UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROPECURIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

Autora:
Santo Guanoluisa Erika Nataly

Tutora:
Ilbay Yupa Mercy Lucila

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Santo Guanoluisa Erika Nataly, con cédula de ciudadanía No. 0550574313, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **"DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA",** siendo la Ingeniera Mercy Lucila Ilbay Yupa PhD, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 6 de agosto del 2026

Erika Nataly Santo Guanoluisa
C.C: 0550574313
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SANTO GUANOLUISA ERIKA NATALY**, identificada con cédula de ciudadanía 0550574313 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agropecuaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022.

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026.

Tutora: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.

Tema: **"DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA".**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
b) La publicación del trabajo de grado.
c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial. **CLÁUSULA QUINTA. -** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 6 días del mes de agosto de 2026.

Erika Nataly Santo Guanoluisa	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

"**DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA**", de Santo Guanoluisa Erika Nataly, de la carrera de Agropecuaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 6 de agosto del 2026

Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa
C.C: 0604147900
DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Santo Guanoluisa Erika Nataly, con el título del Proyecto de Investigación: **"DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA"**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 6 de agosto del 2026

Dr. Clever Gilberto De La Guerra, Ph.D
C.C: 0501715494
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

MVZ. Cristina Bejarano Rivera, Mg.
C.C: 1802458651
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Jhinson Martínez Luzuriaga, M.Sc.
CC: 1104864127
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme vida, salud, fortaleza y sabiduría, permitiéndome culminar esta etapa muy importante de mi formación académica.

Agradezco profundamente a mi familia por su apoyo incondional, comprensión y constante motivación a lo largo de todo este proceso.

En especial un agradecimiento y gratitud a mi docente tutora Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa, por su valiosa orientación, paciencia, conocimientos y dedicación, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Así mismo, extiendo mi agradecimiento a los docentes de la carrera y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo y valiosos consejos para la realización de este trabajo.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Santo Guanoluisa Erika Nataly

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios y la Santísima Virgen del Cisne, por darme un don de vida, por iluminar mi camino, darme fortaleza, sabiduría y esperanza para alcanzar esta meta.

A mis queridos padres Nancy y Rodrigo, por su amor incondicional, su sacrificio, sus consejos y el apoyo constante que me brindaron durante toda mi formación este logro también les pertenece. Gracias por confiar en mí y acompañarme en cada paso.

A mis hermanas Katty y Sandra, por estar siempre a mi lado, por su cariño, comprensión y por motivarme a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mis sobrinos, quienes con su alegría y amor llenan mi vida de felicidad e inspiración mi deseo de seguir superándome cada día.

De manera en especial a mi pareja, por su amor paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante este proceso. Gracias por animarme a no rendirme.

A mis amigos y amigas, quienes compartieron conmigo esta etapa, brindándome su amistad, palabras de aliento, apoyo y momentos inolvidables que hicieron este camino más llevadero.

Finalmente, dedico este logro a toda mi familia y a todas las personas que, de una u otra manera, formaron, parte de este proceso y contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad.

Erika Nataly Santo Guanoluisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: "DETERMINAR EL EFECTO DE DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LATACUNGA".

Autora:
Santo Guanoluisa Erika Nataly

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Latacunga. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones para un total de nueve tratamientos, la comparación de medias se evaluó mediante la Prueba de Tukey al 5% para las fuentes de variación que presenten significación estadística. Los tratamientos consistieron en la aplicación de la lámina de agua bajo condiciones de precipitación durante el periodo de estudio (T1), dos riegos por semana (T2) y tres riegos a la semana (T3). Se evaluaron 90 plantas totales, diez por cada tratamiento. Las variables a evaluar fueron el porcentaje de sobrevivencia de plantas, altura de plantas (cm), diámetro de repollo (cm), peso de repollo (kg), compactación de repollo, rendimiento (kg/ha) y eficiencia del uso de agua. Los resultados obtenidos fueron para porcentaje de sobrevivencia de plantas con un 94,73 % de plantas vivas siendo los tratamientos T2 y T3 los mejores con un 100% de sobrevivencia. Para la altura de planta a los 75 días después del trasplante el tratamiento T3 obtuvo un promedio de 23,16 cm, seguido del tratamiento T2 y T1. Para el diámetro de repollo, de igual manera el T3 logró la valoración más alta (16,84 cm). En el caso del grado de compactación del repollo los T2 y T3 presentaron promedios de 2,6 y 2,87; siendo estadísticamente iguales (grupo a). En la variable peso del repollo y rendimiento el T3 siguió liderando con una media de 0,21 kg/planta y 29122 kg/ha respectivamente. La eficiencia del uso de agua determinó también que el T3 (99.84 kg/m3) con la misma lámina de riego que T2 (213,33 mm) obtuvo los mejores resultados. Finalmente, se concluye que la frecuencia de riego influye en las variables agronómicas y en el rendimiento de cultivo lechuga (*Lactuca sativa* L.). Destacando la importancia del manejo del uso de agua; no es necesario regar más, sino conocer las frecuencias de riego exactas para cada cultivo.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L., lámina de riego, frecuencias de riego, precipitación efectiva

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "DETERMINING THE EFFECT OF DIFFERENT DRIP IRRIGATION FREQUENCIES ON THE AGRONOMIC YIELD OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN LATACUNGA"

Author:
Santo Guanoluisa Erika Nataly

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different drip irrigation frequencies on the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Latacunga. A completely randomized block design with three replications was used for a total of nine treatments. Mean comparisons were evaluated using Tukey's test at the 5% significance level for statistically significant sources of variation. The treatments consisted of applying the water layer under precipitation conditions during the study period (T1), two irrigations per week (T2), and three irrigations per week (T3). A total of 90 plants were evaluated, ten per treatment. The variables assessed were plant survival percentage, plant height (cm), head diameter (cm), head weight (kg), head compaction, yield (kg/ha), and water use efficiency. The results obtained showed a 94.73% survival rate for plants, with treatments T2 and T3 achieving the best results at 100% survival. For plant height 75 days after transplanting, treatment T3 averaged 23.16 cm, followed by treatments T2 and T1. Similarly, T3 achieved the highest cabbage diameter (16.84 cm). Regarding cabbage compaction, T2 and T3 averaged 2.6 and 2.87, respectively, and were statistically similar (group a). For cabbage weight and yield, T3 continued to lead with averages of 0.21 kg/plant and 29,122 kg/ha, respectively. Water use efficiency also showed that T3 (99.84 kg/m³), with the same irrigation depth as T2 (213.33 mm), obtained the best results. In conclusion, irrigation frequency influences agronomic variables and the yield of lettuce (Lactuca sativa L.). This highlights the importance of water use management; it is not simply a matter of increasing irrigation, but rather determining the precise irrigation frequencies for each crop.

Keywords: *Lactuca sativa* L., irrigation depth, irrigation frequencies, effective receiver

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN vi
AGRADECIMIENTO vii
DEDICATORIA viii
RESUMEN ix
ABSTRACT x
ÍNDICE DE CONTENIDOS xi
ÍNDICE DE TABLAS xv
ÍNDICE DE FIGURAS xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL 1
2. JUSTIFICACIÓN 3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 4
3.1. Beneficiarios directos 4
3.2. Beneficiarios indirectos. 4
4. PROBLEMÁTICA. 4
5. OBJETIVOS 5
5.1. Objetivo General 5
5.2. Objetivos Específicos 5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA 6
7.1. Cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) 6
7.2. Características del cultivo 7
7.2.1. Raíz 8
7.2.2. Tallo 8
7.2.3. Hojas 8
7.2.4. Compactación del repollo 8
7.2.5. Amarillamiento de hojas 9
7.2.6. Flores 9

7.2.7. Semillas 9
7.3. Fenología de la lechuga 9
7.3.1. Fase de germinación 9
7.3.2. Fase vegetativa 10
7.3.3. Fase reproducción o emisión de tallo floral 10
7.4. Requerimientos edafoclimáticos 10
7.5. Requerimiento hídrico de la lechuga 11
7.5.1. Coeficiente de cultivo 12
7.6. Tipos de sistema de riego 12
7.6.1. Goteo 12
7.6.2. Aspersión 12
7.6.3. Gravedad 12
7.6.4. Inundación 13
7.6.5. Nebulización o Micro aspersión 13
7.7. Estrategia de riego 13
7.8. Riego deficitario 13
7.9. Riego en el cultivo de lechuga 13
7.10. Riego por goteo en el cultivo de lechuga 14
7.11. Procesos de Evapotranspiración 14
7.11.1. Evaporación 14
7.11.2. Transpiración 14
7.11.3. Evapotranspiración (ET) 14
7.11.4. Factores que afectan la Evapotranspiración 15
7.11.5. Conceptos de evapotranspiración 15
7.11.6. Coeficiente de cultivo (Kc) 16
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS 16
8.1. Hipótesis nula 16
8.2. Hipótesis alternativa 16
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL 16
9.1. Características edafoclimáticas de la zona de ensayo 16
9.2.1. Experimental 17
9.3. Sistema de Riego Junta del Barrio Santa Rosa de Pichul 18
9.4. Tratamientos 18

9.5. Diseño Experimental 19
9.6. Análisis estadístico 19
9.7. Prueba de Medias 19
9.8. Unidad experimental 20
9.9. Manejo del experimento 20
9.9.1. Muestreo y análisis de suelo 20
9.9.2. Preparación del terreno 21
9.9.3. Trasplante 21
9.9.4. Fertilización 21
9.9.5. Control de malezas, plagas y enfermedades 22
9.9.6. Distribución en la parcela 22
9.9.7. Componentes del sistema de riego 23
9.9.8. Manejo del sistema de riego 24
9.9.9. Parámetros de riego 24
9.9.10. Toma de datos 27
9.9.11. Tabulación de datos 27
9.10. Variables a Evaluar 27
9.10.1. Porcentaje de supervivencia al trasplante 27
9.10.2. Altura de planta (cm) 27
9.10.3. Diámetro de repollo (cm) 28
9.10.4. Peso del repollo (Kg) 28
9.10.5. Compactación del repollo 28
9.10.6. Rendimiento (kg/parcela) 28
9.10.7. Eficiencia del uso del agua 28
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 29
10.1. Efecto de diferentes frecuencias de riego en el desarrollo del cultivo 29
10.1.1. Porcentaje de supervivencia al trasplante 29
10.1.2 Altura de la planta 30
10.1.3 Diámetro del repollo 32
10.2. Efecto de diferentes frecuencias de riego en el desarrollo del cultivo 34
10.2.1. Compactación del repollo 34
10.2.2 Peso por repollo 36
10.2.3 Rendimiento 37

10.3 Eficiencia en el uso del agua en la producción de lechuga 39
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
11.1. Conclusiones 42
11.2. Recomendaciones 42
12. BIBLIOGRAFÍA 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Actividades por objetivo* 6
Tabla 2. *Clasificación taxonómica de la Lechuga (Lactuca sativa* L.*)* 7
Tabla 3. *Escala de valoración para la firmeza de repollo de lechuga* 8
Tabla 4. *Escala de clasificación para los diferentes grados de clorosis* 9
Tabla 5. *Temperaturas óptimas para el crecimiento de la lechuga* 11
Tabla 6. *Conceptos de evapotranspiración* 15
Tabla 7. *Características edafoclimáticas de la zona de estudio* 17
Tabla 8. *Descripción de los Tratamientos* 19
Tabla 9. *Esquema del Análisis de Varianza* 19
Tabla 10. *Características de la unidad experimental* 20
Tabla 11. *Valores de coeficiente único del cultivo Kc para lechuga* 25
Tabla 12. *Precipitación efectiva* 26
Tabla 13. *Escala de valoración para compactación de repollo de lechuga* 28
Tabla 14. *Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia de las plantas de lechuga al trasplante* 29
Tabla 15. *Análisis de varianza para la altura de las plantas de lechuga* 31
Tabla 16. *Análisis de varianza para el diámetro del repollo de las plantas de lechuga* 33
Tabla 17. *Análisis de varianza para la compactación del repollo de las plantas de lechuga* 34
Tabla 18. *Análisis de varianza para el peso del repollo de las plantas de lechuga* 36
Tabla 19. Análisis de varianza para rendimiento del cultivo de lechuga 38
Tabla 20. *Análisis de varianza para la eficiencia del uso del agua en la producción de lechuga.* 40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Ubicación del área de investigación* 17
Figura 2. *Imagen de la vertiente del río Palaguaycu* 18
Figura 3. *Muestreo de suelo en zig-zag para análisis físico - químico* 21
Figura 4. *Distribución de tratamientos en la parcela* 22
Figura 5. *Distribución y dimensiones en la unidad experimental* 23
Figura 6. *Distribución y componentes del sistema de riego* 24
Figura 7. *Comparación de medias del porcentaje de supervivencia según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia.* 29
Figura 11. *Comparación de medias para el peso del repollo de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia* 37
Figura 12. *Comparación de medias para el rendimiento de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia* 38
Figura 13. *Láminas de Riego aplicadas al cultivo de lechuga* 39
Figura 14. *Comparación de medias para la eficiencia del uso del agua de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia* 41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

"Determinar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de lechuga (***Lactuca sativa* L.**) en Latacunga".

Fecha de inicio: Abril 2022– Agosto 2022

Fecha de finalización: Abril 2026 – Agosto 2026

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, barrió Santa Rosa de Pichul.

Facultad académica que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia: Carrera de Agropecuaria.

Equipo de trabajo

Responsable del proyecto: Santo Guanoluisa Erika Nataly

Tutora: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa Ph.D.

Lector 1: Dr. Clever Gilberto Castillo de la Guerra Ph.D.

Lector 2: MVZ Cristina Isabel Bejarano Rivera Mg.

Lector 3: Ing. Martínez Luzuriaga Jhinson Dennys, Mg.

