24, y, aplicando el factor de adecuación y el coeficiente de uniformidad, la lámina bruta es de 0.50 para el tratamiento T3. En noviembre, la ETo es de 1.44, el Kc es de 0.95, y la ETc resulta en 0.28. Con una lámina neta de 0.28, se aplica el factor de adecuación y el coeficiente de uniformidad, dando como resultado una lámina bruta de 0.31 para el tratamiento T3.

4.1.1.3. Cálculo de evapotranspiración real del cultivo ETC

Figura 8

Evaporación promedio semanal del tanque evaporímetro tipo A y evapotranspiración promedio de la lechuga.



Nota. La figura representa la evaporación promedio semanal del tanque evaporímetro tipo A, la evapotranspiración de referencia y la lámina de riego.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo, la evaporación medida en el tanque evaporímetro tipo A varía de semana a semana, fluctuando entre 1.58 mm/día en la última semana y 2.16 mm/día en las semanas 1, 3, y 6. La ETo representa la cantidad de agua que se evapora del suelo y se transpira de las plantas en condiciones de referencia. Varía semanalmente, con valores que oscilan entre 1.21 mm/día y 1.69 mm/día.

En relación con los antecedentes, Sergio et al.(2021), aborda las láminas de riego utilizando agua del río Carrizal y un sistema de riego localizado con cintas de goteo. La evapotranspiración de referencia se calcula mediante el método FAO-56 Penman-Monteith, y se realiza un balance de agua en el suelo para establecer las necesidades netas de riego.

La frecuencia de riego se determina para satisfacer las necesidades puntuales de agua, considerando la permeabilidad del suelo. Chupon(2019) destaca la importancia del riego en la papa y la relación positiva entre la cantidad de agua disponible y el rendimiento comercial. Menciona que solo el 50% de la cantidad de agua aplicada se evapotranspira, y subraya la relevancia de la frecuencia de riego, especialmente en suelos con textura gruesa. Además, indica que un campo con papa en pleno desarrollo puede evapotranspirar de 2 a 10 mm de agua al día.

4.2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (EUA)

Tabla 12

Comparación de riego por tratamiento en base a la evapotranspiración.

Tratamiento	Lamina total de riego	Tiempo total de riego (min)	Volumen del agua m ³
100%T1	10893.1	693.6	1.2484
75%T2	8087.4	525.1	0.9527
50%T3	5446.5	390.7	0.7032

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos con los tres tratamientos distintos (T1, T2 y T3)

La Tabla 12 muestra los datos sobre el sistema de riego con tres tratamientos distintos (T1, T2, T3), cada uno asociado con diferentes porcentajes de la evapotranspiración del cultivo. En primer lugar, para el tratamiento T1, se registró la cifra más alta, alcanzando 10893.1 lamina total. Le sigue el tratamiento T2, que muestra una disminución a 8087.4 lamina total, y finalmente, el tratamiento T3, registra el valor más bajo de 5446.5 lamina total. En cuanto al tiempo total de riego, T1 requirió un tiempo total de riego de 693.6 minutos, seguido por T2 con 525.1 minutos, y finalmente T3 con 390.7 minutos. Por último, el volumen de agua aplicado por minuto muestra la misma

tendencia descendente. T1, presenta un volumen de 1.2484 metros cúbicos por minuto. T2, muestra un volumen ligeramente menor de 0.9527 metros cúbicos por minuto, y T3, tiene el valor más bajo de 0.7032 metros cúbicos por minuto.

Al comparar estos resultados con los antecedentes, se encuentra similitud en el enfoque de evaluar la relación entre el volumen de agua aplicado y la producción de cultivos. Chupon(2019), destaca un ahorro de agua significativo con el sistema de riego por goteo en comparación con el tratamiento testigo. Este ahorro se evidencia en los resultados actuales, donde el tratamiento T3 muestra una lámina total de riego considerablemente más baja, un tiempo total de riego reducido y un menor volumen de agua aplicado por minuto en comparación con T1.

Tabla 13

Eficiencia de uso del agua para los 3 tratamientos según planta.

Planta	Rendimiento del cultivo (Kg/ha)			Evapotranspiración real (m3/ha)			Eficiencia de uso de agua (Kg/m ³)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	33.469	16.408	16.327	5.379	4.034	2.690	6.222	4.067	6.070
2	26.531	24.082	17.143	5.379	4.034	2.690	4.932	5.969	6.374
3	27.755	16.327	15.510	5.379	4.034	2.690	5.160	4.047	5.767
4	31.429	20.980	12.653	5.379	4.034	2.690	5.842	5.200	4.704
5	34.286	24.327	12.653	5.379	4.034	2.690	6.374	6.030	4.704
6	26.122	16.327	13.878	5.379	4.034	2.690	4.856	4.047	5.160
7	31.020	15.918	16.327	5.379	4.034	2.690	5.767	3.946	6.070
8	33.469	16.816	14.041	5.379	4.034	2.690	6.222	4.168	5.220
9	32.653	16.490	14.286	5.379	4.034	2.690	6.070	4.087	5.311
10	32.816	16.327	15.592	5.379	4.034	2.690	6.100	4.047	5.797
11	25.061	15.020	14.857	5.379	4.034	2.690	4.659	3.723	5.524
12	32.653	22.286	13.878	5.379	4.034	2.690	6.070	5.524	5.160
13	25.224	15.429	15.510	5.379	4.034	2.690	4.689	3.824	5.767
14	32.571	23.592	15.429	5.379	4.034	2.690	6.055	5.848	5.736
15	32.327	23.755	14.694	5.379	4.034	2.690	6.009	5.888	5.463
Media	30.493	18.939	14.852	5.379	4.034	2.690	5.668	4.694	5.522

Nota. La tabla muestra los resultados de la eficiencia del uso del agua de los tres tratamientos estudiados.



La Tabla 13 presenta la eficiencia de uso del agua para tres tratamientos (T1, T2, T3) en el cultivo de lechuga crespa, evaluando el rendimiento del cultivo en Kg/ha, la evapotranspiración real en m³/ha y la eficiencia de uso de agua en kg/m³. En términos de rendimiento del cultivo, se observa que el tratamiento T1 (100% Evapotranspiración del cultivo – ET_c) muestra consistentemente mayores valores en comparación con T2 y T3, indicando un mayor rendimiento por hectárea bajo esta lámina de riego. En cuanto a la evapotranspiración real, se evidencia que T1 también requiere una mayor cantidad de agua en comparación con T2 y T3. Sin embargo, al analizar la eficiencia de uso del agua (rendimiento por unidad de agua aplicada), T1 presenta valores más altos, lo que sugiere una utilización más eficiente del recurso hídrico en términos de producción.

Comparando estos hallazgos con los antecedentes, se observa coherencia con estudios previos. Valdivieso (2021), destacó que las láminas de riego localizado fueron determinantes para aumentar los rendimientos, y cuando el suministro de agua fue deficiente, el rendimiento tendió a decrecer. En este caso, los resultados respaldan la importancia de la lámina de riego, ya que T1, con la lámina más alta, alcanza un rendimiento superior.

Contrastación de Hipótesis

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas:

- Hipótesis nula (H₀): No hay diferencia significativa en la eficiencia del uso del agua entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3).
- Hipótesis alternativa (H₁): Al menos un tratamiento tiene una eficiencia del uso del agua significativamente diferente de los demás.

Para la contrastación de hipótesis, el parámetro de eficiencia de uso de agua fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F.

Tabla 14

Análisis de Varianza ANOVA de la eficiencia del uso del agua para los 3 tratamientos.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8.276	2	4.138	8.545	0.001
Dentro de grupos	20.338	42	0.484		
Total	28.613	44			

Nota. La tabla muestra los resultados de la varianza ANOVA

El análisis de varianza ANOVA indica que hay una diferencia significativa en la eficiencia del uso del agua entre los tratamientos. La significancia del valor F ($p < 0.05$) lleva a rechazar la hipótesis nula (H_0) de que no hay diferencias significativas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que al menos un tratamiento presenta una eficiencia del uso del agua significativamente diferente de los demás.

Para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí, se lleva a cabo un análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey.

Tabla 15

HSD Tukey de la eficiencia del uso de agua por tratamiento.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3: 50% ETc	15	4.6943	
T2: 75% ETc	15		5.5218
T1: 100% ETc	15		5.6685
Sig.		1.000	0.833

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba HSD de Tukey para la eficiencia del uso de agua por tratamiento.

La prueba de Diferencia Honestamente Significativa HDS indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos T2 (75% ETc) y T3 (50% ETc) en cuanto a la eficiencia del uso de agua. El tratamiento T1 (100% ETc) tiene una eficiencia del uso de agua mayor que los tratamientos T2 y T3.



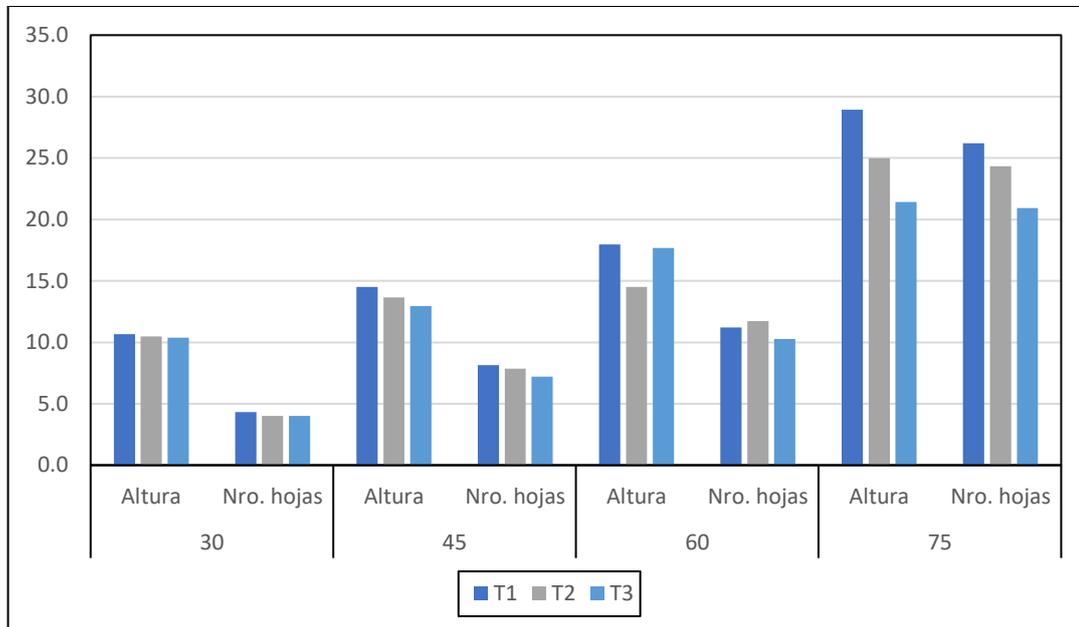
En el caso de Chirinos (2017), la investigación se centró en el cultivo de quinua, demostrando que la dosis de riego incide directamente en el consumo de agua y la eficiencia en su uso. Este hallazgo encuentra paralelos en el presente estudio, donde se constató que la lámina de riego tiene un impacto significativo en la eficiencia del uso del agua para el cultivo de lechuga crespa en condiciones de invernadero. Paralelamente, Chupon (2019), investigó las láminas de riego en el cultivo de papa mediante riego por goteo. Su estudio destacó un ahorro considerable de agua y variaciones en el rendimiento en relación con diferentes tratamientos de riego. La observación de que un mayor volumen de agua aplicada condujo a un rendimiento superior coincide tanto con este estudio como con el análisis de varianza realizado, reforzando la conexión entre la cantidad de agua y la productividad del cultivo. Aunque los cultivos específicos y las condiciones variaron entre los estudios, la convergencia en los resultados subraya la importancia general de ajustar las láminas de riego para mejorar la eficiencia hídrica en diversos contextos agrícolas

4.3. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA LECHUGA CRESPA

Se detallan los resultados clave de los parámetros de crecimiento de la lechuga crespa considerados en este estudio, específicamente, la altura de la planta, el número de hojas y el peso de la lechuga crespa.