Coordinador del proyecto

Nombre: Santo Guanoluisa Erika Nataly

CC. 0550574313

Correo electrónico: erika.santo4313@utc.edu.ec

Área de conocimiento

Agricultura - Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción agropecuaria

Línea de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Sublínea de investigación

Manejo sostenible de cultivos y tecnologías de agricultura de precisión conversando la biodiversidad.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de los recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos cien años el uso del agua a nivel mundial se ha sextuplicado y sigue creciendo aproximadamente un 1% de forma anual, debido al incremento de la población, el desarrollo económico y al cambio de los patrones de consumo. Además, los efectos del cambio climático son mediados por el agua en la agricultura, pero en algunas regiones a nivel mundial se observa la disminución del líquido vital muy importante en los procesos agrícolas, industria y suministro doméstico (UNESCO, 2020).

Según Lozano (2018), indica que el agua juega un papel destacado en casi todos los procesos y ciclos naturales del planeta, siendo su disponibilidad limitada por la naturaleza; es decir, aunque la Tierra tenga agua en abundancia, no siempre se la encentra en el momento y lugar oportuno; además, la calidad tampoco es la apropiada tanto para consumo humano como para agua de riego, de esta manera la agricultura se ve disminuida al utilizar aguas que no son aptas para esta actividad.

Por otro lado, Cachipuendo, et al. (2025), mencionan que el riego desempeña un papel importante en la seguridad hídrica y alimentaria, pero su gestión enfrenta desafíos tecnológicos, técnicos y financieros, sobre todo en el sector rural. Nieto C. et al. (2017) indican que una de las características de las poblaciones de Cotopaxi, es su principal actividad económica está alrededor de las actividades agropecuarias, donde el 60,8 % se dedica exclusivamente a la agricultura y a pesar de esta característica, la población no tiene acceso a tierras agrícolas de calidad y estas tierras usadas para la agricultura no tienen aptitud natural para esta actividad.

El cultivo de lechuga en la provincia de Cotopaxi y en especial en el cantón Latacunga, es producido especialmente por los pequeños horticultores, según datos de (SIPA, 2024), el Ecuador cuenta con aproximadamente 1145 ha de cultivo de lechuga con un rendimiento de 7,9 kg/ha de promedio y en Cotopaxi son 481 ha aproximadamente, siendo amenazados por la sequía del sector, resultando pérdidas tanto en producción como en rendimiento por la falta de agua de riego.

Por lo tanto, una alternativa para la producción y recuperación agrícola para los pequeños agricultores de Cotopaxi es el control del riego, donde se puede ajustar la disponibilidad del agua y nutrientes de acuerdo a la especie a cultivar, en nuestro caso la lechuga, el manejo racional del agua, el manejo en espacios reducidos para su producción, proporcionando una alternativa más ecológica para la producción hortícola en nuestra provincia.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos del proyecto fueron los pequeños productores de lechuga y hortalizas del sector de Santa Rosa de Pichul en la ciudad de Latacunga.

3.2. Beneficiarios indirectos.

Los beneficiarios indirectos de este proyecto son todos los horticultores de la provincia de Cotopaxi y de todo el Ecuador que se dediquen a la producción de hortalizas.

4. PROBLEMÁTICA.

De acuerdo a Noumedem et al. (2017) mencionan que la lechuga se cultiva a nivel mundial, siendo una hortaliza muy consumida y usada en la preparación como un producto acompañante en ensaladas, sopas, cremas, etc.; además, posee propiedades medicinales (antimicrobianas, antioxidantes e hipnóticas).

A nivel mundial es una de las hortalizas con más consumo, según Buenrostro-Curiel et al. (2025), reportan que China y EEUU son los dos países con mayor producción de este cultivo, mientras que López y Frezza (2022) indican que China representa el 55% de la producción mundial, EEUU aporta un 16% de la producción, mientras que Italia y España son los principales productores europeos con 3,5% y el 1,4% del total mundial.

En el Ecuador según información del Instituto Nacional de Estadística y Censo (2024), la superficie de labor agropecuaria para el año 2023 fue de 5,1 millones de hectáreas, donde el área destinada a cultivos permanentes fue de 1380405 ha, mientras que los cultivos transitorios tuvieron una superficie de 812294 ha. Según datos de SIPA (2024), se cultivaron 11445 ha de lechuga, con 7942 kg ha^{-1} de rendimiento promedio, siendo Cotopaxi con 481 ha la provincia de mayor producción, seguida de Tungurahua con 325 ha y Carchi con 96 ha.

En la provincia de Cotopaxi, el cultivo (*Lactuca sativa* L.) constituye una actividad agrícola importante para pequeños y medianos productores, debido a su alta demanda en los mercados locales y regiones. Sin embargo, el rendimiento agronómico de este cultivo se ve limitado por un manejo ineficiente del recurso hídrico, especialmente en zonas donde la disponibilidad de agua es un variable y los costos de producción son elevados (Chisaguano y Maigua, 2022).

La producción agrícola en Latacunga, está amenazada por el cambio climático, la sequía y los cambios bruscos de temperatura, resultando en pérdidas en más de 1200 ha de cultivo, llegando hasta un 80% de su rendimiento. La poca disponibilidad de agua. La baja productividad y los

escases de mano de obra en la zona son causas principales para buscar un sistema de riego eficiente (Chisaguano y Maigua, 2022).

El riego por goteo es una técnica que puede optimizar el uso del agua, pero aún no está claro cómo diferentes frecuencias de aplicación afectan el rendimiento agronómico del cultivo en las condiciones agroecológicas de la zona (suelo franco-arenoso, altitud de aproximadamente 2785 msnm). No obstante, existe escasa información local sobre la frecuencia óptima de riego por goteo que permite maximizar el rendimiento agronómico de la lechuga bajo condiciones edafoclimáticas específicas de Cotopaxi, con el fin de generar información técnica que contribuya a un manejo más eficiente del agua y la mejora de la productividad y sostenibilidad del sistema agrícola local (Sepúlveda Prieto, 2021).

Buenrostro Curiel et al. (2025), indican que las prácticas de manejo agrícola y riego son importantes para la producción de lechuga, debido a que contribuye a reducir las pérdidas de agua y fertilizantes, optimizando el rendimiento y la calidad de la lechuga, evitando la lixiviación y calculando una lámina de riego ideal para la región donde se cultiva.

En el sector de San Felipe, barrio Santa Rosa de Pichul, la información sobre cultivos, riego y actividades relacionadas a la agricultura es inexistente, no se han encontrado datos informativos sobre lo mencionado anteriormente, por lo que es necesario establecer un punto de inicio para recabar información que sea de ayuda a los agricultores de la zona y que puedan tecnificar su modo de producción agrícola.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Latacunga.

5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en el desarrollo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Latacunga.
- Determinar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo la influencia de tres láminas de riego por goteo.
- Evaluar la eficiencia en el uso del agua en la producción de lechuga bajo diferentes frecuencias de riego por goteo en Latacunga.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.

Actividades por objetivo

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Caracterizar el efecto de diferentes frecuencias de riego por goteo en el desarrollo del cultivo de productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Latacunga.	Registro de las frecuencias de riego (testigo, 2 y 3 riegos/semana) Evaluación y registro de variables a medir en el experimento.	Identificación de las parcelas y tratamientos con las frecuencias de riego. Registro de datos medibles en la libreta de campo	Láminas de riego específicas para cada tratamiento. Datos de cada variable para su tabulación y resultado
Determinar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo la influencia de tres láminas de riego por goteo.	Cálculo del rendimiento de lechuga de acuerdo a la distribución de las láminas de riego.	De cada tratamiento se midió el rendimiento (kg) y se registró por cada lámina de riego	Se obtuvo los rendimientos de cada tratamiento de acuerdo a la lámina de riego propuesto.
Evaluar la eficiencia en el uso del agua en la producción de lechuga bajo diferentes frecuencias de riego por goteo en Latacunga.	Registro de datos morfológicos (altura de planta, diámetro de cogollo, amarillamiento de hojas y rendimiento) de acuerdo a las láminas de riego aplicadas.	Para cada variable se registra cada 15 días los datos de acuerdo a los tratamientos establecidos, para determinar si hay diferencias en las láminas de riego planteadas.	Datos obtenidos para su posterior tabulación y comparación estadística para determinar posibles diferencias significativas.

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

7.1.1. Origen

Previo a su domesticación, la lechuga era una especie que se procesaba de manera silvestre antes de la domesticación por el ser humano, Saavedra et al. (2017) se considera que su origen se encuentra entre Asia Menor y la región del Mediterráneo. Su adaptación como alimento, sin

embrago, se habría ocurrió en el Mediterráneo oriental, posiblemente en Egipto (área del Tigris – Éufrates). Desde allí, este cultivo se expandió progresivamente hacia Grecia, Roma y toda la región mediterránea.

7.1.2. Características botánicas y taxonomía

La clasificación taxonómica de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) de acuerdo a Jaramillo et al. (2014) se observa en la Tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de la Lechuga (Lactuca sativa L.*)*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Tribu:	*Lactuceae*
Género:	*Lactuca*
Especie:	*L. sativa* L.

Nota: Tomado de Jaramillo et al. (2014)

La lechuga pertenece a la familia *Asteraceae*, previamente conocida como *Compositeae*. La lechuga exhibe una amplia variedad, principalmente debido a las diferentes formas de hojas y estilos de crecimiento de las plantas. Esto ha permitido identificar variedades botánicas dentro de la especie, existiendo varias que son relevantes como cultivos hortícolas en diversas partes del mundo (Saavedra et al., 2017).

7.2. Características del cultivo

Debido a la considerable diversidad de las lechugas obtenidas, se observa una gran variabilidad morfológica entre ellas. Evidentemente, guardan ciertas similitudes de carácter de todos modos. Las hojas primero forman una roseta, que luego forma un repollo más o menos denso, aunque también hay algunas que no forman esta estructura. Las hojas pueden ser redondas, lanceoladas o casi onduladas, lisas o rizadas, y de varios tonos de coloración verduzca, incluido el rojizo. La lechuga puede ser un cultivo anual, aunque ciertas variedades suelen ser bienales. En la etapa de crecimiento normalmente avanzada, la yema se apertura y surge un tallo de forma cilíndrica. Posteriormente, se ramifica desde la tercera altura, tiene varias hojas, cada una más

pequeña, y finaliza en una inflorescencia del tipo capítulos con flores amarillas. Las semillas son frutos sensibles pequeños, blancos o negros (Rivera, 2024).

7.2.1. Raíz

La lechuga presenta una raíz corta, pero es capaz de crecer hasta 0,25 m de longitud. Presenta un sistema radicular fasciculado y poco profundo, encargado de la absorción de agua y nutrientes del suelo, lo que hace a la lechuga sensible a la falta de humedad. Presenta una raíz principal gruesa y sus raíces secundarias son delgadas (Chunata, 2024).

7.2.2. Tallo

El tallo de la lechuga es corto, ramificado y redondo pudiendo llegar hasta un metro de altura hasta el momento de la floración, en donde se formarán las inflorescencias en forma de capítulos en un número entre 15 a 25. Estos capítulos florales de color amarillo, están formados en racimos o corimbos (Saavedra et al., 2017).

7.2.3. Hojas

Son las partes comestibles de la planta que varían en forma, tamaño, textura y color según la variedad, pudiendo ser lisas o rizadas o formar repollos. Los bordes de las hojas pueden ser lisos, rizados o cerrados y toman una coloración entre verde, amarillo o blanco formando una espiral entre ellas (Funes et al., 2019).

7.2.4. Compactación del repollo

La compactación del repollo se verificó de acuerdo a la escala propuesta por (De Souza et al., 2013), presente en la Tabla 3.

Tabla 3.

Escala de valoración para la firmeza de repollo de lechuga

ESCALA	DESCRIPCIÓN
0	Ausencia total de cabeza
1	Cabeza sin relleno definido
2	Cabeza con relleno aparente y hojas periféricas sueltas
3	Cabeza que presentan relleno definido y hojas iniciando la compactación en la periferia
4	Cabeza que presentan relleno definido y hojas periféricas compactas
5	Cabeza con relleno compacto y sin individualización visual de hojas periféricas

Nota: Tomado y adaptado de (De Souza et al., 2013)

7.2.5. Amarillamiento de hojas

La clorosis o el amarillamiento de las hojas se verificó mediante la escala de clasificación para los diferentes grados de clorosis propuesta por Hernández et al (1996) citado por (Lara, 2006), a continuación, se observa en la Tabla 4.

Tabla 4.

Escala de clasificación para los diferentes grados de clorosis

ESCALA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Coloración normal, hojas color verde intenso, sin enrollar	Completamente tolerante
2	Amarillamiento ligero en los márgenes, hojas color verde pálido, sin enrollar	Moderadamente tolerante
3	Amarillamiento internerval moderado, principio de clorosis en hojas, sin enrollar	Algo susceptible
4	Amarillamiento intenso, clorosis total de hojas, principios de enrollamiento	Susceptible
5	Amarillamiento severo con necrosamiento, clorosis total, hojas enrolladas	Altamente susceptible

Nota: Tomado y adaptado de (Lara, 2006).

7.2.6. Flores

Las flores se ordenan en capítulos formando racimos o corimbos, se encuentran en número de 10 a 25 floretes, suelen ser hermafroditas, compuestas por 5 estambres y un ovario bicarpelar que aloja un óvulo el cual originará una semilla que se autofecundará, mientras que de la

7.2.7. Semillas

Las semillas son de color blanco cremoso, blanco pardo o castaño de acuerdo a la variedad escogida para el cultivo, presentan un diámetro de 4 a 5 mm, es un aquenio de forma alargada y con varias estrías longitudinales (Saavedra et al., 2017).

7.3. Fenología de la lechuga

7.3.1. Fase de germinación

De acuerdo a López y Frezza (2022), las condiciones ambientales para la germinación de la semilla deben ser favorables; además, es importante controlar la humedad del sustrato, y que el

oxígeno se encuentre disponible para facilitar la respiración y la temperatura debe ser la adecuada. En esta etapa se distinguen tres procesos importantes:

a. **Etapa de imbibición de la semilla:** la tasa respiratoria aumenta debido a la absorción de agua hacia el interior de la semilla.
b. **Etapa de germinación:** la absorción de agua se reduce llegando a detenerse y se activan las rutas metabólicas para el desarrollo ideal de la planta.
c. **Etapa de crecimiento:** la radícula emerge y se reinicia la absorción de agua, incrementándose al igual que la actividad respiratoria.

7.3.2. Fase vegetativa

Luego de la emergencia se inicia el desarrollo de toda la estructura vegetativa, formándose una roseta de hojas o iniciando la formación del repollo, esto de acuerdo a la variedad, está regulado por los factores ambientales como la luz, temperatura y la fertilización, esta fase termina en la floración (Lardizabal, 2014).

7.3.3. Fase reproducción o emisión de tallo floral

El aparecimiento y elongación de los entrenudos da origen al desarrollo del tallo, la floración presenta las estructuras florales respectivas para dar luego el proceso de la fecundación del ovario; y, finalmente la fructificación, donde se producen las semillas (López y Frezza, 2022).

7.4. Requerimientos edafoclimáticos

De acuerdo López y Frezza (2022), los cambios fenológicos involucrados en los diferentes estadios de crecimiento y desarrollo dependen de las variables ambientales para la producción de lechuga.

Por parte de los requerimientos de la luminosidad requerida para la lechuga es de más de 12 horas luz, debido a que es una planta anual con fotoperiodo largo, al no existir mucha luminosidad, las hojas tienden a ser muy finas y las cabezas pierden la firmeza.(Jaramillo et al., 2014).

La lechuga se cultiva prácticamente a nivel mundial, puede ser en campo abierto y bajo cubierta plástica. Es una hortaliza que se ha adaptado al clima frío, posee cierta tolerancia a heladas o bajas de temperatura no muy drásticas en sus primeros estadios, al acercarse la cosecha presenta mayor susceptibilidad a las bajas de temperatura drásticas, pudiendo ocasionar quemaduras de las hojas externas, siendo expuestas a ataques de enfermedades. El rango de temperatura ideal de crecimiento está entre 15 y 18°C; mientras que la temperatura mínima es de 12°C, bajo esta temperatura la planta no crece (Saavedra et al., 2017).

Tabla 5.

Temperaturas óptimas para el crecimiento de la lechuga

Etapa	Condición	Temperatura (°C)
Germinación	Óptimas	15 – 20
	Máximas	25 – 30
	Mínimas	3 – 5
Crecimiento (almácigo)	Óptima diurna	15
	Óptima nocturna	10
Crecimiento (etapa vegetativa)	Óptima diurna	14 – 18
	Óptima nocturna	5 – 8
Formación de cabeza	Óptima diurna	10 – 12
	Óptima nocturna	3 – 5

Nota: Tomado y adaptado de López y Frezza (2022)

La lechuga se cultiva en diferentes tipos de suelo, como los suelos francos, franco – arenosos, franco – arcillosos y suelos orgánicos, se desarrolla de mejor manera en suelos franco – arenosos y franco – arcillosos, con una buena cantidad de materia orgánica, suelos con un buen drenaje, con una retención de humedad excelente, el pH óptimo para este cultivo está entre 6,5 y 7,5; bajo estos parámetros existe la posibilidad de un pobre desarrollo y buen crecimiento afectando su productividad (Jaramillo et al., 2014).

7.5. Requerimiento hídrico de la lechuga

Este cultivo requiere altos consumos de agua, esto debido a que su cabeza está conformada entre el 80 y 95 % de este líquido. La duración y frecuencia dependen de la etapa de desarrollo de la lechuga, al tener una raíz poco profunda, los aportes de riego deben ser frecuentes (Jaramillo et al., 2014).

La lechuga es muy sensible al estrés hídrico. Independientemente del tipo de riego utilizado, la calidad y el rendimiento de los cultivos se verán afectados si se retrasa el riego o si la humedad del suelo cae a valores muy bajos. El efecto más obvio del estrés hídrico será la reducción del tamaño y el engrosamiento de las hojas de lechuga. La evapotranspiración (ET) del cultivo estará determinada por factores propios del clima de la zona y aspectos específicos relacionados con la variedad, período fenológico, densidad de plantación y manejo del cultivo. (Saavedra et al., 2017).

7.5.1. Coeficiente de cultivo

La demanda del cultivo (ETc) según Saavedra et al. (2017) mencionan que es necesario multiplicar el término ETo por el valor del coeficiente de cultivo (Kc) para el tipo, variedad y densidad de plantación de la lechuga. Existen varias fuentes que reportan coeficientes de cultivo, aunque el propio productor puede validar y ajustar sus propios Kc de acuerdo con su experiencia y manejo específico. El coeficiente de cultivo FAO para lechugas es 0,7 para la etapa inicial, 1,00 para la etapa media y 0,95 para la final.

7.6. Tipos de sistema de riego

Los tipos de sistemas de riego se relacionan a las diferentes formas de aplicar agua a los cultivos para cubrir sus necesidades hídricas. Se clasifican según cómo y por donde se distribuye el agua.

7.6.1. Goteo

Se le denomina riego gota a gota. Es un tipo de riego de forma localizada debido a que solamente humedece una porción específica de suelo, siendo suficiente para un buen desarrollo del cultivo también se lo denomina de alta frecuencias, permitiendo regar desde una a varias veces por día, algunos o todos los días, teniendo en cuenta el tipo de suelo y las necesidades hídricas del cultivo, dando la posibilidad de efectuar riegos periódicos y reduciendo claramente el peligro del estrés hídrico (Liotta et al., 2015).

7.6.2. Aspersión

Este sistema de riego se efectúa a presión dando lugar a una lluvia uniforme cuyo objetivo es la infiltración de agua en el mismo punto donde caen las gotas. A través de este sistema se puede producir una lluvia uniforme que se distribuye sobre toda la parcela (Lagos et al., 2022). Para López et al. (2024), el riego por aspersión es muy poco utilizado, pero contribuye al uso eficiente de agua con un ahorro del 55% en comparación con el riego superficial o por gravedad.

7.6.3. Gravedad

El riego por gravedad es un sistema de riego donde el agua se desplaza sobre la superficie del suelo aprovechando la pendiente natural del terreno, sin requerir bombas ni presión artificial. El movimiento del agua ocurre solo en acción de la gravedad. El agua proviene de una fuente ya sea de (canal acequia, río o reservorio) hacia el terreno agrícola y se distribuye a lo largo del terreno aprovechando los desniveles, cubriendo de manera total o parcialmente el suelo donde están los cultivos (Lagos et al., 2022).

7.6.4. Inundación

Este tipo de riego se basa en un sistema superficial, tradicional y con poca tecnificación, se utiliza especialmente en cultivos de arroz, este tipo de riego se utiliza anegando el suelo por un cierto período de tiempo (entre 4 y 5 días). El agua se distribuye de forma superficial sobre el terreno cultivado y se procede a inundar totalmente o en partes (Liotta et al., 2015).

7.6.5. Nebulización o Micro aspersión

Es una técnica de riego localizado donde el agua se pulveriza en micro gotas, más pequeñas que el sistema de riego aspersión, lo que permite humedecer el aire y la superficie de las plantas sin saturar el suelo, manteniendo la humedad en los sustratos, está técnica es ideal para las piloneras y semilleros. La uniformidad del riego es de un 90% y eficiencia del 85% (Manuel López et al., 2024).

7.7. Estrategia de riego

Al existir un déficit de agua en el suelo es importante aplicar el riego, evitando el déficit de agua y el agotamiento permisible del suelo, mediante las necesidades brutas del riego. Su objetivo principal es maximizar la productividad del cultivo, evitando el desperdicio de agua y reduciendo los efectos negativos como la erosión, salinización del suelo o enfermedades radiculares. (Moreno, 2022)

7.8. Riego deficitario

El riego deficitario puede provocar desórdenes en el crecimiento de los cultivos originando situaciones de estrés en la planta. Además, constituye una estrategia implementada a nivel mundial para la conservación de recurso hídrico y al incremento de la eficiencia en el uso del agua dentro del sector agrícola. Los efectos de este sistema de riego en las plantas es causar estrés hídrico, reducción en la absorción de agua, marchitamiento, reducción de la fotosíntesis y crecimiento y disminución de rendimientos (Ghalkhani et al., 2023).

7.9. Riego en el cultivo de lechuga

El requerimiento de agua que necesita el cultivo de lechuga dependerá principalmente de la capacidad de retención que tiene el suelo, la precipitación presente en el lugar de establecimiento del cultivo y la tasa de evaporación. El riego en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) debe ser periódico y uniforme, manteniendo el suelo constantemente húmedo, pero sin encharcamientos, ya que así sus raíces son superficiales, se recomienda el riego por goteo o aspersión para aplicar agua directamente con una lámina de 50-60 cm por ciclo. Es vital evitar el estrés hídrico para prevenir enfermedades y asegurar la calidad (Saavedra et al., 2017).

7.10. Riego por goteo en el cultivo de lechuga

El riego por goteo es una técnica que facilita la disponibilidad y la aplicación eficiente de agua a los cultivos. El riego por goteo es el método más eficiente y recomendado para diferentes tipos de cultivo de hortalizas, en especial la lechuga. Esto porque se suministra el agua directamente a la zona radicular, en cantidades controladas y de forma frecuente optimizando el uso del recurso hídrico y mejorando la calidad y el rendimiento del cultivo (Liotta et al., 2015)

7.11. Procesos de Evapotranspiración

7.11.1. Evaporación

La evaporación es el proceso donde el agua que se encuentra en estado líquido pasa al estado de vapor. Este fenómeno tiene lugar en lagos, ríos, caminos, suelos y sobre la vegetación mojada. Para que ocurra este proceso se necesita energía donde la radiación solar directa y la temperatura ambiental del aire actúan directamente en este proceso (Allen et al., 2006).

7.11.2. Transpiración

La transpiración consiste en la salida del vapor del agua líquida contenida en los tejidos de las plantas hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua en forma de vapor preferentemente a través de los estomas. Esta vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, siendo la apertura estomática quien controla el intercambio de vapor con la atmósfera (Allen et al., 2006).

7.11.3. Evapotranspiración (ET)

De acuerdo a Hernández y Santana (2019), indican que tanto la evaporación como la transpiración ocurren de manera paralela y no se puede diferenciarlas tan fácilmente. Además, la disponibilidad de agua en los estratos superficiales acompañada de la evaporación del suelo cultivado es determinada principalmente por la cantidad de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo.

Durante las primeras fases del cultivo, el agua se evapora directamente del suelo, pero mientras el cultivo continúa su desarrollo y cubre totalmente el suelo, el proceso de la transpiración se convierte en la causa principal de pérdida de agua. En el momento de la siembra, casi el 100 % de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90 % de la ET ocurre como transpiración. La evapotranspiración se expresa

normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esto expresa la cantidad de agua que se pierde de una superficie cultivada en unidades de altura de agua (Allen et al., 2006).

7.11.4. Factores que afectan la Evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y las condiciones ambientales son varios de los factores que afectan el proceso de evapotranspiración. Variables climáticas (65-70%) dentro de esta incluye la radiación solar con un 30 % siendo el principal impulsor del proceso, la temperatura de aire, con un 15-20%, humedad atmosférica 10-15%velocidad del viento que incide en un 5-10%. Factores del cultivo (20-25%) comprende el tipo del cultivo, en el manejo de la etapa del desarrollo y el grado de cobertura del suelo. Finalmente, el manejo y condiciones ambientales que indican el (5-10%) de salinidad y la fertilidad, que afectan a la absorción del agua, uso de fertilizantes que pueden alterar el equilibrio de la planta. (Allen et al., 2006).

7.11.5. Conceptos de evapotranspiración

De acuerdo a Allen et al. (2006) indican que la evapotranspiración envuelve tres diferentes definiciones: la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc.) y la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc). Ver Tabla 6.

Tabla 6.

Conceptos de evapotranspiración

Evapotranspiración de cultivo de referencia (ETo)	Ocurre sin restricciones de agua, estudia la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independiente del tipo, desarrollo del cultivo y prácticas de manejo.
Evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar (ETc)	Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades con buena fertilización, desarrollado en parcelas limpias y bajo óptimas condiciones de suelo y agua.
Evapotranspiración de cultivo bajo condiciones no estándar (ETc)	Referido a la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan bajo condiciones ambientales y manejo diferente a las condiciones estándar como presencia de plagas y enfermedades, salinidad de suelo, baja fertilidad, limitación o exceso de agua, reduciendo la ET de las plantas.

Nota: Tomado de (Allen et al., 2006).

7.11.6. Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) constituye un valor adimensional que refleja la variación en la extracción de agua al suelo por parte de la planta, desde la siembra hasta la cosecha por efecto de la evaporación y la transpiración, extrae agua del suelo. Este coeficiente proporciona información sobre el grado de cobertura que tiene el cultivo que se pretende evaluar su consumo de agua, los factores como las características biológicas del cultivo como por ejemplo fecha de siembra, el ritmo de desarrollo del cultivo, la duración del periodo vegetativo, las condiciones climáticas y la frecuencia de lluvias inciden en los valores Kc; además, varía por la condiciones climáticas y las fases del periodo vegetativo; es decir, desde la fase inicial, la fase de desarrollo y la fase final (Carcasi, 2022).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula

Ho: El efecto de las diferentes frecuencias de riego por goteo no afectan el rendimiento agronómico en el cultivo de lechuga.

8.2. Hipótesis alternativa

Ha: El efecto de las diferentes frecuencias de riego por goteo afectan el rendimiento agronómico en el cultivo de lechuga.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, barrio Santa Rosa de Pichul. Las coordenadas geográficas donde se implementó el ensayo son las siguientes: 0° 56′ 3″ latitud sur y 78° 38′ 28″ longitud oeste con una altitud de 2825 msnm. La zona del barrio cuenta con alrededor de 162 viviendas y una población de 927 habitantes.