Figura 9

Crecimiento y número de hojas promedio de la lechuga cresa por tratamiento en intervalo de tiempo específico (30, 45, 60 y 75 días).



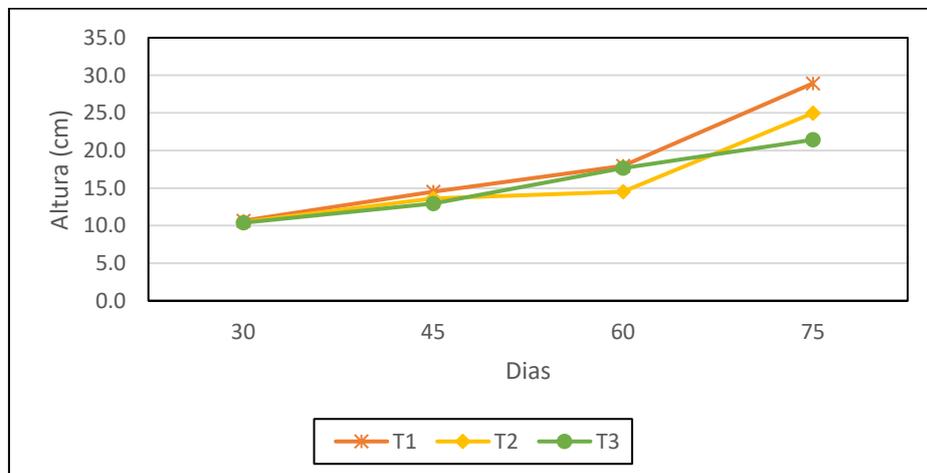
Nota. En la figura se muestra gráfico de barras del crecimiento de la lechuga y el número de hojas de los diferentes tratamientos registrados en un intervalo de tiempo específicos (30, 45, 60, y 75 días).

La Figura 9 muestra los resultados de los parámetros de crecimiento observados a lo largo de un periodo de 75 días para los tres tratamientos diferentes (T1, T2 y T3). Los parámetros evaluados son la altura de las plantas y el número de hojas en intervalos de tiempo específicos (30, 45, 60 y 75 días). En el día 30, las alturas de las plantas para T1, T2 y T3 son 10.7, 10.5 y 10.4, respectivamente, y el número de hojas es 4 para cada tratamiento. A medida que avanza el tiempo, se registran variaciones en la altura y el número de hojas para cada tratamiento. Al día 75, se observan diferencias significativas en la altura y el número de hojas entre los tratamientos, con T1 mostrando la mayor altura (28.9) y el mayor número de hojas (26). Estos resultados proporcionan información valiosa sobre el desarrollo y el rendimiento de las plantas bajo diferentes tratamientos a lo largo del periodo de estudio.

4.3.1. Parámetro de altura de la planta

Figura 10

Crecimiento promedio de la lechuga crespa por tratamiento.



Nota. En la figura se grafica la curva de crecimiento de la lechuga crespa de los diferentes tratamientos registrados en un intervalo de tiempo específicos (30, 45, 60, y 75 días).

En la Figura 10 se muestra la altura de la planta lechuga crespa en centímetros en intervalos de tiempo específicos (30, 45, 60, y 75 días), con tres tratamientos diferentes: T1 (ETc100), T2 (ETc75) y T3 (ETc50). A los 30 días, no se observan diferencias significativas en la altura entre los tratamientos, con valores de 10.7 cm, 10.5 cm y 10.4 cm para T1, T2 y T3, respectivamente. A medida que avanza el tiempo, se observa un crecimiento diferencial entre los tratamientos. A los 75 días, día de la cosecha, T1 muestra la altura máxima con 28.9 cm, seguido de T2 con 25.0 cm y T3 con 21.4 cm. Este patrón sugiere que el tratamiento T1, que recibió un riego equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc), promovió un mayor crecimiento en comparación con los tratamientos T2 (75% de ETc) y T3 (50% de ETc).

Los hallazgos acerca de la altura de la lechuga crespa, resaltan la importancia crítica de la lámina de riego en el desarrollo de los cultivos a lo largo

de su ciclo de crecimiento. La ausencia de diferencias significativas a los 30 días entre los tratamientos sugiere que, inicialmente, las plantas responden de manera similar a las distintas láminas de riego. No obstante, a medida que el cultivo progresa y se acerca al periodo de cosecha, se manifiesta un crecimiento dispar. Estos resultados coinciden con hallazgos previos de Valdivieso (2013), en el cultivo de maíz duro, donde a los 30 días no se registran diferencias significativas, pero a medida que avanza el ciclo, el tratamiento con 100% de ETc demuestra un crecimiento superior, respaldando así la importancia de un riego adecuado para el desarrollo óptimo de las plantas.

Contrastación de Hipótesis

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la altura de la lechuga crespa entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3).
- Hipótesis alternativa (H1): Al menos un tratamiento tiene una altura significativamente diferente de los demás.

Para la contrastación de hipótesis, el parámetro de altura de la planta fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F.

Tabla 16

Análisis de Varianza ANOVA de la altura de la lechuga crespa.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	422.288	2	211.144	150.439	0.000
Dentro de grupos	58.948	42	1.404		
Total	481.236	44			

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizados mediante el software SPSS.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga crespa indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (T1, T2 y T3), con una estadística F de 150.439 y un valor p de 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05. Esto lleva al rechazo de la hipótesis nula (H0), confirmando que al menos un tratamiento tiene una altura significativamente diferente de los demás.

Estos resultados contrastan con las observaciones de Mendoza (2019), quien, en su estudio sobre el tomate de mesa, concluyó que las láminas de riego en diferentes porcentajes de la evapotranspiración de cultivo (ETc) no tuvieron un impacto significativo en la altura de la planta. Por otro lado, los resultados hallados coinciden con los de Mori (2015), quien encontró que el aumento de la dosis de riego contribuye al mejoramiento gradual del rendimiento y la altura de la planta en el cultivo de quinua

Para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí, se lleva a cabo un análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey.

Tabla 17

HSD Tukey de parámetro de altura de planta (cm) por efecto de la aplicación de las láminas de riego.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3: 50% ETc	15	21.4267		
T2: 75% ETc	15		24.9733	
T1: 100% ETc	15			28.9267
Sig.		1.000	1.000	1.000

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba estadística de Diferencia Honestamente Significativa (HDS) de Tukey, llevada a cabo con el software SPSS, para evaluar el efecto de la aplicación de láminas de riego en el parámetro de altura de las plantas.

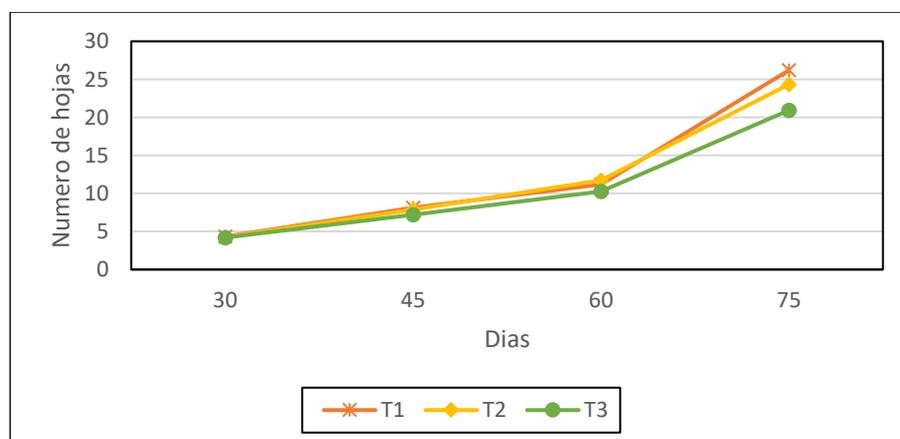
La tabla HSD Tukey nos proporciona la capacidad de comparar las medias de la altura de la planta entre los tres tratamientos de riego (T1, T2 y T3) con un nivel de significancia del 95%. Se observa que el tratamiento 1 (100% ETc) exhibe la media más alta, alcanzando los 28.9267 cm, y esta diferencia es estadísticamente significativa en comparación con T2 y T3. Por otro lado, el tratamiento 3, con un 50% de la Evapotranspiración de Cultivo (ETc), resulta en la menor altura promedio de la planta.

Estos resultados corroboran las observaciones de Valdivieso (2013), quien al estudiar el cultivo de maíz duro *Zea Mays*, encontró que el tratamiento con 100% de ETc promovía un mayor crecimiento de la planta, manifestándose en una altura superior en comparación con otros tratamientos. Esta concordancia respalda la consistencia de los hallazgos y sugiere que el suministro adecuado de agua, representado por el tratamiento con el 100% de la evapotranspiración del cultivo, impacta positivamente en la altura de la lechuga cressa.

4.3.2. Parámetro de numero de hojas de la planta

Figura 11

Numero de hojas promedio por tratamiento.



Nota. La figura muestra los resultados del número de hojas crecidos en el intervalo de tiempo específico de 30, 45, 60 y 75 días.

En la Figura 11 se observa el número de hojas de la lechuga crespa en promedio para los distintos tratamientos (T1, T2, T3) a lo largo de un periodo de 75 días. A medida que transcurre el tiempo, se observa un incremento general en el número de hojas en todos los tratamientos. En el día 30, no se observan diferencias notables entre los tratamientos, ya que todos presentan un número inicial de hojas de 4 en promedio. Sin embargo, a los 45 días, comienzan a surgir variaciones, evidenciándose que T3 tiene un valor ligeramente menor, con un promedio de 7 hojas en comparación con T1 y T2, que tienen un promedio de 8 hojas. Al llegar al día 60, estas diferencias persisten, con T1 liderando con un promedio de 11 hojas, seguido de T2 con 12 y T3 con 10 hojas. La disparidad se intensifica al día 75, donde T1 alcanza el máximo con un promedio de 26 hojas, seguido por T2 con 24 y T3 con 21 hojas en promedio.

Contrastando estos resultados con el antecedente de Mendoza (2019), centrado en el cultivo de tomate, se destaca que las láminas de riego usadas en su estudio no influyeron en el número de racimos florales y el rendimiento de tomate. No obstante, en el presente estudio de lechuga crespa, la aplicación de diferentes láminas de riego sí muestra un impacto significativo en el número de hojas de las plantas a lo largo del tiempo.

Contrastación de Hipótesis

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el número de hojas de la lechuga crespa entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3).

- Hipótesis alternativa (H1): Al menos un tratamiento tiene un número de hojas significativamente diferente de los demás.

Para la contrastación de hipótesis, el parámetro número de hojas de la planta fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F.

Tabla 18

Análisis de Varianza ANOVA del número de hojas de la lechuga crespa.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	213.911	2	106.956	129.581	0.000
Dentro de grupos	34.667	42	0.825		
Total	248.578	44			

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizados mediante el software SPSS.

La tabla ANOVA presenta los resultados del análisis de varianza para el número de hojas de la lechuga crespa entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3). La estadística F es de 129.581, y el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05. De manera que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se concluye que al menos un tratamiento tiene un número de hojas significativamente diferente de los demás, según el análisis de varianza realizado.

Para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí, se lleva a cabo un análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey.

Tabla 19

HSD Tukey de parámetro de número de hojas por efecto de la aplicación de las láminas de riego.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3: 50% ETc	15	20.9333		
T2: 75% ETc	15		24.3333	
T1: 100% ETc	15			26.2000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba estadística de Diferencia Honestamente Significativa (HDS) de Tukey, llevada a cabo con el software SPSS, para evaluar el efecto de la aplicación de láminas de riego en el parámetro número de hojas.

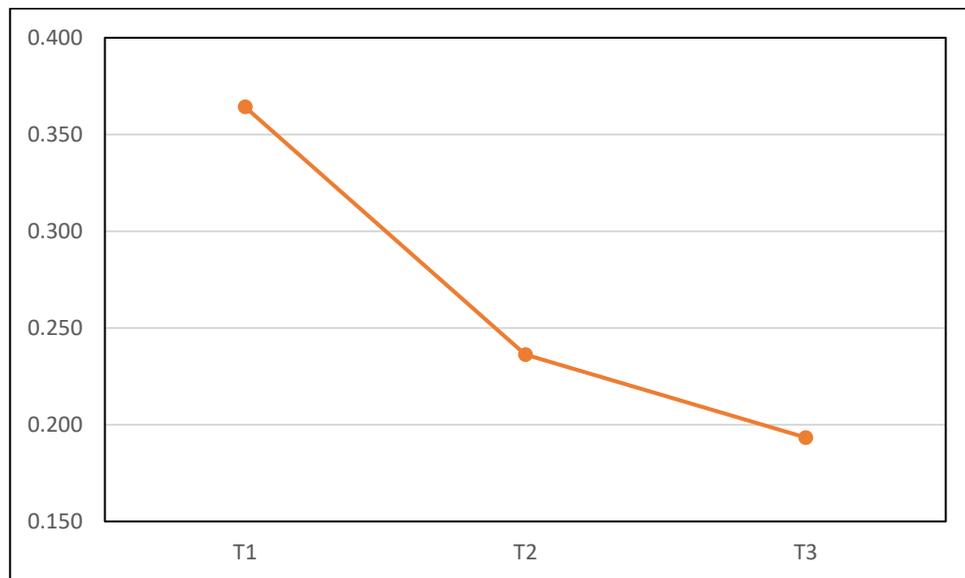
La tabla HSD Tukey permite la comparación de las medias del número de hojas de la lechuga crespa entre los tres tratamientos de riego (T1, T2 y T3) con un nivel de significancia del 95%. Se observa que T1 (100% ETc) tiene la media más alta, con 26 hojas, y es significativamente diferente de T2 y T3. Por otro lado, el tratamiento con 50% ETc (T3) produce el menor número de hojas. Estos resultados sugieren que la aplicación de diferentes niveles de riego tiene un efecto significativo en el número de hojas de la lechuga crespa. Es decir, la cantidad de agua suministrada afecta de manera considerable el desarrollo de la planta, siendo T1 el tratamiento que promueve un mayor crecimiento foliar.

Este hallazgo es consistente con los resultados Valdivieso et al. (2021), quienes al estudiar el rendimiento de cultivos bajo diferentes láminas de riego, encontraron diferencias significativas en variables productivas, como el número de vainas y el rendimiento. Estas concordancias subrayan la influencia crítica del riego en el desarrollo foliar de la lechuga crespa y respaldan la importancia de considerar cuidadosamente las prácticas de manejo del agua en la agricultura para optimizar los rendimientos.

4.3.3. Parámetro de peso de la planta

Figura 12

Peso promedio de la lechuga crespa por tratamiento en el día 75



Nota. Muestra el peso promedio de la lechuga crespa en tres tratamientos (T1, T2 y T3) en el día 75 (cosecha).

La Figura 12 muestra los pesos promedio de lechuga crespa en tres tratamientos (T1, T2 y T3) en el día 75, que coincide con el día de la cosecha. En este contexto, el tratamiento T1 (100% ETc) exhibe el mayor peso promedio, alcanzando 0.364 kg, indicando que el riego equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo ha favorecido un desarrollo robusto y un mayor peso en comparación con los otros tratamientos. Por otro lado, el tratamiento T2 (75% ETc) muestra un peso promedio de 0.236 kg, siendo menor que T1, pero significativo, sugiriendo que un riego del 75% de la ETc también ha contribuido al desarrollo de la lechuga crespa, aunque en menor medida. En contraste, el tratamiento T3 (50% ETc) revela el peso promedio más bajo, alcanzando 0.193 kg en el día de la cosecha. Esto señala que el riego equivalente al 50% de la ETc

ha resultado en un desarrollo más limitado y un peso menor en comparación con los tratamientos T1 y T2.

Contrastación de Hipótesis

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el peso de la lechuga crespa entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3).
- Hipótesis alternativa (H1): Al menos un tratamiento tiene un peso significativamente diferente de los demás.

Para la contrastación de hipótesis, el parámetro peso de la planta fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F.

Tabla 20

Análisis de Varianza ANOVA del peso de la lechuga crespa.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.296	2	0.148	112.346	0.000
Dentro de grupos	0.055	42	0.001		
Total	0.352	44			

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizados mediante el software SPSS.

La tabla ANOVA presenta los resultados del análisis de varianza para el peso de la lechuga crespa entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3). La estadística F es de 112.346, y el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05. De manera que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se concluye que al menos un tratamiento tiene un peso significativamente diferente de los demás, según el análisis de varianza realizado.

Para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí, se lleva a cabo un análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey.

Tabla 21

HSD Tukey de parámetro peso por efecto de la aplicación de las láminas de riego (T1, T2 y T3).

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3: 50% ETc	15	0.1819		
T2: 75% ETc	15		0.2320	
T1: 100% ETc	15			0.3735
Sig.		1.000	1.000	1.000

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba estadística de Diferencia Honestamente Significativa (HDS) de Tukey, llevada a cabo con el software SPSS, para evaluar el efecto de la aplicación de láminas de riego en el parámetro de peso de la lechuga crespa

La tabla HSD Tukey permite la comparación de las medias del peso de la lechuga crespa entre los tres tratamientos de riego (T1, T2 y T3) con un nivel de significancia del 95%. Se observa que T1 (100% ETc) tiene la media más alta, con 0.37 kg, y es significativamente diferente de T2 y T3. Por otro lado, el tratamiento con 50% ETc (T3) produce el menor peso. Estos resultados sugieren que la aplicación de diferentes niveles de riego tiene un efecto significativo en el peso de la lechuga crespa. En otras palabras, la cantidad de agua suministrada afecta considerablemente el desarrollo de la planta, siendo el tratamiento T1 el que produce un mayor peso.

Al comparar estos resultados con el estudio de Álvarez (2021) centrado en la planta de uchuva, donde se observó que el estrés hídrico afectó negativamente la producción, se refuerza la inferencia de que la cantidad de agua suministrada juega un papel crucial en el rendimiento del cultivo. La coherencia entre estos



hallazgos respalda la noción de que el manejo adecuado de las láminas de riego es esencial para optimizar la producción y el peso de los cultivos, subrayando la importancia de ajustar las prácticas de riego para garantizar un suministro adecuado de agua y, por ende, un desarrollo saludable de las plantas.



V. CONCLUSIONES

- La aplicación de diferentes láminas de riego T1(al 100%ETc), T2(al 75% ETc) y T3(al 50% ETc) tiene un efecto directo en producción de lechuga crespa en invernadero y la eficiencia de uso agua es proporcional a la aplicación de la lámina de riego, sin embargo, en los parámetros de crecimiento se evidencia un efecto de disminución en la producción de lechuga. T1(al 100%ETc), ha demostrado mejoras sustanciales tanto en la eficiencia del uso del agua como en los parámetros de crecimiento del cultivo de lechuga crespa en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno. En comparación con las láminas de riego reducidas T2(75%ETc) y T3(50%ETc), se evidencia claramente el impacto positivo de la aplicación de la lámina completa.
- La aplicación de diferentes láminas de riego T1(al 100%ETc), T2(al 75% ETc) y T3(al 50% ETc) existe un efecto proporcional en la eficiencia en el uso del agua que la aplicación de láminas el agua utilizado fue de: 1248.8,952.7 y 703.2 litros agua en 405 plantas de lechuga. El análisis de varianza (ANOVA) muestra que al menos un tratamiento presenta una eficiencia del uso del agua significativamente diferente. La prueba post-hoc de Tukey identifica que el tratamiento T1 (100% ETc) exhibe una eficiencia del uso de agua mayor. Este resultado consolida la influencia positiva de una lámina de riego completa en la lechuga crespa, respaldando la importancia de aplicar el 100% de la evapotranspiración del cultivo.
- La aplicación de diferentes láminas de riego T1(al 100%ETc), T2(al 75% ETc) y T3(al 50% ETc) en los parámetros de crecimiento fue: los valores de altura 28.8,25.0 y 21.4cm y el rendimiento en número de hojas fue:26,24 y 20 y el peso fue:0.364,0.236 y 0.193 kg. Sin embargo, T1(al 100%ETc), influye de manera positiva y significativa en la altura, número de hojas y peso de la lechuga crespa. Tanto el análisis de varianza (ANOVA) como la prueba de Tukey han corroborado que el T1(al 100%ETc),



presenta diferencias notables en los parámetros de crecimiento en comparación con los tratamientos T2(75%ETc) y T3(50%).