9.1. Características edafoclimáticas de la zona de ensayo

Los parámetros climáticos constituyen variables meteorológicas que se miden a lo largo del tiempo. En el barrio Santa Rosa de Pichul, cercano a Latacunga el clima se caracteriza por ser frío y húmedo con temperaturas medias anuales en la zona con 12 °C a 14,5 °C. Humedad relativa alta de (59 %), y predomina días nublados, la neblina y riego de precipitaciones especialmente lluvias, lloviznas (Tandalla, 2012). Esta zona alta se distingue por presentar una alta diversidad de microclimas, donde las temperaturas nocturnas bajan significativamente y el uso del consumo del agua es principalmente doméstico (Tandalla, 2012).

Tabla 7.

Características edafoclimáticas de la zona de estudio

Temperatura media	14,5 °C
Humedad relativa	59 %
Precipitación	5,6 mm
Velocidad de viento	4 m/s

Nota: Datos obtenidos de la Estación Meteorológica H0792 Rumipamba – Salcedo

Figura 1.

Ubicación del área de investigación



Nota: Tomado de Google Earth con las coordenadas geográficas registradas

9.2. Modalidad básica de investigación

9.2.1. Experimental

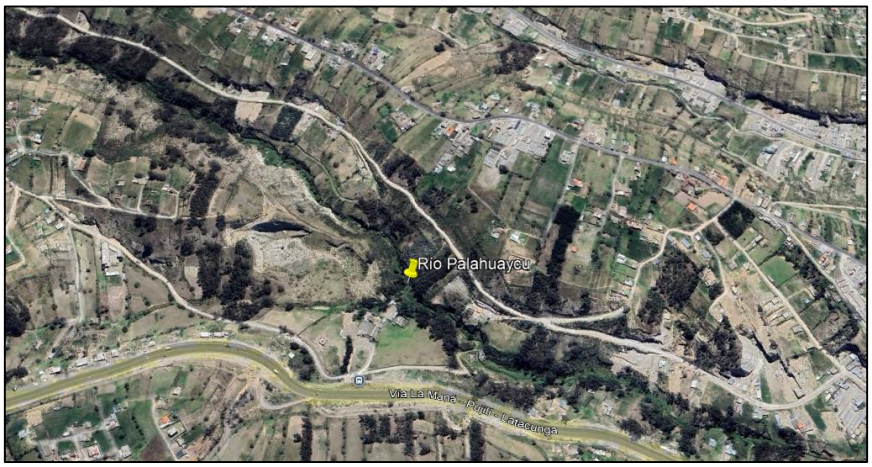
Esta investigación es experimental debido a que consiste en inducir a un objeto de estudio o un grupo de individuos en determinadas condiciones, tratamientos para observar los efectos o reacciones producidas. En la presente investigación la propuesta fue generar tres frecuencias de riego por goteo en el cultivo de lechuga para evaluar algunas variables dentro del rendimiento agronómico y comparar los datos obtenidos para obtener los resultados propuestos Guevara et al. (2020).

9.3. Sistema de Riego Junta del Barrio Santa Rosa de Pichul

La junta de riego del Barrio Santa Rosa de Pichul obtiene el recurso hídrico mediante un sistema de bombeo que opera con dos bombas sumergibles y dos bombas estacionarias. El agua proviene de las vertientes de la Quebrada Palaguaycu, las cuales son de origen subterráneo y salen a la superficie atravesando suelos y mantos rocosos que contienen compuestos orgánicos e inorgánicos, arrastrados o disueltos durante todo su recorrido, es indispensable realizar muestreos para realizar análisis físico, químico y bacteriológico del agua de las vertientes, y realizar aforos para calcular el caudal captado en cada vertiente, con el objetivo de conocer la calidad y cantidad de las fuentes de abastecimiento (Tandalla, 2012).

Figura 2.

Imagen de la vertiente del río Palaguayco



Nota: Tomado de Google Earth

9.4. Tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron los presentados en la tabla 8. El volumen de riego fue variante, debido a que hubo días con precipitación natural, donde no hubo la necesidad de realizar los riegos descritos en los tratamientos T2 y T3. Además de acuerdo a la evapotranspiración y el cálculo de la lámina de riego, el volumen de agua fue similar en los tratamientos descritos en la Tabla 8.

Tabla 8.

Descripción de los Tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo (lluvia local)
T2	2 riegos a la semana (Lunes y Jueves)
T3	3 riegos a la semana (Lunes, Miércoles y Viernes)

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

9.5. Diseño Experimental

Se aplicó un Diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Se consideró al campo experimental dividiéndolo en tres grupos con tres unidades experimentales (UE), cada unidad experimental está distribuida en una platabanda, esta debe tener homogeneidad sin diferencia entre unidades experimentales; por lo tanto, cada tratamiento ocurre una vez en cada platabanda, teniendo un total de 9 UE en el ensayo. El ensayo se realizó en un área de 69 m^2 y cada unidad experimental tiene 3,64 m^2.

9.6. Análisis estadístico

Tabla 9.

Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	2
Error	4
Total	6

*Nota***:** Elaborado por Santo, E. (2026)

9.7. Prueba de Medias

De acuerdo a Nanda et al. (2021) indican que la Prueba de Tukey es una herramienta estadística utilizada para determinar si la relación entre dos grupos de datos es estadísticamente significante, es decir, que es una vía para comprobar un experimento, se aplica si la interacción entre tres o más variables presenta significancia estadística entre sí. Para el análisis funcional se utilizó la prueba de Tukey al 5%, para comparación de los promedios de los tratamientos y las variables a evaluar.

9.8. Unidad experimental

La unidad experimental se constituyó con un total de 40 plantas por cada tratamiento, obteniendo un total de 360 plantas para el ensayo. Para la evaluación de las variables planteadas se eliminó las plantas del borde y se seleccionaron cinco (5) plantas por cada hilera en cada tratamiento.

Tabla 10.

Características de la unidad experimental

Descripción	Cantidad
Área total del ensayo:	69 m^2
Número de repeticiones	3
Número de camas	9
Largo de la cama	5,20 m
Ancho de la cama	0,70 m
Área de la UE	3,64 m^2
Número total de plantas:	360
Número de plantas por repetición:	90
Número de plantas por tratamiento:	40

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

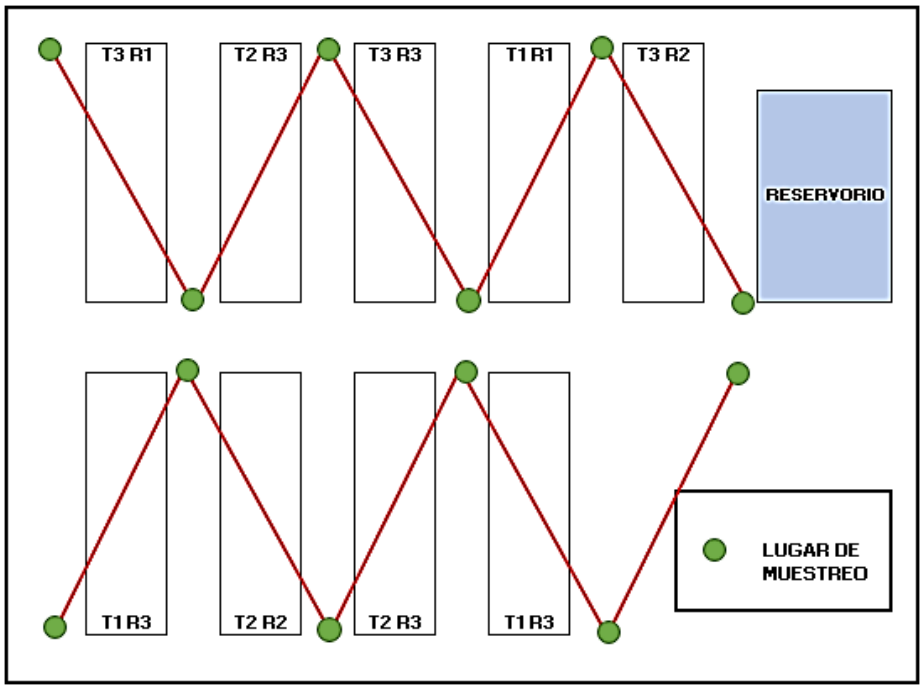
9.9. Manejo del experimento

9.9.1. Muestreo y análisis de suelo

Se procedió a realizar el muestreo de suelo tomando submuestras del terreno seleccionado en diversos puntos trazados en zigzag con una profundidad de 0,2 m. Esta muestra fue enviada al Laboratorio TotalChem para su análisis físico – químico, donde se solicitó contenido de macro y microelementos, CE, pH, % MO, DA, textura, etc. Los resultados reportados por el laboratorio fueron que el suelo del ensayo cuenta con un pH de 6,15, es decir ligeramente ácido y una conductividad eléctrica (CE) de 0,29 que manifiesta que es un suelo no salino con baja presencia de sales disueltas en el mismo.

Figura 3.

Muestreo de suelo en zig-zag para análisis físico - químico



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

9.9.2. Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se procedió a desmontar el suelo con un azadón y dejarlo lo más suelto posible, con un flexómetro se procedió a realizar las mediciones de las camas, usando estacas y piola se delimitó cada una de las unidades experimentales.

9.9.3. Trasplante

Una vez preparado el terreno, se colocó el fertilizante y con la ayuda de un rastrillo se incorporó al suelo, se procedió a humedecer el mismo y se trasplantó las plántulas de lechuga a una distancia de 0,3 x 0,25 en cada unidad experimental teniendo un total de 40 plantas por cada UE.

9.9.4. Fertilización

Para la fertilización se procedió a evaluar los resultados del análisis de suelo y de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la lechuga, se procedió a abonar el terreno utilizando el fertilizante 10 – 30 – 10 a una cantidad de 2,5 kg por UE ocupando un total de 22,5 kg; se distribuyó de manera uniforme en cada unidad experimental.

9.9.5. Control de malezas, plagas y enfermedades

Una vez establecido el ensayo se monitoreo semanalmente la presencia de malezas, procediendo a retirarlas de forma manual.

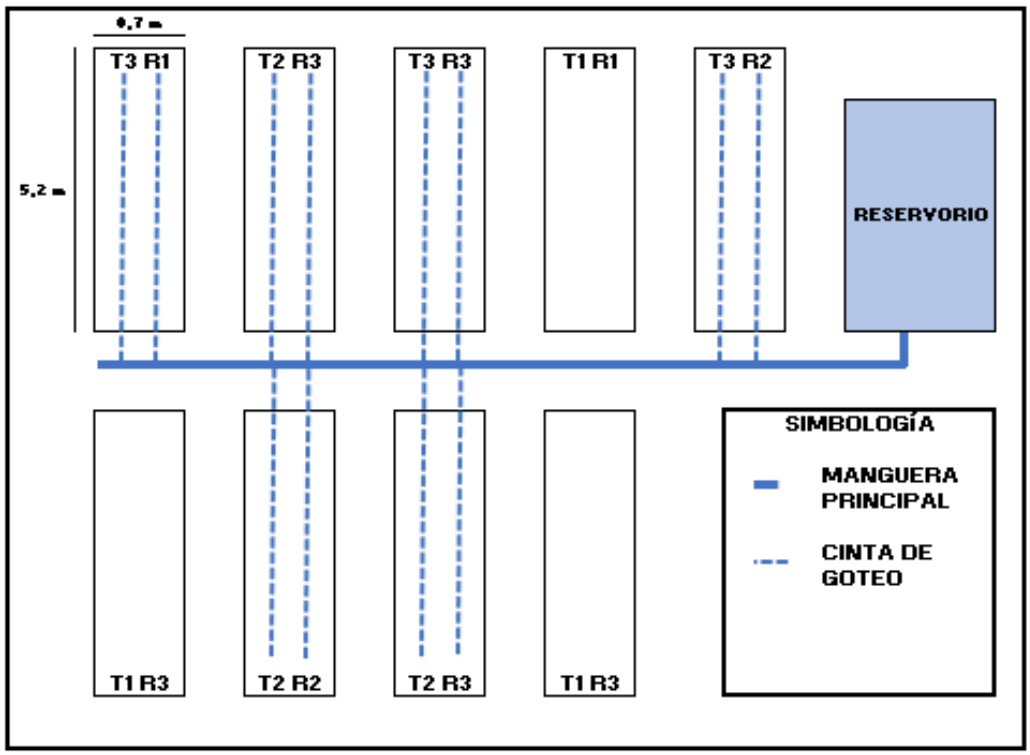
Al no observar la presencia de plagas y enfermedades de la lechuga no hubo la necesidad de hacer uso de productos químicos para su eliminación. Simplemente se utilizó un bioestimulante a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) aplicado de forma manual mediante una bomba de fumigación tipo mochila a una dosis de 0,5 cc/l de agua.

9.9.6. Distribución en la parcela

El área total del ensayo fue de 69 m^2, constó de 9 camas con medidas de 0,70 m de ancho y 5,20 m de largo, las camas tuvieron dos hileras de siembra a una distancia de 0,30 m y con una separación entre plantas de 0,25 m dando lugar a 40 plantas por tratamiento y un total de 360 plantas para el ensayo.

Figura 4.

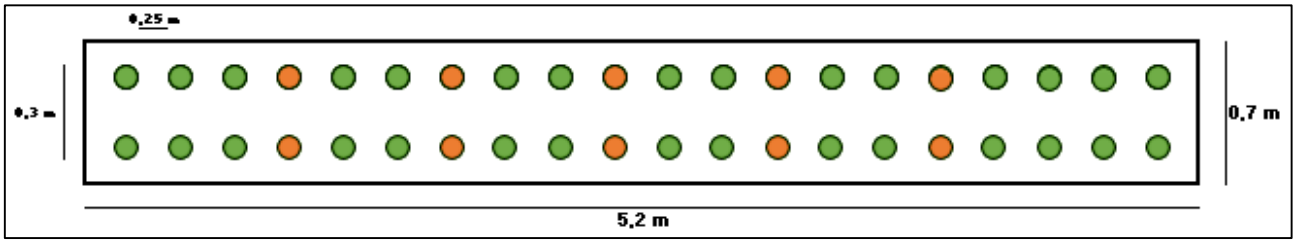
Distribución de tratamientos en la parcela



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Figura 5.

Distribución y dimensiones en la unidad experimental



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026). Selección de 10 plantas seleccionadas de cada hilera para la toma de datos respectivos.

9.9.7. Componentes del sistema de riego

a. Reservorio y bomba

El volumen del tanque de reserva es de 25800 m^3, siendo utilizado para el suministro de agua de la Junta de Riego del Barrio Santa Rosa de Pichul, para su abastecimiento, cuenta con un sistema por bombeo compuesto por dos bombas sumergibles y dos bombas estacionarias, toma el agua de las vertientes de la Quebrada Palaguaycu en un horario asignado los días lunes, miércoles y viernes, provocando que el reservorio se encuentre lleno. La bomba es de la marca EMPOT con un voltaje de 110-120V, es una bomba de agua de 0,5 HP de capacidad, tiene una velocidad de 3450 rpm y una capacidad de bombeo de 35 litros por minuto, ideal para trabajos agrícolas.

b. Red primaria y secundaria

El sistema de riego está compuesto de la tubería principal de 1 ½ pulgadas que va desde la bomba, de ahí van 12 adaptadores Flex 1 ½ pulg, 12 válvulas compactas, 9.20 de tubería Flex de calidad presión = 80 psi día = de 1 ½ pulgadas, 62.40 metros de cinta de goteo a 20 cm marca dripline 16mm, 12 conectores secundarios de 16mm x 16mm de anillo, 1 ½ fin un tapón de 1 ½.

c. Cinta de goteo

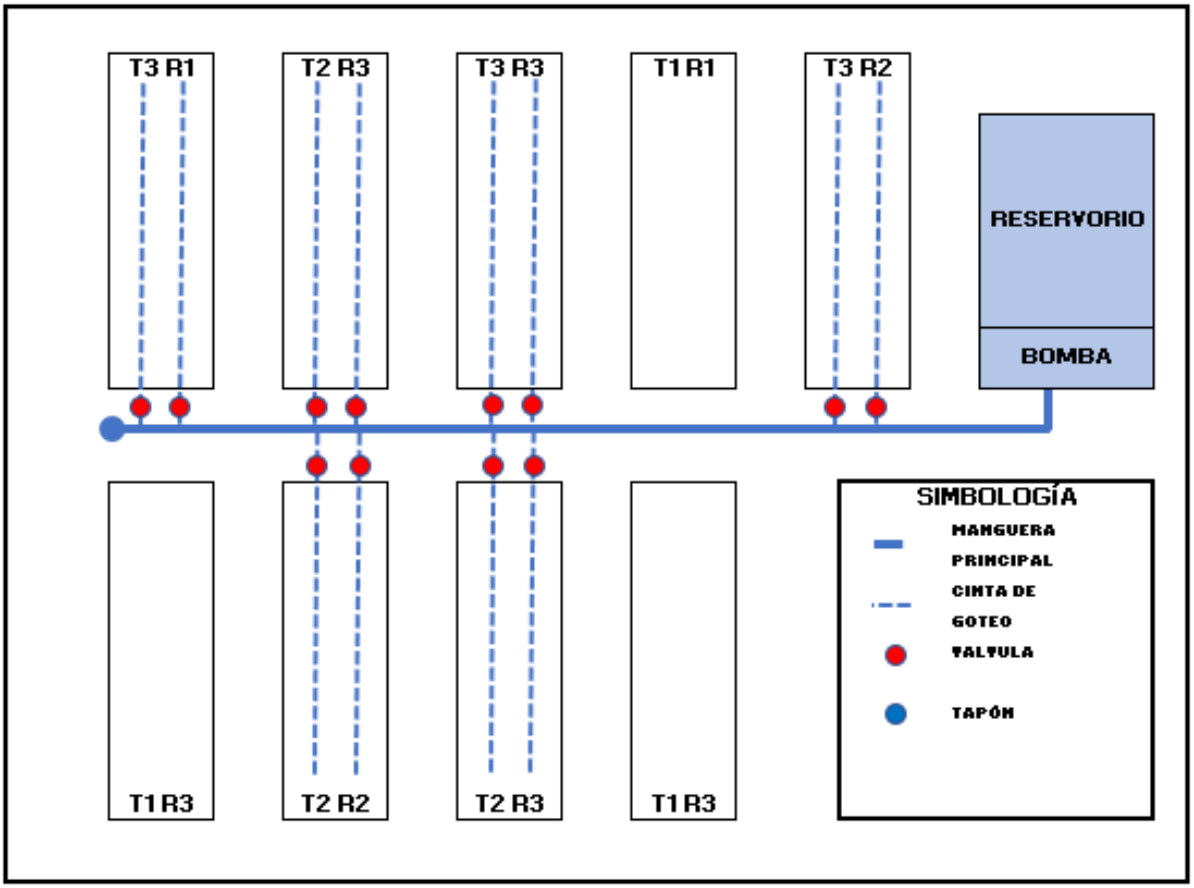
En cada platabanda se colocó cintas de goteo marca dripline de 16 mm colocadas en dos hileras con una separación de 20 cm entre goteros y entre laterales 30 cm. Es decir, tiene 2 líneas de goteo por cada unidad experimental de 5,20 metros de largo para un total de 10,40 metros por tratamiento, con un caudal de 2 litros por 10 minutos.

9.9.8. Manejo del sistema de riego

El sistema de riego es compuesto por una bomba que distribuye el agua mediante una manguera de 4 pulgadas hacia cada unidad experimental para su salida a las cintas de goteo. Se procedió a regar de acuerdo a los tratamientos establecidos en cada una de las unidades experimentales.

Figura 6.

Distribución y componentes del sistema de riego



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

9.9.9. Parámetros de riego

Los parámetros que se evaluaron están relacionados con la cantidad de agua y el tiempo de riego, con el fin de obtener un riego eficiente que permita expresar la máxima productividad de la lechuga, siempre y cuando se conozca las necesidades hídricas del cultivo en el sector.

a. **Evapotranspiración de Referencia (ETo)** La evapotranspiración de referencia (ETo) es un parámetro agrometeorológico de gran importancia para la agricultura, en el presente estudio se calculó partir de la ecuación propuesta por (Oudin et al., 2005), donde:

$$PE = \frac{R_e}{\lambda}\frac{T_a + K_2}{K_1} \quad si\ T_a + K_2\ > 0\ de\ lo\ contrario\ PE = 0$$

Donde:

PE: Evapotranspiración potencial para una radiación solar de cielo despejado (mm/d).

Re: Radiación solar extraterrestre (MJ/m²/d)

λ: Flujo de calor latente (2,45 MJ/Kg)

ρ: Densidad del agua (kg/m^3)

Ta: Temperatura media diaria del aire (°C)

K1 y K2: Parámetros de ajuste, en un caso general K1~100 y K2~5.

b. Evapotranspiración del Cultivo o Real (ETc).- Este concepto está referido a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración. La necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

Para determinar la evapotranspiración del cultivo de lechuga, se utilizó la ecuación propuesta por Allen et al. (2006):

$$ETc\left(\frac{mm}{día}\right) = ETo\ x\ Kc$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc: Coeficiente de cultivo de la lechuga, asumiendo los valores de coeficiente de los cultivos de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, y en cierta medida con la velocidad del viento y la humedad.

c. Coeficiente de cultivo (Kc).- El Kc incorpora las características del cultivo y lo efectos promedio de la evaporación del suelo. Se determina mediante la identificación de las etapas de desarrollo del cultivo y duración, se ajusta los valores de Kc seleccionados según la frecuencia de riego o lluvia de cada etapa y se construye la curva del coeficiente del cultivo (Allen et al., 2006).

Tabla 11.

Valores de coeficiente único del cultivo Kc para lechuga

Cultivo	Kc ini	Kc medio	Kc final	Altura máx. (m)
Lechuga		1,00	0,95	0,3

Nota: Tomado y adaptado de Allen et al. (2006)

d. Precipitación efectiva (PE).- La lluvia constituye un alto porcentaje para el almacenamiento hídrico en el suelo, pero parte de esta precipitación, solamente una parte es disponible para el desarrollo de la planta, debido a que la otra parte se pierde por percolación, escorrentía o evaporación (Vásquez et al., 2017).

Tabla 12.

Precipitación efectiva

Incremento de la precipitación (mm)	% de la precipitación efectiva
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
Más de 155	5

Nota: Tomado de (Vásquez et al., 2017)

e. Lámina neta.- Se refiere la cantidad de agua que realmente necesita el cultivo, descontando la precipitación efectiva

$$Ln = ETc - Pe$$

Donde,

Ln: Lámina neta

ETc: Evapotranspiración del cultivo

Pe: Precipitación efectiva

f. Lámina bruta o Lámina de aplicación.- La lámina bruta considera la eficiencia del Sistema.

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

Donde,

Lb: Lámina bruta

Ln: Lámina neta

E: Eficiencia de aplicación

9.9.10. Toma de datos

La toma de datos se realizará cada 15 días para registrar en un cuaderno de campo cada una de las variables a evaluar. El registro se basará en la medición y la observación directa de los fenómenos a investigar.

9.9.11. Tabulación de datos

Para la tabulación de los datos se procedió a realizar tablas en Microsoft Excel donde se ordenaron los datos para cada una de los parámetros y variables a evaluar.

Los datos se ingresaron y analizaron estadísticamente utilizando el software Infostat versión estudiantil 2017, donde se aplicó el ANOVA (Análisis de Varianza) para determinar la significancia estadística de los tratamientos.

9.10. Variables a Evaluar

9.10.1. Porcentaje de supervivencia al trasplante

Esta variable se evaluó contando el total de plantas por tratamiento luego de 15 días después del trasplante y se calculó mediante una regla de tres para determinar el porcentaje de supervivencia:

$$\%\ supervivencia = \frac{Plantas\ muertas}{Plantas\ totales}\ x\ 100$$

9.10.2. Altura de planta (cm)

Se evaluó esta variable tomando en cuenta el número de plantas por cada tratamiento, cada 15 días utilizando un flexómetro se midió la altura de las plántulas desde la base hasta el ápice u hoja más alta. Los datos obtenidos se registraron en el libro de campo.

9.10.3. Diámetro de repollo (cm)

Para medir esta variable se procedió a utilizar una cinta métrica, donde a partir de la aparición del cogollo se tomó datos cada 15 días. Los datos se registraron en el libro de campo

9.10.4. Peso del repollo (Kg)

Para evaluar esta variable, se pesó al momento de la cosecha individualmente cada repollo con la ayuda de una balanza digital por cada tratamiento, evaluando las diferentes frecuencias de riego.

9.10.5. Compactación del repollo

Para evaluar esta variable se procedió a tomar diez repollos al momento de la cosecha y de acuerdo a la escala propuesta por (Valenzuela et al., 2014), como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13.

Escala de valoración para compactación de repollo de lechuga

ESCALA	DESCRIPCIÓN
1	Repollo suelto, hojas blandas
2	Repollo medianamente compacto
3	Repollo muy compacto, firme y de calidad comercial

Nota: Tomado y adaptado de (Valenzuela et al., 2014)

9.10.6. Rendimiento (kg/parcela)

Esta variable se evaluó al final de la investigación, al momento de la cosecha, donde se procedió a pesar el total de 10 repollos de lechuga cosechadas por cada tratamiento. Se registró en el libro de campo para su posterior evaluación.

9.10.7. Eficiencia del uso del agua

Vásquez et al. (2017) mencionan que la determinación del uso de agua es muy importante, porque permite comparar su uso con los cultivos que se estudien en el momento; además, posibilita la comparación del uso de agua dentro de un mismo cultivo, pero en diferentes momentos o lugares, el autor mencionado establece la siguiente relación:

$$WUE = \frac{\text{Rendimiento (kg/ha)}}{\text{Agua utilizada } (m^3/\text{ha})}$$

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Efecto de diferentes frecuencias de riego en el desarrollo del cultivo

10.1.1. Porcentaje de supervivencia al trasplante

En la Tabla 14, se evidenció el porcentaje de supervivencia de las plantas de lechuga al trasplante, el ANOVA (análisis de varianza) muestra que existió diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los tratamientos. El promedio de 94,73 % de plantas vivas, evidencia que existió un gran porcentaje de permanencia de las plantas después del trasplante, por otro lado, el coeficiente de variación de 8,308 %, muestra una baja variabilidad entre los tratamientos, dado que las observaciones son muy homogéneas en promedio.

Tabla 14.

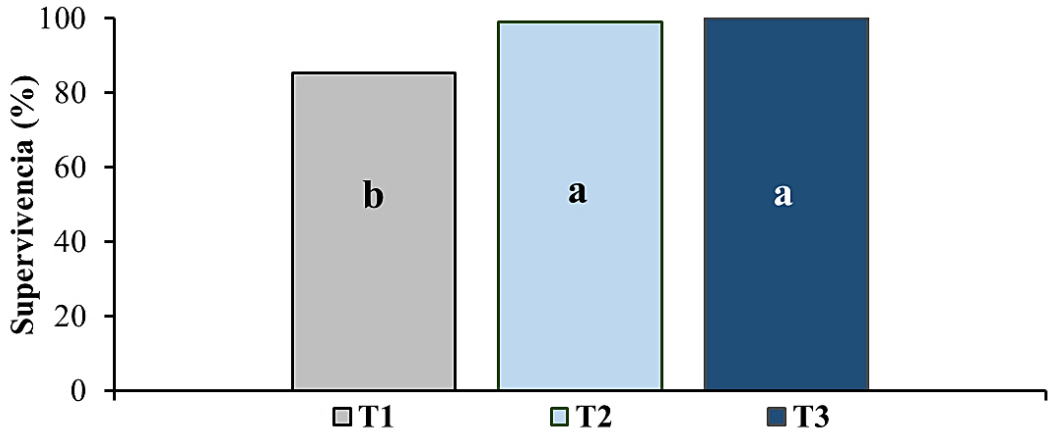
Análisis de varianza del porcentaje de supervivencia de las plantas de lechuga al trasplante

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	411,2	205,6**	14,64	0,005
Error	6	84,29	14,05		
Total	8	495,5			
Promedio (%)	94,73				
CV (%)	8,308				

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Figura 7.