VI. RECOMENDACIONES

- La implementación de la lámina de riego equivalente T1(al 100%ETc), se revela como un factor crucial para optimizar la eficiencia del uso del agua y promover el crecimiento del cultivo de lechuga crespa. En tal sentido, se sugiere considerar esta práctica como estándar en sistemas de riego, especialmente en condiciones de invernadero, donde se evidencia un impacto positivo sustancial en comparación con láminas de riego reducidas T2(al 75%ETc), T3(al 50%ETc).
- Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey indican que la lámina T1(100% ETc) tiene una eficiencia de uso significativamente diferente. En este contexto, se recomienda llevar a cabo un estudio detallado de los aspectos económicos relacionados con la implementación de la lámina de riego al T1(al 100%ETc). Evaluar la rentabilidad de esta práctica podría proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la gestión agrícola en los invernaderos.
- Asimismo, considerando los hallazgos del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, que resaltan la superioridad de la lámina de riego al T1(al 100%ETc), en cuanto a los parámetros de crecimiento del cultivo, se recomienda ampliar los estudios sobre lechuga crespa en diversas variedades. Explorar la variabilidad de resultados en diferentes épocas del año y variedades podría proporcionar una visión más completa de la influencia de estos factores en el cultivo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, A. (2018). *Redagricola. obtenido Manejo del riego en invernaderos*. 1–7.
<https://www.redagricola.com/pe/manejo-del-riego-en-invernaderos/>
- Allen, R. G., Periera, L., Raes, D., & Martin, S. (1998). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO 56 Riego y Drenaje*. (Issue January).
<https://www.researchgate.net/publication/312841499>
- Álvarez, J., Gerhard, F., & Enrique, J. (2021). *Análisis de la producción de uchuva (Physalis peruviana L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego*. 45(174), 109–121. <https://doi.org/https://doi.org/10.18257/racefyn.1239>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponia*. Cultivos en hidroponia. Buenos Aires Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.
- Calvo, L. C. (2020). *Requerimientos de riego*. Instituto Nacional de Aprendizaje.PIDTE.
www.ina-pidte.ac.cr
- Casseres, E. (1980). *Produccion de Hortalizas* (Tercera Ed). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. file:///C:/Users/HP/Downloads/produccion-de-hortalizas-ernesto-casseres-pdf_compress,.pdf
- Castañón, G. (2000). *Ingenieria del Riego Utilizacion Racional del Riego* (Madrid (ed.)). Madrid Internacional Thomson Editores Spain.
- Chino, M. (2017). *Frecuencia de riego por goteo en el rendimeinto del cultivo de lechuga(Lactuca sativa L.) en condiciones de invernadero en Jayllihuaya- Puno* [(Tesis para optar el Titulo de Ingeniero Agrícola).Univerdad Nacional Altiplano - Puno/Facultad de Ingenieia Agrícola.recuperando a partir de]. In Repositorio institucional [-http://repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chirinos, T. (2017). *Efecto de la Dosis de Riego en el Consumo y Eficiencia del Uso del*



- Agua de un Ecotipo Local de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) en Lisímetros de Drenaje en la Comunidad de Ccaje – Juli – Chucuito – Puno, campaña 2015 – 2016.* Universidad Nacional del Altiplano Escuela de Posgrado Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola Tesis.
- Chupon, R. (2019). *Láminas de riego en el cultivo de papa (solanum uberosum l.) variedad “unica” mediante riego por goteo en la Molina.* (Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina/Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima, Perú. recuperando a partir de <https://repositorio.lamolina.edu.pe>.
- Daza, M., Jurado, J., & Torres, V. (2015). *Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (Stevia rebaudiana bert.) bajo invernadero.* 20(1), 81–90.
- FAO, 9 de diciembre. (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite. In *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite.* <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- García, C., Danilo, G., G, S. O. N., & Nacional, E. P. (2005). Control de luz y temperatura de un invernadero. *Control*, 19(May 2014), 47–52. https://www.researchgate.net/publication/27557509_Control_de_luz_y_temperatura_de_un_invernadero
- Hurtado, E. V. (2012). *Irrigaciones.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- InfoAgro. (2010). *Agricultura.* El cultivo de la lechuga 1999. <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm> <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm#>.
- Juárez, A. (2019). *Diseño de un sistema de climatización para invernaderos utilizando energía solar.* (Tesis para optar el Grado de Maestría en Ingeniería Mecánica). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pachuca. recuperando a partir de <https://itp.itpachuca.edu.mx>
- Lopez, L. (2008). *Diseño de un sistema de control de temperatura ON/OFF para aplicaciones en invernadero utilizando energía solar y gas natural.* (Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico). Pontificia Universidad Católica del Perú/Facultad



- de Ciencias de Ingeniería, Lima, Perú. recuperando a partir de <https://tesis.pucp.edu.pe › repositorio › handle › browse>.
- Martínez, A. (2004). Necesidades hídricas en cultivos hortícolas. *Revista Horticultura*, 177(1998), 34–41. www.horticom.com?56341.
- Mendoza, A. (2013). *Riego por Goteo*. Científico para el personal técnico del CENTA.
- Mendoza, D. A., Rodríguez, F., Cuenca, E., Rivera, R., Navarrete, B., & Cañarte, E. (2010). Efecto de cuatro láminas de riego y *Meloidogyne spp.* sobre características agronómicas y de rendimiento de tomate de mesa *Solanum lycopersicum L.* 26, 28–41. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5380/1/iniapeppdf55.pdf>
- MINAM. (2017). Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Montero, S. J., Jimenez, E., Cun, R., & Dominguez, M. (2012). *Influencia del riego con aspersor de largo alcance y diferentes boquillas sobre el rendimiento del plátano CEMSA 3/4 en sistema de plantación extradenso*. 2, 42–45. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262035008>
- Mori, A. (2015). Efecto de cinco laminas de riego en el cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), Mediante el riego por goteo [(Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina/Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima, Perú. recuperando a partir de]. In *Repositorio institucional - UNALM*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1850>
- Osorio, A. (1994). *Riego en invernaderos* (INTIHUASI (ed.); 4th ed.).
- Ramos, S. B. (2021). *Efecto de diferentes láminas de riego en la producción de hojas del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) variedad salcedo de inia bajo invernadero en la estación experimental inia Salcedo -Puno, 2021*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional del Altiplano - Puno/Facultad de Ingeniería Agrícola. recuperando a partir de]. In *Repositorio institucional -* <http://repositorio.unap.edu.pe>.



- Rondan, J. A. (2016). *Diseño de un Sistema de Riego para el Cultivo de Alfalfa en la Localidad de Cotaparaco, Provincia de Recuay, Región Ancash*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo/Facultad de Ciencias Agrarias, Huaraz, Perú. recuperando a partir de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1451>.
- Saavedra del R., G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de Lechuga. In *Manual de Producción de Lechuga. Santiago de Chile: Editor: Gabriel Saavedra Del R. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Bolitin N° 374*.
- Saavedra, E. (2021). *Evaluación del rendimiento productivo de tres variedades de ají con riego por goteo bajo tres láminas de riego en Vista Florida, Chiclayo*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Lambayeque/Facultad de Ingeniería Agrícola. recuperando a partir de]. In Repositorio institucional - <http://repositorio.unprg.edu.pe>.
- SENAMHI. (2021). *Boletín Regional de Puno*. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica DIRECCIÓN ZONAL 13 - SENAMHI PUNO.
- Sergio, C., López, V., Alexander, J., Solórzano, S., Antonio, V., & Lucas, S. (2021). *productividad y rentabilidad del maní Effect of several sheets of localized irrigation on the productivity and profitability of peanuts. 11, 73–79*. <https://doi.org/10.33936/la>
- Shock, C., & Welch, T. (2013). El riego por goteo: Una introducción. *Técnicas Para La Agricultura Sostenible*, 8782-S(Marzo), 9. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8782-s>
- Sophia Cross. (2021). *Etapas de crecimiento de la lechuga romana*. 1–9. https://www.ehowenespanol.com/etapas-crecimiento-lechuga-romana-info_390318/
- Suquilanda. (2003). *Producción orgánica de hortalizas*.
- Tamayo, T., Chile, M., & A., M. (2018). *Coficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco. 5, 1–12*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1424>



- Valdivieso, C., Garcia, D., Solorzano, J., Saltos, V., & Sadarriaga, V. (2021). *Efecto de diferentes láminas de riego localizado , sobre la productividad y rentabilidad del maní* *Effect of several sheets of localized irrigation on the productivity and profitability.* 26(January), 1–12.
https://doi.org/https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.2456 Efecto
- Valdivieso, V. (2013). *Efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre la producción del cultivo de maíz duro (zea mays), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A* [(Tesis de grado de nivel de postgrado programa de maestría en riego)Universidad Nacional de Loja,Área agropecuaria y de recursos naturales renovables.]. <https://docplayer.es/93509037-Universidad-nacional-de-loja.html>
- Vásquez, A. V., Vásquez, I. R., Vásquez, C. R., & Cañamero, M. K. (2017). *Fundamentos de la Ingenieria de Riegos.* Lima - Perú:Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Vega, B. E., Dominguez, R., & Posada, G. (2018). *Evaluación estacional del riesgo por inundación en zonas agrícolas.* 3, 92–127. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-04>
- Zanabria, P. P. (2015). *Hortalizas En Zonas Alto Andinas Del Cusco.* (Tesis de Maestria en Gestion y Auditoria Ambientales).Universidad de Piura/Facultad de Ingenieria,Piura,Perú.recuperando a partir de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2780/MAS_GAA_028.pdf?sequence=1&isAllowed=y.



ANEXOS



ANEXO 1: Registro diario de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.

FECHA	TEMPERATURA (C°)			HR (%)			EVAP (mm)
	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	
6/10/2023	31.1	22.9	27.0	59	48	54	2.1
7/10/2023	29.0	21.3	25.2	61	43	52	2.0
8/10/2023	30.0	22.8	26.4	59	46	53	2.1
9/10/2023	29.9	19.9	24.9	64	42	53	2.0
10/10/2023	25.2	18.1	21.7	60	40	50	2.4
11/10/2023	27.6	20.0	23.8	52	43	48	2.3
12/10/2023	27.2	22.9	25.1	58	40	49	2.2
13/10/2023	28.1	17.9	23.0	55	43	49	2.4
14/10/2023	22.3	19.5	20.9	57	47	52	2.0
15/10/2023	27.1	21.4	24.3	52	39	46	2.1
16/10/2023	25.9	18.8	22.4	62	40	51	2.3
17/10/2023	28.5	19.2	23.9	49	27	38	2.1
18/10/2023	30.1	19.7	24.9	59	43	51	2.2
19/10/2023	24.1	19.0	21.6	60	35	48	1.9
20/10/2023	29.2	21.7	25.5	72	61	67	2.1
21/10/2023	26.7	18.3	22.5	61	45	53	2.2
22/10/2023	23.9	19.1	21.5	57	43	50	1.8
23/10/2023	24.0	21.1	22.6	64	51	58	2.3
24/10/2023	25.4	20.5	23.0	60	54	57	2.1
25/10/2023	26.7	19.3	23.0	58	42	50	2.5
26/10/2023	31.0	19.8	25.4	64	41	53	2.1
27/10/2023	24.3	21.1	22.7	56	40	48	1.5
28/10/2023	29.3	22.5	25.9	62	47	55	2.1
29/10/2023	30.1	20.3	25.2	67	41	54	2.3
30/10/2023	25.7	23.7	24.7	60	44	52	2.1
31/10/2023	28.1	19.3	23.7	51	36	44	2.3
PROMEDIO	27.3	20.4	23.9	59	43	51	2.1
MAX	31.1	23.7	27.0	72	61	67	2.5
MIN	22.3	17.9	20.9	49	27	38	1.5



FECHA	TEMPERATURA (C°)			HR (%)			EVAP (mm)
	MAX	MIN	PROMEDI O	MAX	MIN	PROMEDI O	
1/11/2023	27.3	19.2	23.3	57	39	48	2.0
2/11/2023	26.1	21.7	23.9	58	45	52	2.4
3/11/2023	32.9	20.1	26.5	53	30	42	2.2
4/11/2023	22.9	22.6	22.8	48	44	46	2.0
5/11/2023	30.2	19.3	24.8	55	40	48	2.2
6/11/2023	28.4	24.2	26.3	59	45	52	2.1
7/11/2023	26.5	20.9	23.7	57	46	52	2.1
8/11/2023	28.6	23.5	26.1	62	51	57	2.0
9/11/2023	27.2	21.5	24.4	64	49	57	1.5
10/11/2023	29.7	19.4	24.6	56	47	52	1.4
11/11/2023	30.4	22.8	26.6	61	41	51	2.0
12/11/2023	32.1	18.9	25.5	61	48	55	2.2
13/11/2023	28.4	24.7	26.6	57	48	53	2.2
14/11/2023	29.0	22.6	25.8	59	43	51	2.1
15/11/2023	30.6	23.3	27.0	60	56	58	2.1
16/11/2023	26.3	13.5	19.9	53	39	46	2.1
17/11/2023	25.5	14.0	19.8	52	40	46	2.0
18/11/2023	26.8	20.9	23.9	60	49	55	2.1
19/11/2023	26.3	21.8	24.1	62	46	54	2.0
20/11/2023	30.1	22.3	26.2	55	46	51	1.2
21/11/2023	26.2	21.1	23.7	52	44	48	1.3
22/11/2023	30.0	23.5	26.8	55	48	52	1.5
23/11/2023	25.4	15.2	20.3	54	46	50	2.1
24/11/2023	23.0	14.5	18.8	55	42	49	2.0
25/11/2023	25.4	16.3	20.9	50	46	48	2.0
26/11/2023	23.9	17.1	20.5	55	43	49	1.5
27/11/2023	24.7	19.2	22.0	60	42	51	1.0
28/11/2023	23.1	18.1	20.6	53	40	47	1.2
29/11/2023	25.9	20.8	23.4	55	49	52	1.5
PROMEDI O	27.3	20.1	23.7	56	45	51	1.9
MAX	32.9	24.7	26.95	64	56	58	2.4
MIN	22.9	13.5	18.8	48	30	42	1.0



ANEXO 2: Calculo de la lámina de riego por el método de tanque evaporímetro tipo A.

Ec. B.1 Cálculo de la evapotranspiración de referencia ET_o

$$ET_o = K_p \times Ev$$

Donde:

K_p : coeficiente del tanque evaporímetro

Ev : evaporación del tanque evaporímetro ($\text{mm}/\text{día}^{-1}$)

$$\begin{aligned} K_p = & 0.61 + 0.00341HR - 0.000162u^2HR - 0.00000959u^2B \\ & + 0.00327u^2 \ln(B) - 0.00289u^2 \ln(86.4u^2) \\ & - 0.0106 \ln(86.4u^2) \ln(B) + 0.00063(\ln(B))^2 \ln(86.4u^2) \end{aligned}$$

Donde:

HR_{prom} = humedad relativa promedio

B = borde o distancia al borde de la superficie identificada 1 metro

U_2 = velocidad promedio diaria del viento a 2 m altura ($\text{km}/\text{día}$)

Ec. B.2 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo ET_c

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

K_c : Coeficiente de cultivo

ET_o : evapotranspiración referencial

Ec. B.3 Cálculo de la lámina de riego mediante tanque evaporímetro tipo A

$$LR = \frac{ET_c}{\text{Eficiencia de riego (0,9)}}$$

$$LR = \frac{ET_c}{CU}; LR = ET_c \times f$$

$$LR \times \text{Area}(\text{m}^2)$$

ANEXO 3: Tiempo de riego, con lámina de agua de 100% (ET_c) por método de tanque de evaporímetro tipo A.

Meses	DDT	Etapas	Kp	Evaporación mm/día	Kc	ETo	ETc (mm)	L.R (100 % Etc)	Tr (min)
Octubre / 2023	1	Desarrollo	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	5.4
	2		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	15.4
	3		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.7
	4		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	10.7
	5		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	14.7
	6		0.76	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	6.7
	7		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	8.0
	8		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	12.0
	9		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	12.7
	10		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	13.7
	11		0.77	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	29.1
	12		0.73	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.4
	13		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	16.1
	14		0.76	1.9	1.00	1.9	1.90	1.9	11.0
	15		0.82	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.7
	16		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	6.4
	17		0.77	1.8	1.00	1.8	1.80	1.8	15.1
	18		0.79	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	14.4
	19		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	17.4
	20		0.77	2.5	1.00	2.5	2.50	2.5	14.1
	21		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	15.4
	22		0.76	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	14.1
	23		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	21.8
	24		0.78	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	19.7
	25		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	6.4
	26		0.75	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	8.7
Noviembre / 2023	27	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	20.1	
	28	0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	20.2	
	29	0.74	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	11.0	
	30	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	7.7	
	31	0.76	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	4.0	
	32	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	20.4	
	33	0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	17.1	
	34	0.79	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	13.7	
	35	0.79	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	19.1	
	36	0.77	1.4	1.00	1.4	1.40	1.4	13.7	



	37		0.77	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	14.4
	38		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	11.0
	39		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	9.4
	40		0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	13.1
	41		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	18.4
	42		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	11.7
	43		0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	25.1
	44		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	7.4
	45	Final	0.78	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	8.9
	46		0.77	1.2	0.95	0.8	0.59	0.6	10.0
	47		0.76	1.3	0.95	0.9	0.64	0.6	6.2
	48		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	10.2
	49		0.77	2.1	0.95	1.5	1.03	1.0	3.4
	50		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	7.4
	51		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	7.4
	52		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	6.5
	53		0.77	1.0	0.95	0.7	0.49	0.5	9.5
	54		0.76	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	13.8
	55		0.78	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	13.8
	55		0.78	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	6.0

ANEXO 4: Tiempo de riego, con lámina de agua de 75% (ET_c) por método de tanque de evaporímetro tipo A.

Meses	DDT	Días	Etapas	Kp	Evaporación mm/día	Kc	ETo	ETc (mm)	L.R (75% Etc)	Tr (min)
Octubre / 2023	1	6	Desarrollo	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	3.7
	2	7		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	9.2
	3	8		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	10.3
	4	9		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	7.7
	5	10		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	8.9
	6	11		0.76	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	4.2
	7	12		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	5.6
	8	13		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	8.1
	9	14		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	8.5
	10	15		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	9.6
	11	16		0.77	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	20.3
	12	17		0.73	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	8.7
	13	18		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	11.2
	14	19		0.76	1.9	1.00	1.9	1.90	1.9	7.7
	15	20		0.82	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	8.9
	16	21		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	4.5
	17	22		0.77	1.8	1.00	1.8	1.80	1.8	10.5
	18	23		0.79	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	10.1
	19	24		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.2
	20	25		0.77	2.5	1.00	2.5	2.50	2.5	9.8
	21	26		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	10.8
	22	27		0.76	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	9.8
	23	28		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	15.2
	24	29		0.78	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	13.8
	25	30		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	4.5
	26	31		0.75	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	6.1
Noviembre / 2023	27	1	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	14.1	
	28	2	0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	14.1	
	29	3	0.74	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	7.7	
	30	4	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	5.4	
	31	5	0.76	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	2.8	
	32	6	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	14.3	
	33	7	0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	13.5	
	34	8	0.79	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	9.6	
	35	9	0.79	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	13.8	
	36	10	0.77	1.4	1.00	1.4	1.40	1.4	9.6	



	37	11		0.77	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	10.1
	38	12		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	7.7
	39	13		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	6.6
	40	14		0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	9.1
	41	15		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.3
	42	16		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	8.2
	43	17		0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	17.6
	44	18		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	5.3
	45	19	Final	0.78	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	6.2
	46	20		0.77	1.2	0.95	0.8	0.59	0.6	7.0
	47	21		0.76	1.3	0.95	0.9	0.64	0.6	4.4
	48	22		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	7.2
	49	23		0.77	2.1	0.95	1.5	1.03	1.0	2.4
	50	24		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	5.2
	51	25		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	5.2
	52	26		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	4.6
	53	27		0.77	1.0	0.95	0.7	0.49	0.5	6.6
	54	28		0.76	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	9.6
	55	29		0.78	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	4.2

ANEXO 5: Tiempo de riego, con lámina de agua de 50% (ET_c) por método de tanque de evaporímetro tipo A.

Meses	DDT	Días	Etapas	Kp	Evaporación mm/día	Kc	ETo	ETc (mm)	L.R (50% Etc)	Tr (min)
Octubre / 2023	1	6	Desarrollo	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	3.1
	2	7		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	7.3
	3	8		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	9.0
	4	9		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	4.2
	5	10		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	6.2
	6	11		0.76	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	2.4
	7	12		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	3.8
	8	13		0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	7.0
	9	14		0.78	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	7.5
	10	15		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	8.1
	11	16		0.77	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	17.2
	12	17		0.73	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	7.0
	13	18		0.77	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	9.4
	14	19		0.76	1.9	1.00	1.9	1.90	1.9	6.1
	15	20		0.82	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	7.1
	16	21		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	3.1
	17	22		0.77	1.8	1.00	1.8	1.80	1.8	8.0
	18	23		0.79	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	8.5
	19	24		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	10.0
	20	25		0.77	2.5	1.00	2.5	2.50	2.5	7.0
	21	26		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	9.0
	22	27		0.76	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	7.0
	23	28		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	13.1
	24	29		0.78	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	11.8
	25	30		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	2.8
	26	31		0.75	2.3	1.00	2.3	2.30	2.3	5.2
Noviembre / 2023	27	1	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	12.0	
	28	2	0.77	2.4	1.00	2.4	2.40	2.4	12.0	
	29	3	0.74	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	6.2	
	30	4	0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	4.1	
	31	5	0.76	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	1.0	
	32	6	0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	12.2	
	33	7	0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	10.2	
	34	8	0.79	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	8.1	
	35	9	0.79	1.5	1.00	1.5	1.50	1.5	11.4	
	36	10	0.77	1.4	1.00	1.4	1.40	1.4	7.0	
	37	11	0.77	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	8.6	
	38	12	0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	6.1	



	39	13		0.78	2.2	1.00	2.2	2.20	2.2	5.2
	40	14		0.77	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	7.8
	41	15		0.79	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	11.2
	42	16		0.76	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	7.0
	43	17		0.76	2.0	1.00	2.0	2.00	2.0	15.1
	44	18		0.78	2.1	1.00	2.1	2.10	2.1	4.1
	45	19	Final	0.78	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	5.0
	46	20		0.77	1.2	0.95	0.8	0.59	0.6	6.0
	47	21		0.76	1.3	0.95	0.9	0.64	0.6	3.1
	48	22		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	6.1
	49	23		0.77	2.1	0.95	1.5	1.03	1.0	1.0
	50	24		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	4.0
	51	25		0.76	2.0	0.95	1.4	0.98	1.0	4.1
	52	26		0.77	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	4.0
	53	27		0.77	1.0	0.95	0.7	0.49	0.5	5.5
	54	28		0.76	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	8.1
	55	29		0.78	1.5	0.95	1.1	0.74	0.7	3.6



ANEXO 6: Lamina de riego promedio mensual al $100(ET_c)$, $75(ET_c)$ y $50(ET_c)$

Tratamiento T1: $100(ET_c)$		
Parámetro	Octubre	Noviembre
ET _o	1.65	1.44
K _c	0.10	0.70
ET _c	1.65	1.30
pe	0.00	0.00
L.neta	1.65	1.30
Efa(%)	0.90	0.90
Cu (%)	0.98	0.98
L.bruta	1.00	1.45

Tratamiento T1: $75(ET_c)$		
Parámetro	Octubre	Noviembre
ET _o	1.62	1.10
K _c	0.10	0.70
ET _c	1.24	0.98
pe	0.00	0.00
L.neta	1.24	0.98
Efa(%)	0.90	0.90
Cu (%)	0.98	0.98
L.bruta	0.75	1.09

Tratamiento T1: $50(ET_c)$		
Parámetro	Octubre	Noviembre
ET _o	1.62	1.44
K _c	0.10	0.70
ET _c	1.24	0.28
pe	0.00	0.00
L.neta	1.24	0.28
Efa(%)	0.90	0.90
Cu (%)	0.98	0.98
L.bruta	0.50	0.31

Nota. ET_o : Evapotranspiración de referencia ET_c : Evapotranspiración de cultivo, pe: precipitación efectiva, Efa: eficiencia, Cu: Coeficiente de uniformidad.