Comparación de medias del porcentaje de supervivencia según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia.



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

En la Figura 7, la prueba de Tukey al 0,05 de significancia para la supervivencia de las plantas de lechuga, muestra que el T3 correspondiente al riego realizado cada tres días durante la semana es la que muestra el mejor resultado con un promedio del 100%, seguido de dos riegos semanales con 99% y finalmente el testigo con el menor número de plantas sobrevivientes cuyo valor fue de 85,18 %.

En la investigación reportada por Guerra Centeno et al. (2024)indica que las plantas de lechuga se desarrollan exitosamente en un ambiente hidropónico y dado que este sistema está compuesto por un ambiente acuático, nos permite indicar que un buen contenido de humedad permite una supervivencia alta de las plantas, ya que disminuye el estrés por trasplante. Es, por tanto, acorde con la presente investigación ya que el tratamiento con mayor humedad fue el que obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia.

La supervivencia depende además del contenido microbiológico del agua, aunque en esta investigación no se abordó la calidad del agua, futuras investigaciones podrían determinarlo para evaluar la supervivencia aún con riego, Guerra Centeno et al., 2024) mencionan que cualquier sistema productivo debería evaluar la calidad microbiana como estrategia para la seguridad alimentaria y el aprovechamiento óptimo del sistema hídrico.

10.1.2 Altura de la planta

En la Tabla 15, es posible evidenciar el análisis de varianza para la altura de las plantas, donde, se observa que a los 15 días existió una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) para los tratamientos con un valor del cuadrado medio de 7,53 cm, lo mismo ocurrió a los 30, 45, 60 y 75 días, cuyos cuadrados medios fueron altamente significativos (7,53; 8,58; 10,45; 15,94 cm, respectivamente) al $p \leq 0,01$. Este resultado evidencia que efectivamente ocurrió un efecto muy importante en la altura de acuerdo con el número de riegos en cada tratamiento durante las evaluaciones realizadas. El promedio general fue en el orden por días indicado anteriormente de 8,68; 11,22; 15,88; 20,49 y 23,23 cm, es decir hubo un crecimiento progresivo influenciado por la aplicación de riego. Por otro lado, el coeficiente de variación fue relativamente baja, lo cual indica que, los tratamientos que más influyeron en la altura tuvieron una variabilidad acorde al efecto que se produce en el desarrollo del cultivo.

Tabla 15.

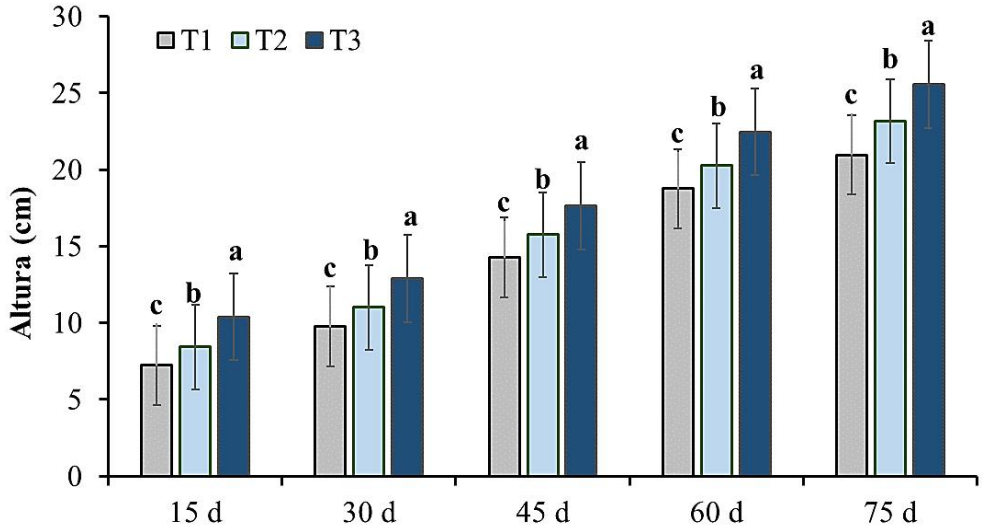
Análisis de varianza para la altura de las plantas de lechuga

Fuentes de variación	GL	CM de la Altura (cm)				
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días
Tratamiento	2	7,706**	7,5316**	8,5814**	10,45**	15,94**
Error	6	0,267	0,2627	0,2791	0,2830	0,287
Total	8					
Promedio (cm)		8,681	11,22	15,88	20,49	23,23
CV (%)		16,11	12,41	9,32	7,89	8,45

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Figura 8.

Comparación de medias para la altura de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

En la Figura 8, se evidencia que en todas las evaluaciones realizadas, el tratamiento que presentó mayor altura fue aquel de aplicación de tres riegos por semana con promedio en centímetros de 7,22; 9,75; 14,26; 18,76 y 20,96 en los 15, 30, 45, 60 y 75 días respectivamente; el segundo mejor resultado fue el de dos riegos por semanas con promedios de 8,43; 11,00; 15,75; 20,25 y 23,16 cm a los 15, 30, 45, 60 y 75 días respectivamente, el testigo fue el que

menores promedios presentó. Este resultado evidencia que la aplicación eficiente del agua de riego en el cultivo de la lechuga puede mejorar de forma importante el crecimiento y desarrollo.

Los tratamientos muestran un crecimiento progresivo sobre todo en aquellas en condiciones de riego, este comportantemente coincide con lo reportado por Velasco et al. (2016), respecto a que el crecimiento radicular se ve fortalecido por el aumento de tamaño durante su desarrollo y; por tanto, el aumento de la absorción de agua y nutrientes es más evidente.

Los resultados obtenidos son similares a otras investigaciones, por ejemplo (Simbaña-Cifuentes et al., 2025), reportaron diferencias significativas a $p \leq 0,05$ para la altura de la planta de lechuga al aplicar biol en diferentes aplicaciones de riego, obteniendo mejores resultados en riego con mayores condiciones de evapotranspiración y también lo contrario en condiciones de evapotranspiración del 50%, es decir menor crecimiento. Esta información corrobora que el riego localizado en una buena forma de dotar agua de forma eficiente a las plantas de cultivo, ya que el volumen de riego determina de forma acumulativa el crecimiento de los cultivos herbáceos y de hortalizas (Puértolas et al., 2020).

10.1.3 Diámetro del repollo

En la

Tabla 16, el análisis de varianza para el diámetro del repollo muestra que existió diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) a los 45, 60 y 75 días, con cuadrados medios de 2,918; 2,919 y 15,02 cm, respectivamente, sin embargo, en el a los 30 días existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) lo cual evidencia que existió al menos un tratamiento que presentó un promedio superior al resto. La media de acuerdo con el mismo al orden de días de evaluación de 30, 45, 60 y 75 días, muestra que el crecimiento fue progresivo con valores de 6,12; 9,32; 12,36 y 16,76, respectivamente. El porcentaje de coeficiente de variación fue relativamente bajo por cada evaluación lo que demuestra que existió una variabilidad en las observaciones, que permitió confiar en los resultados obtenidos.

Tabla 16.

Análisis de varianza para el diámetro del repollo de las plantas de lechuga

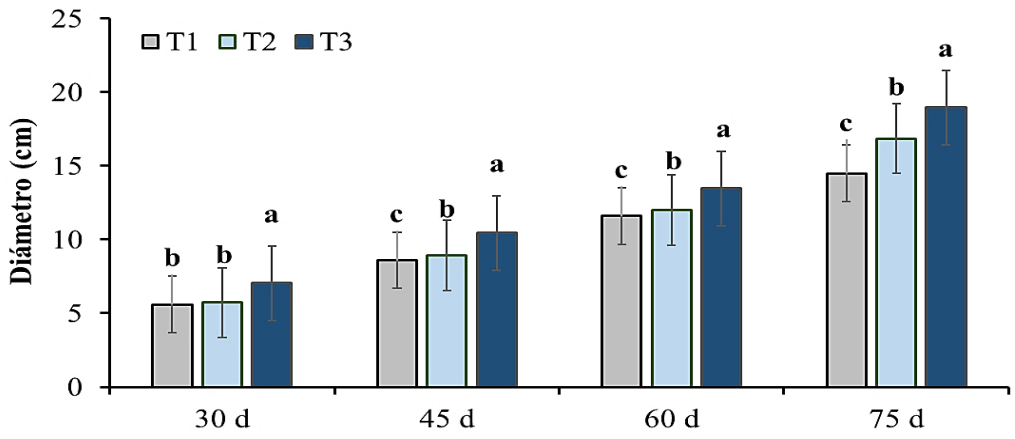
Fuentes de variación	GL	CM del Diámetro (cm)			
		30 días	45 días	60 días	75 días
Tratamiento	2	1,9383 *	2,918 **	2,919 **	15,02 **
Error	6	0,2845	0,095	0,084	0,020
Total	8				
Promedio (cm)		6,124	9,32	12,36	16,76
CV (%)		13,16	9,24	6,933	11,896

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

La comparación de medias, según Tukey al 0,05 de significancia para el diámetro de las plantas de lechuga, presentes en la Figura 9, muestran que el tratamiento de tres aplicaciones de riego fue mayor en todas las evaluaciones 7,05; 10,45; 13,47 y 18,96 cm durante los 30, 45, 60 y 75 días respectivamente; seguido de las evaluaciones realizadas para el tratamiento 2 (dos riegos), con promedios de 5,73; 8,93; 12,01; 16,84 cm, en cada evaluación, respectivamente. El diámetro fue menor en el testigo en todas las evaluaciones, excepto a los 30 días, donde fue significativamente igual al T2. Este resultado evidencia que la aplicación de riego contribuye de forma positiva al crecimiento del diámetro del repollo.

Figura 9.

Comparación de medias para el diámetro del repollo de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Existió un aumento del diámetro de repollo de forma progresiva a lo largo de cada evaluación, en su investigación basada en el cultivo de lechuga con dos tipos de agua y dosis de materia orgánica, Cocoango, (2024) informa que el agua de riego por sí solo no explica el aumento de diámetro, sino que el contenido de nutrientes en el suelo también es un factor importante a considerar. Esto nos permite entender que la aplicación de dosis de riego debe ir sumado a la aplicación de nutrientes al suelo.

10.2. Efecto de diferentes frecuencias de riego en el desarrollo del cultivo

10.2.1. Compactación del repollo

Según la Tabla 17, el análisis de varianza para la compactación del repollo muestra que existió una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos fue diferente. El coeficiente de variación de 6,82 % indica que el experimento tuvo una variabilidad general relativamente baja, para un trabajo realizado a nivel de campo, lo que demuestra un control eficiente del ensayo.

Tabla 17.

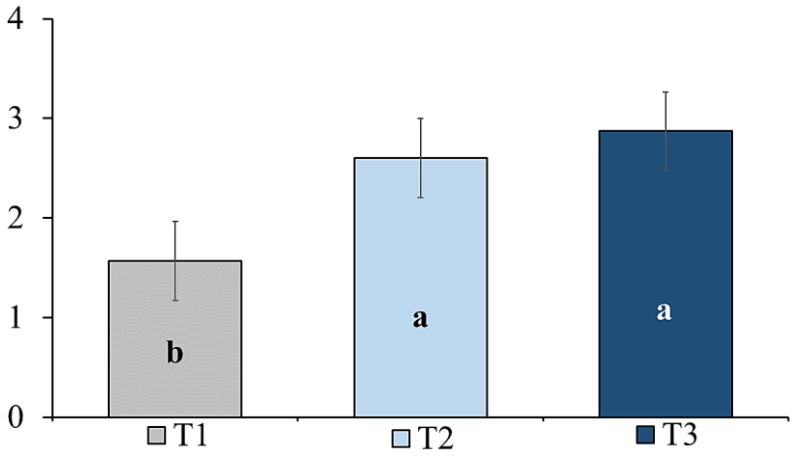
Análisis de varianza para la compactación del repollo de las plantas de lechuga

Fuente	**GL**	**SC Ajust.**	**MC Ajust.**	**Valor F**	**Valor p**
Tratamiento	2	2,83	2	1,41**	0,000
Error	6	0,15	6	0,03	
Total	8	2,98	8		
CV (%)		6,82			

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Figura 10.

Comparación de medias para la compactación del repollo de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

La Figura 10 muestra la prueba de diferencias de medias según Tukey al 0,05 de significancia para la compactación del repollo. Comparando el promedio de cada tratamiento con la escala de compactación del repollo, el resultado indica los siguiente: en el T1 correspondiente al testigo con 1,57 muestra que es un repollo suelto a medianamente compacto, con hojas blanda, también representa el menor promedio de esta variable, por otro lado el T2 y el T3, correspondientes a tratamientos con riego son estadísticamente iguales, con promedios de 2,60 y 2,87 lo cual se establece dentro de la escala como repollos medianamente compactos a muy compactos, firme y de buena calidad comercial.

Estos resultados pueden explicarse debido a la mayor disponibilidad de agua en suelos franco-arenoso, que tienen poca capacidad de almacenamiento y donde la planta reduce el gasto energético, permitiendo optimizar recursos lo que se evidencia en la formación de cabezas más densas de lechugas. Estos resultados concuerdan con la investigación de Shaxson y Barber, 2005), donde la humedad del suelo a capacidad de campo generó una optimización de la fotosíntesis y conductancia estomática, lo que se reflejó en parámetros de rendimiento de hortalizas como la compactación.

10.2.2 Peso por repollo

El análisis de varianza para el peso del repollo, de acuerdo con la Tabla 18, se observa que existió una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) entre los tratamientos, por tanto, al menos uno de los tratamientos tiene mayor peso del repollo que el resto. El promedio general fue de 0,175 kg, el cual es considerado bajo. El coeficiente de variación fue de 21,37% el cual indica que a nivel de campo existió un control adecuado de la variabilidad del ensayo.

Tabla 18.

Análisis de varianza para el peso del repollo de las plantas de lechuga

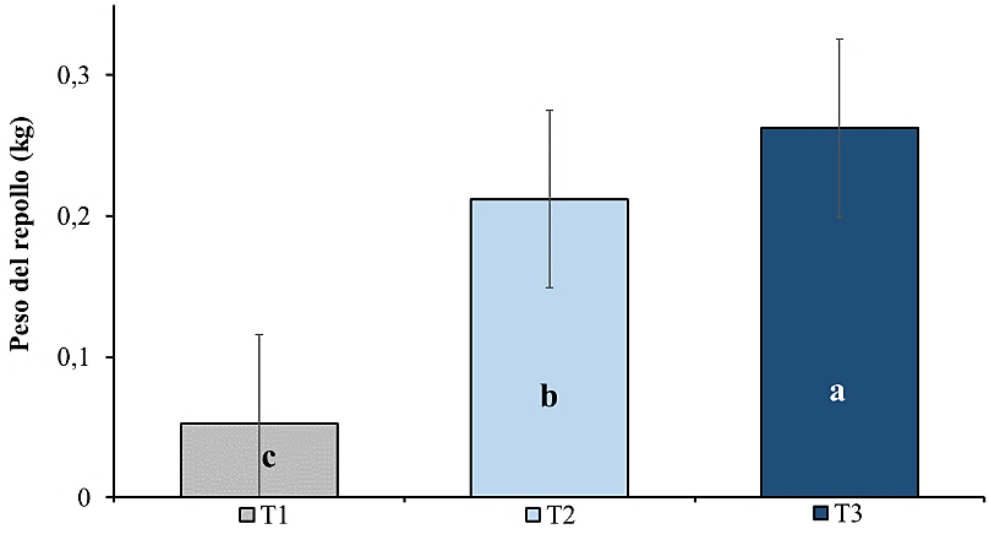
Fuente	**GL**	**SC Ajust.**	**MC Ajust.**	**Valor F**	**Valor p**
Tratamientos	2	0,023	0,012**	1644	0,000
Error	6	0,00004	0,000007		
Total	8	0,023			
Promedio (kg)	0,175				
CV (%)	21,37				

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

En la Figura 8, la comparación de medias, según Tukey al 0,05 de significancia para el peso del repollo, indica que el T3 fue el que mayor peso del repollo obtuvo con un promedio por planta de 0,26 kg, seguido del T2 con 0,21 kg por planta, el T3 (testigo) presentó el menor peso por planta con 0,052 kg por planta en promedio.

Figura 8.

Comparación de medias para el peso del repollo de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Los resultados de este estudio evidencian que la mayor frecuencia de riego influye directamente en el peso del repollo de la lechuga Este hallazgo coincide con la investigación de Sayarer et al. (2023), quienes determinaron que la frecuencia del riego influye en la acumulación de biomasa en hortalizas de hoja en condiciones ecológicas semiáridas como Latacunga. De la misma manera coincide con lo señalado por Gao (2015) en el cultivo de albahaca, donde demostraron que la frecuencia de riego por goteo afecta la calidad de la biomasa; por el contrario, la frecuencia de riego prolongada reduce la producción.

10.2.3 Rendimiento

En la Tabla 19, se aprecia el análisis de varianza el rendimiento del cultivo de lechuga, donde, se pudo evidenciar que existió una alta diferencia significativa ($p \leq 0,01$) entre los tratamiento, por tanto, se asume que al menos uno de los tratamientos en estudio presenta mayor rendimiento ante el resto. El promedio general del rendimiento fue relativamente bajo con un valor de 19498 kg/ha, por otro lado, el porcentaje del coeficiente de variación fue de 21,37 que indica un manejo adecuado del ensayo, por lo que hubo una variación manejable que permitió aceptar el resultado obtenido.

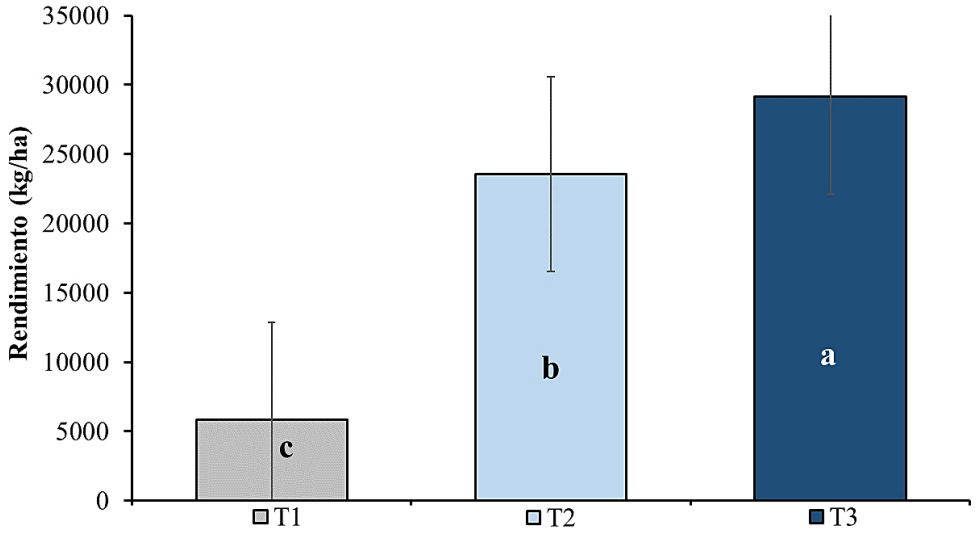
Tabla 19. Análisis de varianza para rendimiento del cultivo de lechuga

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	887256201	443628100**	9062	0,000
Error	6	293718	48953		
Total	8	887549919			
Promedio (kg/ha)	19498				
CV (%)	21,37				

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Figura 9.

Comparación de medias para el rendimiento de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

En la Figura 9, se presenta la comparación de medias del rendimiento, según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia, lo cual determinó que el T3 tuvo el mayor rendimiento con un valor de 29122 kg/ha, seguido del tratamiento T2 con 23540 kg/ha, nótese que el mayor rendimiento fueron obtenidos por los tratamientos con riego, no siendo así con el testigo, el cual fue el de menor rendimiento con 5931 kg/ha.

Los resultados de rendimiento en esta investigación determinan que, con el mismo volumen de agua de riego, pero a mayor frecuencia el rendimiento de las lechugas se ve favorecido. Esto se debe a la mayor disponibilidad de agua en el suelo (Alomari-Mheidat et al., 2024), esto permite

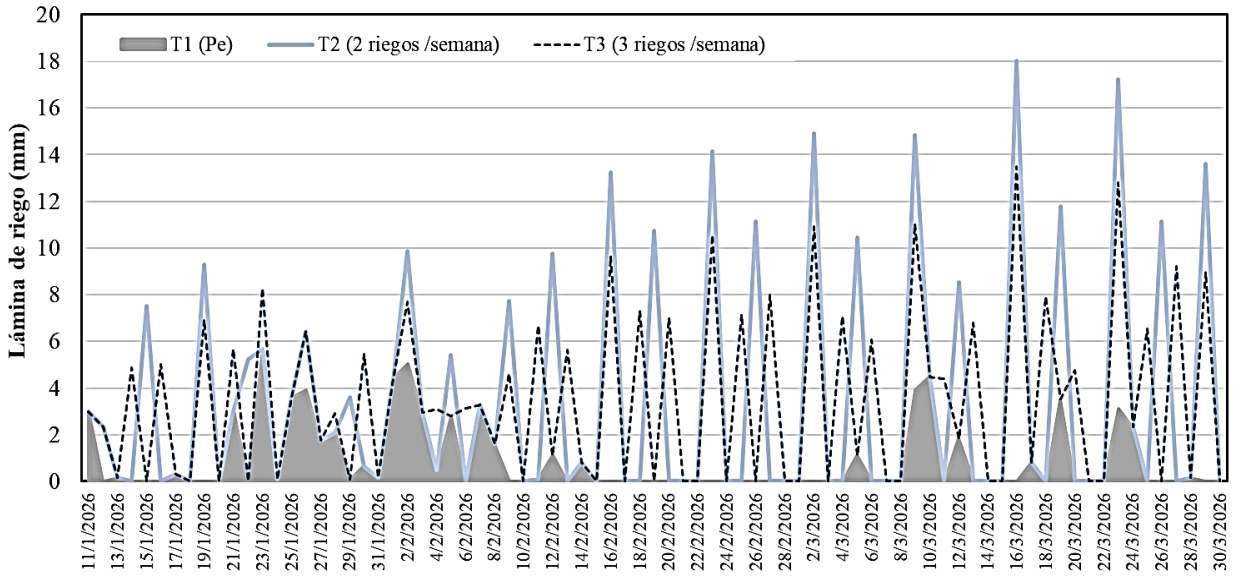
que los estomas estén abiertos lo que favorece a la fotosíntesis; como consecuencia incremento en el número de hojas, compactación del repollo y su desarrollo en altura (Ferreira França et al., 2024). Es decir, mayor calidad y producción de lechugas comerciales. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos en hortalizas de hojas como la albahaca (Sayarer et al., 2023) y lechuga (Santander et al., 2024) donde se evidencia un crecimiento uniforme y mayor rendimiento.

10.3 Eficiencia en el uso del agua en la producción de lechuga

Los resultados obtenidos en este apartado evidencian que el T1 correspondieron a las láminas de agua aplicadas exclusivamente bajo los eventos de precipitación ocurridas entre el 11 de enero y 30 de marzo del presente año, correspondieron a un total de 68,36 mm/ciclo.

Figura 10.

Láminas de Riego aplicadas al cultivo de lechuga



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

Evidenciando ausencia de precipitaciones en el periodo de desarrollo correspondiente a 18 días donde la planta fue sometida a extras hídrico lo que evidencio un bajo rendimiento. El T2 (2 riegos por semana) representó un manejo controlado con frecuencia intermedia, las láminas totales aplicadas fueron 213,33 mm más la precipitación dio como resultado 291,69 mm/ciclo. El T3 con la misma lámina de riego total que T2 determinó un mayor rendimiento; pero el agua se distribuyó en 3 riegos por semana. Estos resultados evidencian que un control adecuado de

la humedad del suelo, con baja variabilidad; aseguraron la disponibilidad hídrica mejora el rendimiento (Alomari-Mheidat et al., 2024).

En la Tabla 20, el análisis de varianza para el porcentaje de eficiencia del uso del agua muestra una alta diferencia significativa ($p \leq 0,01$) entre los tratamientos, lo que refleja que al menos uno de los tratamientos aplicados fue diferente al resto. Por otro lado, el promedio fue de 84,9 kg/m^3, lo cual indica un buen manejo en el uso del agua, corroborado por el coeficiente de variación de 13,53 % que muestra que la variabilidad del ensayo fue lo suficientemente aceptable para aceptar los resultados obtenidos.

Tabla 20.

Análisis de varianza para la eficiencia del uso del agua en la producción de lechuga.

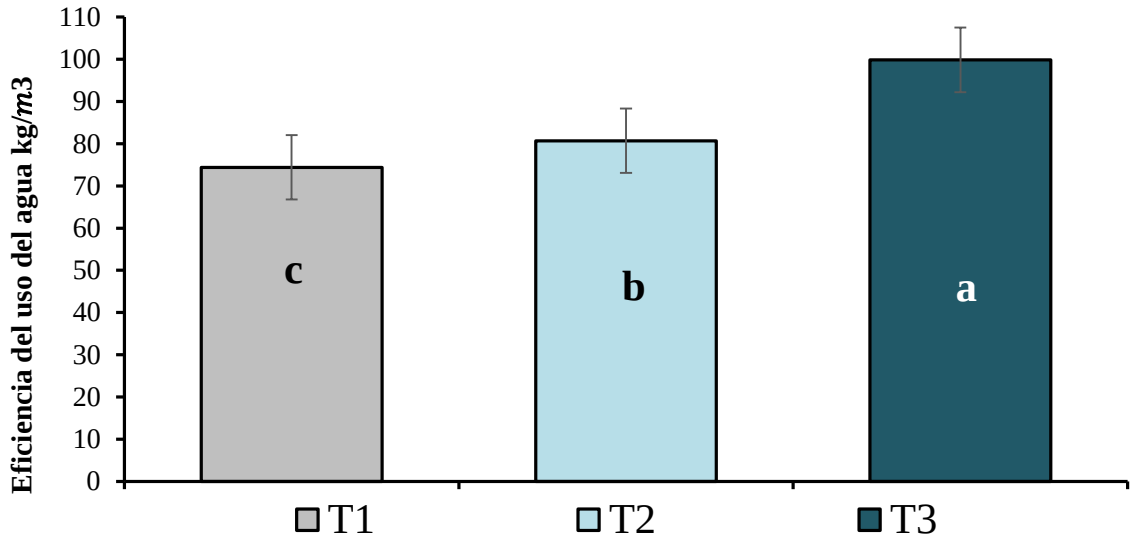
Fuente	**GL**	**SC Ajust.**	**MC Ajust.**	**Valor F**	**Valor p**
Tratamientos	2	1052	526,2**	651,7	0,000
Error	6	4,84	0,807		
Total	8	1057			
Promedio	84,99				
CV (%)	13,53				

Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

La Figura 11, muestra la comparación de medias según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia para el uso eficiente del agua en cada tratamiento. Se puede observar que el T3 fue el más eficiente ya que obtuvo el mayor valor con 99,84 kg/m^3, seguido del T2 con 80,71 kg/m^3, y finalmente el T1 con 74,41 kg/m^3, es decir el de menor eficiencia. Este resultado resalta en que el uso del agua bajo un sistema controlado para regadío favorece la eficiencia.

Figura 11.