ANEXO 7: Registro de parámetros de crecimiento de la planta a los 75 días (cosecha)

PLANTA	T1(100%ET _c)			T2(75%ET _c)			T3(50%ET _c)		
	Peso	Altura	Núm. Hojas	Peso	Altura	Núm. Hojas	Peso	Altura	Núm. Hojas
1	0.41	30.1	27	0.201	26.5	25	0.2	21.1	23
2	0.325	28.5	26	0.295	26.9	25	0.21	21.5	22
3	0.34	28.3	26	0.2	25.9	24	0.19	22.3	21
4	0.385	29	26	0.257	25.3	23	0.155	21.4	19
5	0.42	30.5	27	0.298	25.8	25	0.155	22.5	21
6	0.32	30.1	26	0.2	23.3	24	0.17	21.1	19
7	0.38	29.1	26	0.195	26.5	23	0.2	22	22
8	0.41	30.4	27	0.206	26	24	0.172	22.2	19
9	0.4	29.1	27	0.202	25.5	24	0.175	19	19
10	0.402	28.2	26	0.2	23.2	24	0.191	22.1	21
11	0.307	28.7	25	0.184	22.5	23	0.182	21.3	20
12	0.4	29.3	27	0.273	26.1	25	0.17	21.4	21
13	0.309	26.3	25	0.189	23.7	23	0.19	21	20
14	0.399	29	26	0.289	23.6	25	0.189	22.3	22
15	0.396	27.2	26	0.291	24.2	25	0.18	21.1	21
Total	5.60	433.80	393	3.48	375	362	2.73	322.3	310
Promedio	0.37	28.92	26.2	0.23	25.0	24.13	0.18	21.49	20.67



ANEXO 8: Registro de parámetros altura y número de hojas a los 30,45 y 60 días.

T-1		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	10.3	4
P02	11.5	4
P03	10.0	4
P04	10.1	5
P05	10.8	4
P06	11.2	5
P07	10.1	4
P08	10.9	4
P09	11.1	4
P10	10.1	4
P11	11.4	4
P12	10.2	5
P13	11.3	4
P14	10.7	5
P15	10.2	5
Media	10.7	4

T-2		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	10.3	4
P02	9.1	5
P03	10.9	5
P04	11.1	4
P05	10.8	4
P06	10.9	5
P07	10.1	4
P08	10.2	4
P09	10.1	5
P10	10.3	4
P11	10.4	4
P12	11.0	4
P13	11.1	4
P14	10.1	4
P15	10.9	4
Media	10.5	4

T-3		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	10.2	4
P02	9.2	4
P03	9.1	4
P04	10.9	4
P05	10.7	4
P06	10.6	5
P07	10.1	4
P08	11.3	5
P09	10.6	4
P10	10.4	4
P11	10.8	4
P12	10.3	5
P13	10.7	4
P14	10.7	4
P15	10.2	4
Media	10.4	4

T-1		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	15.1	8
P02	14.3	8
P03	14.2	9
P04	15.4	8
P05	14.2	8
P06	14.1	7
P07	15.7	8
P08	14.8	8
P09	15.3	8
P10	14.0	10
P11	14.5	8
P12	14.3	8
P13	13.2	8
P14	14.4	8
P15	14.2	8
Media	14.5	8

T-2		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	14.3	8
P02	13.2	8
P03	14.1	6
P04	14.0	8
P05	13.9	8
P06	13.3	9
P07	13.6	9
P08	13.2	7
P09	13.1	8
P10	13.4	8
P11	14.2	8
P12	13.9	7
P13	13.1	8
P14	13.4	8
P15	13.9	8
Media	13.6	8

T-3		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	13.0	8
P02	13.1	8
P03	12.9	8
P04	12.3	8
P05	13.2	6
P06	13.5	6
P07	13.3	6
P08	13.2	7
P09	12.4	8
P10	12.6	8
P11	12.8	7
P12	12.7	6
P13	12.4	8
P14	13.4	8
P15	13.4	6
Media	12.9	7

T-1		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	18.2	11
P02	18.2	10
P03	17.6	10
P04	17.7	11
P05	17.8	11
P06	17.6	12
P07	18.0	11
P08	18.2	12
P09	17.1	11
P10	18.4	12
P11	18.2	12
P12	17.9	12
P13	17.7	11
P14	18.2	11
P15	18.5	11
Media	18.0	11

T-2		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	15.1	12
P02	14.3	12
P03	14.2	12
P04	15.4	11
P05	14.2	12
P06	14.1	12
P07	15.7	12
P08	14.8	12
P09	15.3	11
P10	14.0	12
P11	14.5	12
P12	14.3	11
P13	13.2	12
P14	14.4	12
P15	14.2	11
Media	14.5	12

T-3		
Planta	Altura cm	# Hojas
P01	17.7	10
P02	18.8	10
P03	17.3	10
P04	18.5	11
P05	17.3	10
P06	17.6	10
P07	17.6	11
P08	17.6	10
P09	17.6	10
P10	17.6	10
P11	17.8	10
P12	17.6	12
P13	17.4	10
P14	17.4	10
P15	17.2	10
Media	17.7	10

ANEXO 9: Registro de parámetros peso, altura y número de hojas a los 75 días.

T-1			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.410	30.1	27
P02	0.325	28.5	26
P03	0.340	28.3	26
P04	0.385	29.0	26
P05	0.420	30.5	27
P06	0.352	28.3	26
P07	0.340	29.3	26
P08	0.407	29.1	26
P09	0.398	30.2	27
P10	0.345	28.2	26
P11	0.410	29.9	27
P12	0.391	28.3	26
P13	0.301	28.3	25
P14	0.340	27.4	26
P15	0.300	29.1	26
Media	0.364	29.0	26

T-1			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.365	29.1	26
P02	0.355	29.0	26
P03	0.380	28.1	26
P04	0.399	29.3	27
P05	0.300	29.3	25
P06	0.320	30.1	26
P07	0.380	29.1	26
P08	0.410	30.4	27
P09	0.400	29.1	27
P10	0.402	28.2	26
P11	0.410	28.2	27
P12	0.365	29.9	26
P13	0.397	30.0	26
P14	0.340	29.3	26
P15	0.400	26.4	27
Media	0.375	29.0	26

T-1			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.395	28.3	26
P02	0.390	29.4	26
P03	0.400	28.6	27
P04	0.398	28.3	26
P05	0.392	28.1	25
P06	0.295	26.7	24
P07	0.400	28.3	26
P08	0.391	27.3	25
P09	0.401	29.2	27
P10	0.301	28.3	25
P11	0.307	28.7	25
P12	0.400	29.3	27
P13	0.309	26.3	25
P14	0.399	29.0	26
P15	0.396	27.2	26
Media	0.372	28.2	26

T-2			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.201	26.5	25
P02	0.295	26.9	25
P03	0.200	25.9	24
P04	0.257	25.3	23
P05	0.298	25.8	25
P06	0.204	25.5	24
P07	0.209	24.8	23
P08	0.243	24.3	25
P09	0.200	26.4	23
P10	0.235	25.7	24
P11	0.200	25.9	24
P12	0.210	26.3	23
P13	0.300	24.2	25
P14	0.263	26.4	25
P15	0.230	26.6	25
Media	0.236	25.8	24

T-2			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.303	27.8	25
P02	0.200	26.8	24
P03	0.202	26.5	24
P04	0.230	27.2	24
P05	0.221	24.5	23
P06	0.200	23.3	24
P07	0.195	26.5	23
P08	0.206	26.0	24
P09	0.202	25.5	24
P10	0.200	23.2	24
P11	0.309	25.6	25
P12	0.210	26.1	24
P13	0.205	26.0	24
P14	0.201	26.1	24
P15	0.233	23.8	24
Media	0.221	25.7	24

T-2			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.185	22.4	23
P02	0.200	22.4	24
P03	0.280	25.2	24
P04	0.238	24.3	24
P05	0.284	24.3	25
P06	0.200	24.6	24
P07	0.201	24.5	24
P08	0.202	24.3	24
P09	0.200	22.4	24
P10	0.182	22.8	23
P11	0.184	22.5	23
P12	0.273	26.1	25
P13	0.189	23.7	23
P14	0.289	23.6	25
P15	0.291	24.2	25
Media	0.227	23.8	24

T-3			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.200	21.1	23
P02	0.210	21.5	22
P03	0.190	22.3	21
P04	0.155	21.4	19
P05	0.155	22.5	21
P06	0.220	21.3	22
P07	0.190	18.5	21
P08	0.199	21.5	22
P09	0.220	22.6	23
P10	0.170	21.9	19
P11	0.210	19.3	22
P12	0.200	22.2	23
P13	0.200	21.2	21
P14	0.199	21.7	22
P15	0.183	21.5	20
Media	0.193	21.4	21

T-3			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.205	17.4	22
P02	0.200	19.2	23
P03	0.209	22.9	22
P04	0.170	19.2	19
P05	0.180	21.2	20
P06	0.170	21.1	19
P07	0.200	22.0	22
P08	0.172	22.2	19
P09	0.175	19.0	19
P10	0.191	22.1	21
P11	0.220	20.7	22
P12	0.190	23.2	21
P13	0.200	22.0	22
P14	0.171	22.3	19
P15	0.189	19.5	21
Media	0.189	20.9	21

T-3			
Planta	Peso	Altura	# Hojas
P01	0.201	23.0	23
P02	0.208	19.4	22
P03	0.164	18.4	22
P04	0.184	21.2	20
P05	0.199	21.3	20
P06	0.193	20.8	19
P07	0.170	20.3	20
P08	0.194	22.5	22
P09	0.199	22.2	22
P10	0.186	21.2	20
P11	0.182	21.3	20
P12	0.170	21.4	21
P13	0.190	21.0	20
P14	0.189	22.3	22
P15	0.180	21.1	21
Media	0.187	21.2	21



ANEXO 10: Evaluación de coeficiente de uniformidad de cinta de goteo.

Orden	Tratamiento	caudal (Q)	Tiempo/Hora	Minutos
1	T-1	1	01:15	75
2	T-1	1	01:17	77
3	T-2	1	01:15	75
4	T-2	1	01:16	76
5	T-3	1	01:15	65
6	T-3	1	01:15	75
7	T-1	1	01:16	76
8	T-1	1	01:18	78
9	T-2	1	01:15	75
10	T-2	1	01:15	75
11	T-3	1	01:16	76
12	T-3	1	01:15	75
13	T-1	1	01:16	76
14	T-1	1	01:15	75
15	T-2	1	01:17	77
16	T-2	1	01:15	75
17	T-3	1	01:15	75
18	T-3	1	01:16	76
Promedio		1.00	0.05	75.11

tto	Q/5min ml	caudal l/h
T-1	66	0.79
T-1	67	0.80
T-2	65	0.78
T-2	66	0.79
T-3	67	0.80
T-3	68	0.81
T-1	67	0.80
T-1	68	0.81
T-2	64	0.76
T-2	65	0.78
T-3	67	0.80
T-3	68	0.81
T-1	67	0.80
T-1	66	0.79
T-2	68	0.81
T-2	68	0.81
T-3	66	0.79
T-3	67	0.80

N =	18
N25%	5

Medias	
Total de datos	0.80
del 25%inferior	0.78
Muestra (q100)	0.80

Medidas de distribucion	
CU =q25/q100	0.98

Max-Min	
Maximo	0.81
Minimo	0.76
Desv. Standard	0.01



ANEXO 11: Análisis de fertilidad de suelo.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INACAL
2253 1478
2253 1478
INACAL

INFORME DE ENSAYO N° 09288-23/SU/ LABSAF - ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Valerio Choque Acero.
 Propietario / Productor : Reservado por el cliente.
 Dirección del cliente : Jr. Andis Razuri S/N.
 Solicitud por : Valerio Choque Acero.
 Muestreado por : Cliente.
 Número de muestra(s) : 01 muestra.
 Producto declarado : Suelo Agrícola.
 Presentación de las muestra(s) : Bolsa de plástico.
 Referencia del muestreo : Centro de Salud.
 Procedencia de muestra(s) : Puno / Puno / Puno.
 Fecha(s) de muestreo* : 2023-09-05
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Illpa.
 Fecha(s) de análisis : 2023-09-05
 Cotización del servicio : 288-23-ILL
 Fecha de emisión : 2023-09-20



II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU3280-ILL-23	--	--	--	--	--
Matriz Analizada	Suelo	--	--	--	--	--
Fecha de Muestreo*	2023-09-05	--	--	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)*	12:20	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	--	--	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	--	--	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	7,2	--	--	--
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	11,7	--	--	--
Materia Orgánica (**)	%	0,2	3,7	--	--	--
Nitrógeno (**)	%	--	0,14	--	--	--
Fósforo (**)	mg/kg	0,1	90,0	--	--	--
Potasio Disponible (**)	ppm	--	220,4	--	--	--
Carbonatos de calcio equivalente (**)	%	0,4	1,3	--	--	--
Bases Intercambiables(**)						
Calcio ²⁺ (**)	C mol(+)/Kg	--	19,2	--	--	--
Magnesio ²⁺ (**)	C mol(+)/Kg	--	2,5	--	--	--
Potasio (**)	C mol(+)/Kg	--	0,6	--	--	--
Sodio (**)	C mol(+)/Kg	--	0,3	--	--	--
Capacidad de Intercambio (**)	C mol(+)/Kg	--	22,6	--	--	--
Análisis de Textura (**)						
Arena(**)	%	--	59,80	--	--	--
Arcilla(**)	%	--	12,92	--	--	--
Limo(**)	%	--	27,28	--	--	--
Clase Textural(**)	---	--	Franco Arenoso	--	--	--

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality- Determination of the Specific Electrical Conductivity-Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09:2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07: 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrógeno	ISO 11261_1995. First edition. Soil quality-Determination of total nitrogen-Modified Kjeldahl method.
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10: 2000. Determinación de fósforo por el método de Olsen y colaboradores.
Potasio Disponible	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego -INIA.Ed. 1era.2017. ítem 4.9.1 Pag.62. Potasio Disponible.
Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.17 AS-33. Determinación de la acidez y el aluminio intercambiable de cloruro de potasio.
Carbonatos de calcio equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29:2000. Determinación de Carbonato de calcio por el método de Neutralización Ácida.
Bases Intercambiables	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7. 1.12 AS-12:2000. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INACAL - DA
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
REGISTRO N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO
N° 09288-23/SU/ LABSAF - ILLPA

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(***) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Dalmecio Miranda Quispe - Especialista del laboratorio del LABSAF Illpa.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGROARIO Y RIEGOS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA - PUNO

[Firma manuscrita]

Dra. NORA GALVEZ ILAZACA

Nora Luz Galvez Ilazaca

Directora de la Estación Experimental Agraria Illpa

FIN DE INFORME DE ENSAYO



PERU
Ministerio de Desarrollo Agrario
Pesquero y Riego

LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Direccion: Anexo Rinconada Salcedo S/N, Puno - Puno

Página 2 de 2
F-46 / Ver. 03
www.inia.gob.pe



ANEXO 12: Análisis de fertilidad de suelo



INFORME DE ENSAYO N° 09303-23/SU/ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Valerio Choque Acero.
 Propietario / Productor : Reservado por el cliente.
 Dirección del cliente : Jr. Andis Razuri S/N.
 Solicitado por : Valerio Choque Acero.
 Muestreado por : Cliente.
 Número de muestra(s) : 01 muestra.
 Producto declarado : Suelo Agrícola.
 Presentación de las muestra(s) : Bolsa de plástico.
 Referencia del muestreo : Centro de Salud.
 Procedencia de muestra(s) : Puno / Puno / Puno.
 Fecha(s) de muestreo* : 2023-09-05
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-11
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens - LABSAF Illpa.
 Fecha(s) de análisis : 2023-09-11
 Cotización del servicio : 303-23-ILL
 Fecha de emisión : 2023-09-29

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU3334-ILL-23	--	--	--	--	--
Matriz Analizada	Suelo	--	--	--	--	--
Fecha de Muestreo	2023-09-05	--	--	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	12:20	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	--	--	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	--	--	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Densidad Aparente	gr/cc	--	1,19	--	--	--
Capacidad de campo	%	--	25,87	--	--	--
Punto de marchitez	%	--	7,39	--	--	--

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Densidad Aparente	Fundamentos de la mecánica del suelo tomo II y III Juarez Badillo-Rico Rodríguez.
Capacidad de campo	
Punto de marchitez	

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los Items sometidos a ensayo.
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Jorge Canihua Rojas - Responsable del laboratorio del LABSAF Sede Illpa.





 Firma
Jorge Canihua Rojas
 Responsable de Laboratorio del LABSAF-Illpa
 FIN DE INFORME DE ENSAYO

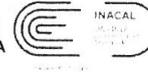


ANEXO 13: Análisis de agua con fines de riego.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 09289-23/AG/ LABSAF - ILLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Valerio Choque Acero.
Propietario / Productor : Valerio Choque Acero.
Dirección del cliente : Jr. Andis Razuri S/N.
Solicitado por : Valerio Choque Acero.
Muestreado por : Cliente.
Número de muestra(s) : 01 muestra.
Producto declarado : Agua.
Presentación de las muestras(s) : Frasco de plástico.
Referencia del muestreo : Centro de Salud.
Procedencia de muestra(s) : Puno / Puno / Puno.
Fecha(s) de muestreo : 2023-09-05
Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-09-05
Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés - LABSAF Illpa.
Fecha(s) de análisis : 2023-09-05
Cotización del servicio : 289-23-ILL
Fecha de emisión : 2023-09-20

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AG3281-ILL-23	--	--	--	--	--
Matriz Analizada	Agua	--	--	--	--	--
Fecha de Muestreo	2023-09-05	--	--	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	12:34	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	--	--	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	--	--	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (***)	unid. pH	0,1	6,7	--	--	--
Conductividad Eléctrica	uS/cm	0,1	335,0	--	--	--
R.A.S.	--	--	0,09	--	--	--
Suma de cationes			5,10	--	--	--
Calcio (**)	meq/L	--	3,55	--	--	--
Magnesio (**)	meq/L	--	1,02	--	--	--
Potasio (**)	meq/L	--	0,39	--	--	--
Sodio (**)	meq/L	--	0,14	--	--	--
Suma de aniones			8,36	--	--	--
Cloruros (**)	meq/L	--	2,30	--	--	--
Sulfatos (**)	meq/L	--	4,54	--	--	--
Carbonatos (**)	meq/L	--	0,00	--	--	--
Bicarbonatos (**)	meq/L	--	0,32	--	--	--
Nitratos (**)	meq/L	--	1,20	--	--	--
STD	mg/L	--	190,0	--	--	--
Dureza	mg/L	--	240,2	--	--	--
Alcalinidad	mg/L	--	22,5	--	--	--
R.A.S.:	Agua utilizable con precaucion	--	--	--	--	--
Tipo de agua:	Agua dura	--	--	--	--	--

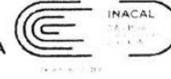


III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	NTP 214.029, 3er Edición, 2015. CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrométrico.
Conductividad Eléctrica	NTP 214.049 1ra Edición. 2015. CALIDAD DE AGUA. Determinación de conductividad. Electroilica en agua.
Determinación de cationes (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego -INIA. Ed. 1era 2017. Item 6.4.1. Pag.83-84. Determinación de cationes (Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu y Zn).
Determinación de aniones (Carbonatos de Calcio, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Nitratos)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego -INIA. Ed. 1era 2017. Item 6.4.2. Pag.84-88. Determinación de aniones.
Clasificación Rverside:	
Diagnóstico y Recomendaciones (Normas de L.V. Wilcox. Diagrama):	Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, octubre 1988, 195p.
Tipo de agua	
R.A.S.	



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 09289-23/AG/ LABSAF - ILLPA

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento.
 - Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
 - Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
 - Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
 - Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
 - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
 - Medición de pH realizada a 25 °C.
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
 (**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 (***) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.
 (****) Los datos obtenidos son referenciales, debido a que la muestra no cumple con los criterios de ingreso de muestra.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Dalmecio Miranda Quispe - Especialista del laboratorio del LABSAF Illpa.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA-PUNO


Dra. NORA LUZ GALVEZ ILAZACA
DIRECTORA

Firma
Nora Luz Galvez Ilazaca
Directora de la Estación Experimental Agraria Illpa

FIN DE INFORME DE ENSAYO



LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Direccion: Anexo RInconada Salcedo S/N, Puno - Puno

Página 2 de 2
F-46 / Ver.03
www.inia.gob.pe



5.- **CONDICIONES AMBIENTALES**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,2	20,6
Humedad Relativa (%HR)	72	72

6.- **RESULTADOS**

PARA EL TERMÓMETRO (SENSOR TEMPERATURA DE IN)

Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	T.C.V. (°C)	Incertidumbre ± (°C)
10,0	0,2	10,2	0,3
22,0	0,3	22,3	0,3
35,0	0,3	35,3	0,3

T.C.V.: temperatura convencionalmente verdadera = Indicación del termómetro + Corrección
Todos los valores están reportados en grados Celsius (°C).

PARA EL TERMÓMETRO (SENSOR TEMPERATURA DE OUT)

Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	T.C.V. (°C)	Incertidumbre ± (°C)
10,0	0,1	10,1	0,3
22,0	0,1	22,1	0,3
35,0	0,1	35,1	0,3

T.C.V.: temperatura convencionalmente verdadera = Indicación del termómetro + Corrección
Todos los valores están reportados en grados Celsius (°C).

PARA EL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

Indicación del Higrómetro (%HR)	Corrección (% HR)	HR.C.V. (% HR)	Incertidumbre ± (% HR)
41,0	0,9	41,9	0,5
61,0	1,6	62,6	0,9
85,0	0,5	85,5	1,5

HR.C.V.: humedad relativa convencionalmente verdadera = Indicación del higrómetro + Corrección
Todos los valores están reportados en (% HR).

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $K=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

Fin del documento



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE CERTIFICADO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE GRUPO MMJ S.A.C.

GRUPO MMJ S.A.C. © Calle Viena N° 113 Urb. Los Portales de Javier Prado (5ta Etapa - 2do Piso) Lima - Lima - Ate
Tel.: 942796161 - 940614846 © Email: ventas1@gmmjsac.com - ggeneral@gmmjsac.com © www.gmmjsac.com



ANEXO 15: Prueba de certificado de humedad de suelo.