Comparación de medias para la eficiencia del uso del agua de las plantas de lechuga según la prueba de Tukey al 0,05 de significancia



Nota: Elaborado por Santo, E. (2026)

En términos de sostenibilidad, se evidenció que las láminas totales de agua aplicada durante todo el cultivo influyen el rendimiento; pero, la programación de riego es determinante que permite mejorar la eficiencia del uso del agua. Constituyendo una estrategia clave para los agricultores de Cotopaxi. Es decir, no es necesario incrementar la cantidad de agua en los cultivos para una mayor producción de lechuga, sino optimizar su frecuencia. Resultados similares han sido reportados en varios estudios de hortalizas donde la mayor frecuencia de riego permitió mantener una humedad del suelo estable (Ncisana et al., 2024; Bwire et al., 2024)

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- Al culminar la investigación se puede concluir que las frecuencias de riego evidencian un efecto en el porcentaje de supervivencia llegando a un 94,73% de plantas vivas, mientras que la altura de plantas tuvo una diferencia progresiva con la aplicación de riego partiendo de 8,68 cm y llegando a 23,23 cm a los 75 días. Lo mismo sucede con el diámetro del repollo donde los promedios obtenidos alcanzan un crecimiento continuo en los periodos de toma de datos llegando hasta los 16,76 cm.
- Luego de evaluar las tres láminas sobre el rendimiento del cultivo, se evidenció que el tratamiento T3 presentó los mejores resultados con un peso de 0,26 kg, seguido del tratamiento T2 que alcanzó 0,21 kg; el testigo tuvo el menor peso con 0,052 kg, debido a que, solamente se regó con la precipitación en forma de lluvia del lugar. El rendimiento obtenido transformado a kg/ha fue de 26780 kg de lechuga para el mejor tratamiento.
- La eficiencia en el uso del agua, corroboró con los rendimientos obtenidos en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Latacunga, a mayor frecuencia de riego mayor eficiencia del uso del agua.

11.2. Recomendaciones

- Es importante implementar investigaciones relacionadas al manejo eficiente del recurso agua en los diferentes cultivos hortícolas que se cultivan en la provincia, importante herramienta para los pequeños y grandes horticultores de nuestra región.
- Se recomienda sugerir la implementación del manejo tecnificado del riego parcelario a nuestros productores, a sabiendas que al controlar el uso del agua hay mejores rendimientos.

12. BIBLIOGRAFÍA

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Ed.). FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f3660258-d07f-487e-b3c1-01661c83cb16/content

Alomari-Mheidat, M., Corell, M., Martín-Palomo, M. J., Castro-Valdecantos, P., Medina-Zurita, N., de Sosa, L. L., & Moriana, A. (2024). Moderate Water Stress Impact on Yield Components of Greenhouse Tomatoes in Relation to Plant Water Status. *Plants*, *13*(1), 128. https://doi.org/10.3390/PLANTS13010128

Buenrostro-Curiel, J., Montazar, A., Avilés-Marín, S. M., Escobosa-García, M. I., Brígido-Morales, J. G., Soto-Ortiz, R., Buenrostro-Curiel, J., Montazar, A., Avilés-Marín, S. M., Escobosa-García, M. I., Brígido-Morales, J. G., & Soto-Ortiz, R. (2025). Rendimiento de Lechuga (Lactuca sativa L.) Bajo Diferentes Láminas de Riego y Dosis de Nitrógeno en el Valle Imperial, California. *Terra Latinoamericana*, *43*, 1–10. https://doi.org/10.28940/TERRA.V43I.2056

Bwire, D., Watanabe, F., Suzuki, S., & Suzuki, K. (2024). Improving Irrigation Water Use Efficiency and Maximizing Vegetable Yields with Drip Irrigation and Poly-Mulching: A Climate-Smart Approach. *Water*, *16*(23), 1–16. https://doi.org/10.3390/W16233458

Cachipuendo, C., Ilbay, M., & Requelme, N. (2025). Gestión comunitaria y sostenibilidad en sistemas de riego andinos mediante indicadores de uso eficiente del agua en la agricultura. *La Granja*, *42*(2), 41–60. https://doi.org/10.17163/LGR.N42.2025.03

Carcasi, J. A. (2022). El coeficiente de cultivo (kc) en la investigación y aplicación en los cultivos andinos en el Perú. *Revista Científica I+D Aswan Science*, *2*(1), 1–5. https://doi.org/https://doi.org/10.51892/rcidas.v2i1.17

Chisaguano, E. G., & Maigua, J. A. (2022). *Respuesta del cultivo de lechuga crespa (Lactuca sativa) a la aplicación de tres láminas de riego deficitario en las terrazas de formación lenta en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi 2022*. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Chunata, K. (2024). *Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de lechuga crespa (Lactuca sativa var. crispa)* [Universidad Politécnica del Carchi]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a971c569-19d4-49e7-a00b-3ac83b72b06b/content

Cocoango, G. (2024). *Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa l.) var. Winterhaven con dos tipos de agua y tres dosis de materia orgánica en Tunshi-Espoch* [Escuela Politécnica del Chimborazo]. https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/5c4db7bd-3ffd-42c6-86b9-03cae3b81ebc/content

De Souza, A. L., Júnior, S. S., Diamante, M. S., Campos De Souza, H. L., & Moitinho Nunes, C. (2013). Comportamento de cultivares de alface americana sob clima tropical. *Revista Caatinga*, *26*(4), 123–129. https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2829

Díaz Sanjuán, L. (2011). *La Observación*. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

Ferreira França, A. C., Duarte Coelho, R., da Silva Gundim, A., de Oliveira Costa, J., & Quiloango-Chimarro, C. A. (2024). Effects of different irrigation scheduling methods on physiology, yield, and irrigation water productivity of soybean varieties. *Agricultural Water Management*, *293*, 108709. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2024.108709

Funes, I., Fernández, S., Hernández, A., Aroca, M., González, C., Arias, F., Escoriaza, G., Longone, V., Pisi, G., Martínez, L., & Uliarte, M. (2019). Elaboración de compost, té de compost y biol para su uso como fertilizantes y controladores de enfermedades en plantas. *Researchgate.Net*, 1014–1018. https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Funes-Pinter/publication/337821762_Elaboracion_de_compost_te_de_compost_y_biol_para_su_uso_como_fertilizantes_y_controladores_de_enfermedades_en_plantas/links/5dec0e8092851c83646b6819/Elaboracion-de-compost-te-de-

Gao, P. (2015). *Agronomic and physiological impacts of irrigation frequency on green basil (Ocimum basilicum L.)*. https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/77147/1/2015GAOMSc.pdf

Ghalkhani, A., Golzardi, F., Khazaei, A., Mahrokh, A., Illés, Á., Bojtor, C., Mousavi, S. M. N., & Széles, A. (2023). Irrigation Management Strategies to Enhance Forage Yield, Feed Value, and Water-Use Efficiency of Sorghum Cultivars. *Plants 2023, Vol. 12, 12*(11). https://doi.org/10.3390/plants12112154

Guerra Centeno, D., Guerra Burmester, P., Valdez Sandoval, C., & Ríos, L. (2024). Supervivencia y Productividad de albahaca (Ocimum Basilicum) y Lechuga (Lactuca Sativa) en Torres Hidropónicas Artesanales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(1), 3987–3989. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I1.9748

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO: Revista Científica de La Investigación y El Conocimiento*, *4*(3), 163–173. https://doi.org/0.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Hernández, J., & Santana, L. (2019). Evapotranspiracion Penman-Monteith. *Agro Cabildo*, *12*(4), 1–77. https://www.agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/evapotrans2008.pdf

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014a). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014b). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A.

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2024). *Boletín Técnico INEC 2024*. https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml;jsessionid=KcouaNZwpi4T-ZlIjlqdLqWa.undefined

Jaramillo, J., Aguilar, P., Espitia, E., Tamayo, P., Argüello, O., & Arroyave, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/Ver_documento_13758.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lagos, O., Manríquez, Ca., Contreras, J., Valdivia, W., Souto, Ca., Pérez, A., & Murillo, H. (2022). *Manual de Sistemas de Riego y Manejo Hídrico de cultivos*. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32796/MANUAL.pdf

Lara, J. (2006). *Balance nutrimental del hierro con respecto a otros nutrimentos en frijo (Phaseolus vulgaris L.)* [Universidad Autónoma de Nuevo León]. http://eprints.uanl.mx/22486/1/FA%201020151976.pdf

Lardizabal, R. (2014). *Manual de producción de lechuga* (U.- FHIA, Ed.; Primera Ed, Vol. 1).

Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olguín, A. (2015). *Manual de Capacitación: Riego por goteo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/RIEGO POR GOTEO.pdf

López, M., & Frezza, D. (2022a). *Lechuga* (1era Edición). Ediciones INTA. https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kirschbaum/publication/364305743_Lechuga_Fichas_tecnicas_regionales_Tucuman/links/6344b0702752e45ef6a9a038/Lechuga-Fichas-tecnicas-regionales-Tucuman.pdf

López, M., & Frezza, D. (2022b). *Lechuga* (1ra. Edici). Ediciones INTA. https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kirschbaum/publication/364305743_Lechuga_Fichas_tecnicas_regionales_Tucuman/links/6344b0702752e45ef6a9a038/Lechuga-Fichas-tecnicas-regionales-Tucuman.pdf

López, M., Ramírez, E., Rodríguez, H., Moreno, Y., Rodríguez, M., & Segura, M. (2024). La importancia de los sistemas de riego para el uso eficiente del agua en la agricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 1–20. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/12587/18210/

Lozano-Parra, J. (2018). Recursos hídricos. Disponibilidad, variabilidad y gestión. *Revista de Geografía Norte Grande*, *2018*(71), 5–8. https://doi.org/10.4067/S0718-34022018000300005

Nanda, A., Bhusan Mohapatra, B., Prasada Kumar Mahapatra, A., Prasad Kumar Mahapatra, A., & Prasad Kumar Mahapatra, A. (2021). Multiple comparison test by Tukey's honestly significant difference (HSD): Do the confident level control type I error. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, *6*(1), 59–65. https://doi.org/10.22271/MATHS.2021.V6.I1A.636

Ncisana, L., Nyathi, M. K., Mkhize, N. R., Mabhaudhi, T., Tjelele, T. J., Mbambalala, L., & Modi, A. T. (2024). Water use efficiency (WUE) and nutrient concentration of selected

fodder radish (Raphanus sativus L.) genotypes for sustainable diets. *Scientific Reports*, *14*(1), 1–20. https://doi.org/10.1038/s41598-024-82727-7

Nieto C., C., Lescano R., M. B., & Mejía S., M. (2017). Influencia de la aptitud natural de uso del suelo en la pobreza y desnutrición de la población rural en la provincia de Cotopaxi, Sierra Centro del Ecuador. *Siembra*, *4*(1), 001–018. https://doi.org/10.29166/SIEMBRA.V4I1.295

Noumedem, J. A. K., Djeussi, D. E., Hritcu, L., Mihasan, M., & Kuete, V. (2017). Lactuca sativa. In V. Kuete (Ed.), *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 437–449). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6/00020-0

Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., & Loumagne, C. (2005). Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall–runoff model?: Part 2—Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall–runoff modelling. *Journal of Hydrology*, *303*(1–4), 290–306. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2004.08.026

Puértolas, J., Albacete, A., & Dodd, I. C. (2020). Irrigation frequency transiently alters whole plant gas exchange, water and hormone status, but irrigation volume determines cumulative growth in two herbaceous crops. *Environmental and Experimental Botany*, *176*, 104101. https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2020.104101

Rivera, A. (2024). *Efecto de tres dosis de ácidos húmicos bajo condiciones de riego por goteo en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa), El Triunfo - Guayas* [Universidad Agraria del Ecuador]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RIVERA PILATAXI ANDREA JULISSA.pdf

Rodríguez, A., Pérez, J., & Alipio, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 1–26.

Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017a). *Manual de Producción de Lechuga* (Primera edición). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/e96ddc42-19df-4be3-85cc-ae0f6b0c3dcc/content

Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017b). Manual de producción de Lechuga. In *Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Boletin*. file:///E:/DOC PARA TESIS/INIA_Libro_0051.pdf

Santander, C., González, F., Pérez, U., Ruiz, A., Aroca, R., Santos, C., Cornejo, P., & Vidal, G. (2024). Enhancing Water Status and Nutrient Uptake in Drought-Stressed Lettuce Plants (Lactuca sativa L.) via Inoculation with Different Bacillus spp. Isolated from the Atacama Desert. *Plants*, *13*(2), 158. https://doi.org/10.3390/PLANTS13020158/S1

Sayarer, M., Aytaç, Z., & Kürkçüoğlu, M. (2023). The Effect of Irrigation and Humic Acid on the Plant Yield and Quality of Sweet Basil (Ocimum basilicum L.) with Mulching Application under Semi-Arid Ecological Conditions. *Plants*, *12*(7), 1522. https://doi.org/10.3390/PLANTS12071522/S1

Sepúlveda Prieto, G. (2021). *Evaluación de la respuesta de lechuga (Lactuca sativa) cv. crespa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral* [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/bc89a6ad-e2a2-446e-8601-f8570835a7b7/content

Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*. FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1919ee2e-d6fb-4297-99f2-3bf2eaa31841/content

Simbaña-Cifuentes, B. E., Monge-Freile, M. F., Molina-Yépez, K. C., & Bustamante-Saltos, G. Y. (2025). Efecto de las aplicaciones de biol y riego deficitario en el desempeño agronómico del cultivo de lechuga. *Agronomía Mesoamericana*, *36*, 922–922. https://doi.org/10.15517/AM.2025.922

SIPA. (2024). Cifras Agroproductivas. In *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Tandalla, B. (2012). *EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA SEGURA PARA EL BARRIO SANTA ROSA DE PICHUL, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI*. Universidad Central del Ecuador.

UNESCO. (2020). *Agua y Cambio Climático. Datos y cifras*. (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos), 1–16. www.unesco.org/water/wwap.

Vásquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C., & Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería del riego* (Primera Edición). Q&P Impresores S.R.L. https://www.casadelriegoecuador.com/wp-content/uploads/2020/09/Ingenier%C3%ADa-de-Riegos-ABSALON.pdf

Velasco, J., Aguirre, G., & Ortuño, N. (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (Lactuca sativa var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *4*(2), 71. https://doi.org/10.36610/J.JSAB.2016.040200071