YHequipment

SALES OFFICE: NO.180 Banxuegang big road, Longgang Area, Shenzhen City, China 518100

Email: sales@yhequipment.com

Website: www.yhequipment.com

TEST CERTIFICATE

Name of Model:	4 in 1 Plant earth soil	Temperature:	23°C
Model Number:	YH-SOIL 4 EN 1	Humidity:	65 %
Serial Number:	VA112298	Date of Calibration:	06-07-2023
Test Data:	as under	Inspector:	WANG

YHequipment certifies that the instrumentation listed below has been manufactured and tested for calibration accuracy to meet the published specifications. This calibration testing was performed in accordance with national system guidelines of ANSI/NCSL Z540 and ISO-10012.

YH EQUIPMENT

Manager, Quality Control Dept.



ASSESSMENT OF SUPPLIERS

F-ADQI-05
Ver.01
14/11/15

Dear Provider:

In accordance with the requirements of our Quality Management System based on ISO 9001:2008, we inform you the result of the supplier evaluation process, **period 2016**.

Business Name: **YHequipment Co., Limited**
Provider Type: **Products**

Evaluation Criteria:

Products	
	Purchasing
	Purchasing conditions
	Deadlines
	Quantity ordered compliance
	Claim Management
	Physical Condition
	Packaging
	Physical Conditions
	Technical Condition
	Performance
	Technical specifications
Services	
	Response time
	Clear and timely information
	Technical support

Based on these criteria, we inform you that after of this assessment , has been qualified like a provider type: **A Good**, according to the following table:

Category	Qualification	Categorization
A	10 - 8	GOOD
B	7 - 5	REGULAR
C	4 - 0	BAD

In virtue of the previously mentioned, we congratulate you and urge you maintain your quality standars.

Yours sincerely,

ANEXO 16: Certificado de calibración de Tergo hidrómetro



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Termometría

Certificado de Calibración

LT - 239 - 2022

Página 1 de 4

Expediente	1048126	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	GRUPO MMJ S.A.C.	
Dirección	CALLE VIENA NRO. 113 URB. LOS PORTALES DE JAVIER PRADO	
Instrumento de Medición	TERMOMETRO DE INDICACION DIGITAL	
Intervalo de Indicación	-196 °C a 500 °C	
Resolución	0,01 °C ; 0,1 °C (*)	
Marca	DELTA OHM	
Modelo	HD 2127.1 (para el indicador); TP472 I (Para los sensores)	
Procedencia	ITALIA	
Número de Serie	15030309 (Para el indicador); 17014202 (Sensor B)	
Elemento Sensor	Una termostencia de platino de 100 ohm	
Fecha de Calibración	2022-10-10 al 2022-10-12	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	Firmado digitalmente por QUISE CUSPUMA Billy Perno CALI 20800262015.pdf Fecha: 2022-10-13 09:52:50	Firmado digitalmente por CALZADO CANTENO Juan Masud.FAU 20600283015.pdf Fecha: 2022-10-13 07:35:15
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camolas N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Termometría

Certificado de Calibración LT – 239 – 2022

Página 2 de 4

Método de Calibración

Calibración por comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI-SNM PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" (2da Edición Diciembre 2012)

Lugar de Calibración

Laboratorio de Termometría
Calle De la Prosa 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	23 °C ± 2 °C
Humedad Relativa	59 % ± 5 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología	Indicador digital con 6 sensores de platino de 100 ohm (desde sensor 07 hasta el sensor 12) con incertidumbres del orden desde 7,2 mK hasta 11,0 mK	LT-086-2022 Abril 2022

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL.
(*) La resolución del termómetro es de 0,01 °C desde -196,00 °C hasta 199,99 °C .Fuera de este intervalo la resolución es de 0,1 °C .

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Termometría

Certificado de Calibración LT – 239 – 2022

Página 3 de 4

Resultados de Medición

INDICACION DEL TERMOMETRO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	CORRECCION (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-50,21	-50,137	0,073	0,020
-0,02	0,004	0,024	0,017
50,02	50,008	-0,012	0,022
99,97	99,962	-0,008	0,028
149,97	149,978	0,008	0,028
199,94	199,965	0,025	0,034
250,0	250,06	0,06	0,07

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
 $TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$

- Nota 1.-** La profundidad de inmersión del sensor fue de 27 cm aproximadamente .
Nota 2.- Tiempo de estabilización no menor a 10 minutos .
Nota 3.- La calibración se realizó con el sensor de temperatura conectado en la entrada B del indicador.
Nota 4.- Los resultados mostrados se relacionan únicamente con el instrumento descrito en la página 1 del presente documento de calibración.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Termometría

Certificado de Calibración LT – 239 – 2022

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 (ITINCI).

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

ANEXO 17. Coeficiente basal del cultivo Kc

Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, K_c , y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ($HR_{min} = 45\%$, $u_2 = 2 \text{ m s}^{-1}$) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ET_p .

Cultivo	$K_{c, in}^1$	$K_{c, med}$	$K_{c, fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
a. Hortalizas Pequeñas	0,7	1,05	0,95	
Brécol (Brócoli)		1,05	0,95	0,3
Col de Bruselas		1,05	0,95	0,4
Repollo		1,05	0,95	0,4
Zanahoria		1,05	0,95	0,3
Coliflor		1,05	0,95	0,4
Apio (Céleri)		1,05	1,00	0,6
Ajo		1,00	0,70	0,3
Lechuga		1,00	0,95	0,3
Cebolla – seca		1,05	0,75	0,4
– verde		1,00	1,00	0,3
– semilla		1,05	0,80	0,5
Espinaca		1,00	0,95	0,3
Rábano		0,90	0,85	0,3
b. Hortalizas- Familia de la Solanáceas	0,6	1,15	0,80	
Berenjena		1,05	0,90	0,8
Pimiento Dulce (campana)		1,05 ²	0,90	0,7
Tomate		1,15 ²	0,70–0,90	0,6
c. Hortalizas- Familia de las Cucurbitáceas	0,5	1,00	0,80	
Melón	0,5	0,85	0,60	0,3
Pepino – Cosechado Fresco	0,6	1,00 ²	0,75	0,3
– Cosechado a Máquina	0,5	1,00	0,90	0,3
Calabaza de Invierno		1,00	0,80	0,4
Calabacín (zucchini)		0,95	0,75	0,3
Melón dulce		1,05	0,75	0,4
Sandía	0,4	1,00	0,75	0,4
d. Raíces y Tubérculos	0,5	1,10	0,95	
Remolacha, mesa		1,05	0,95	0,4
Yuca o Mandioca – año 1	0,3	0,80 ⁴	0,30	1,0
– año 2	0,3	1,10	0,50	1,5
Chirivía	0,5	1,05	0,95	0,4
Patata o Papa		1,15	0,75 ⁴	0,6
Camote o Batata		1,15	0,65	0,4
Nabos (Rutabaga)		1,10	0,95	0,6
Remolacha Azucarera	0,35	1,20	0,70 ¹	0,5

ANEXO 18: Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)

Coeficientes del tanque evaporímetro (K_p) para el tanque Clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa (Serie FAO Riego y drenaje No. 24)

Tanque Clase A	HR media	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo			
		baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	alta > 70	
Velocidad del viento ($m s^{-1}$)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)			
Baja < 2	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85
	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75
Moderada 2-5	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6	,7
	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8
	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
Alta 5-8	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55	,6
	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7
Muy alta > 8	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45	,55
	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65
	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4	,45

ANEXO 19: Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)

Coeficientes del Tanque evaporímetro (K_p): Ecuaciones de regresión derivadas de los Cuadros 5 y 6

Tanque Clase A situado en cultivo verde circundante	$K_p = 0,108 - 0,0286 u_2 + 0,0422 \ln(\text{BORDE}) + 0,1434 \ln(\text{HR}_{\text{media}}) - 0,000631 [\ln(\text{BORDURA})]^2 \ln(\text{HR}_{\text{media}})$
Tanque Clase A situado en suelo desnudo	$K_p = 0,61 + 0,00341 \text{HR}_{\text{media}} - 0,000162 u_2 \text{HR}_{\text{media}} - 0,00000959 u_2 \text{BORDE} + 0,00327 u_2 \ln(\text{BORDE}) - 0,00289 u_2 \ln(86,4 u_2) - 0,0106 \ln(86,4 u_2) \ln(\text{BORDE}) + 0,00063 [\ln(\text{BORDE})]^2 \ln(86,4 u_2)$
Tanque tipo Colorado situado en cultivo verde circundante	$K_p = 0,87 + 0,119 \ln(\text{BORDE}) - 0,0157 [\ln(86,4 u_2)]^2 - 0,0019 [\ln(\text{BORDE})]^2 \ln(86,4 u_2) + 0,013 \ln(86,4 u_2) \ln(\text{HR}_{\text{media}}) - 0,000053 \ln(86,4 u_2) \ln(\text{BORDE}) \text{HR}_{\text{media}}$
Tanque tipo Colorado situado en terreno desnudo	$K_p = 1,145 - 0,080 u_2 + 0,000903 (u_2)^2 \ln(\text{HR}_{\text{media}}) - 0,0964 \ln(\text{BORDE}) + 0,0031 u_2 \ln(\text{BORDE}) + 0,0015 [\ln(\text{BORDE})]^2 \ln(\text{HR}_{\text{media}})$
Coeficientes y Parámetros	<p>K_p coeficiente del tanque []</p> <p>u_2 velocidad promedio diaria del viento a 2 m altura ($m s^{-1}$)</p> <p>HR_{media} humedad relativa media diaria [%] = $(\text{HR}_{\text{max}} + \text{HR}_{\text{min}})/2$</p> <p>$\text{BORDE}$ borde o distancia al borde de la superficie identificada (pasto o cultivo verde corto para el Caso A y suelo en barbecho o cultivo seco en dirección del viento para el caso B)</p>
Rango de las variables	<p>$1 \text{ m} \leq \text{BORDE} \leq 1 000 \text{ m}$ (estos límites deben ser respetados)</p> <p>$30\% \leq \text{HR}_{\text{media}} \leq 84\%$</p> <p>$1 \text{ m s}^{-1} \leq u_2 \leq 8 \text{ m s}^{-1}$</p>

ANEXO 20: Panel fotográfico



Fotografía 01. Implementación de riego por goteo



Fotografía 02. Trasplante 20 días



Fotografía 03. Medición de la humedad del suelo



Fotografía 04. Registro fotografico a los 30 días de la DDT



Fotografía 05. Lectura de la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero



Fotografía 06. Tanque de evaporímetro tipo A



Fotografía 07. Registro fotográfico a los 75 días (cosecha)



Fotografía 08. Medición de la altura a los 75 días



Fotografía 09. Día de la cosecha a 75 días



Fotografía 10. Medición del peso



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo VALERIO CHOQUE ACERO
identificado con DNI 71946593 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ EFEECTO DE LÁMINAS DE RIEGO POR GATEO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LECHEVA CRESPA (Lactuca Sativa L.)
EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN JAYLLIUVAYA - PUNO ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de Enero del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo VALERIO CHOQUE ACERO
identificado con DNI 71946593 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" EFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEADO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LECHEUGA GRESPA (Lactuca Sativa L.)
EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN JAYLLINUYA - PUNO "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de AGOSTO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella