



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

Autor:
Quishpe León Diego Ismael

Tutor:
Troya Sarzosa Jorge Fabián

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quishpe León Diego Ismael, con cédula de ciudadanía No. 0504180555, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.**”, siendo el Ingeniero Ph.D. Troya Sarzosa Jorge Fabián, Tutor 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, 23 de febrero del 2026

Diego Ismael Quishpe León
C.C: 0504180555
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte QUIHPE LEON DIEGO ISMAEL, identificado con cédula de ciudadanía 0504180555 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL 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. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.**”, 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: Octubre 2021 - Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Troya Sarzosa Jorge Fabian, Ph.D.

Tema: “**EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.**”

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, **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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 28 días del mes de enero del 2026.

Diego Ismael Quishpe León
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa var. Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa var. crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.”, de Quishpe León Diego Ismael, de la carrera de Agronomía, 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, 23 de febrero del 2026

Ing. Troya Sarzosa Jorge Fabián, Ph.D.
C.C: 0501645568
DOCENTE TUTOR

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, el postulante: Quishpe León Diego Ismael, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa var. Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa var. crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.”**, 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, 23 de febrero del 2026

Ing. Guadalupe de las Mercedes López
Castillo, Mg
C.C: 180190290-7
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.
C.C: 050232923-8
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Edwin Marcelo Chancusig Espín, Ph.D.
CC: 050114883-7
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, dedico este logro a Dios, quien con su luz y fortaleza guio cada paso de este proceso, brindándome la perseverancia para superar cada desafío. A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, cuyo amor, sacrificio y enseñanzas han cimentado mi desarrollo personal y profesional. Al Ing. Fabian Troya, mi tutor, y al Ing. Edwin Chancusig, por su valioso acompañamiento, dirección experta y aportes determinantes para el cumplimiento de este trabajo. A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a su destacado cuerpo docente, por la sólida formación académica y las herramientas otorgadas, base esencial de mi capacitación profesional.

.

Diego Ismael Quishpe León

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo a mis dos angelitos que ahora brillan desde el cielo: a mi querida madre Elcira, por su amor infinito, su ejemplo y ser mi más grande inspiración; y a mi gran amigo Andrés, cuya amistad sincera y apoyo incondicional dejaron una huella imborrable en mi vida. De manera especial, dedico este logro a mi padre, cuyo esfuerzo constante, guía y respaldo inquebrantable han sido un pilar fundamental en mi formación personal y académica, pues sin su apoyo no sería la persona que soy hoy.

Diego Ismael Quishpe León

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.”

Autor:
Quishpe León Diego Ismael

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de diferentes dosis y frecuencias de un biol enriquecido sobre el comportamiento agronómico de lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *capitata*) y apio (*Apium graveolens*). El estudio se realizó en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicado en Latacunga, a 2706 m s.n.m., con suelo franco arenoso y pH 8,52. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 3 + 1$, evaluando tres dosis (2, 3 y 4 litros) y tres frecuencias (14, 28 y 42 días), más un testigo, con tres repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento T7 (4 litros cada 14 días) presentó el mejor comportamiento. En la lechuga crespa el tratamiento 9 (D3F3) destacó en número de hojas (13) y altura de planta (23,79 cm), siendo superior a los demás tratamientos. En largo de hoja sobresalió el Tratamiento 7 en la evaluación inicial y el Testigo en la siguiente evaluación; no hubo diferencias en ancho de hoja. En peso fresco se obtuvo 0,28 kg por planta. El mayor rendimiento fue de 2267 kg por hectárea con el Tratamiento 9. En la lechuga de repollo el tratamiento 7 presentó los valores más altos en número de hojas (26), ancho y largo de hoja, diámetro de repollo y peso fresco (0,34 kg por planta). El rendimiento alcanzó 2267 kg por hectárea con este tratamiento. En el Apio no hubo diferencias significativas en variables de crecimiento; sin embargo, el Tratamiento 7 obtuvo el mayor peso fresco (0,28 kg por planta) y un rendimiento de 1867 kg por hectárea. El Tratamiento 9 (D3F3: 4 litros cada 7 días) en lechuga crespa y el Tratamiento 7 (D3F1: 4 litros cada 14 días) en lechuga de repollo y apio presentaron los mejores resultados en crecimiento y rendimiento.

Palabras clave: Biol, dosis, frecuencias, lechuga, apio, comportamiento agronómico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME“Evaluation of Enriched Biol at Different Doses and Application Frequencies on the Agronomic Performance of Head Lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*), Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*), and Celery (*Apium graveolens*) at the Salache Campus, 2025.”

Author:
Quishpe León Diego Ismael

ABSTRACT

The research evaluated the effect of different doses and frequencies of an enriched biol on the agronomic performance of curly lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*), head lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*), and celery (*Apium graveolens*). The study was conducted at the Salache Campus of the Technical University of Cotopaxi, located in Latacunga at 2,706 m a.s.l., with sandy loam soil and a pH of 8.52. A completely randomized block design with a 3×3 + 1 factorial arrangement was used, evaluating three doses (2, 3, and 4 liters) and three application frequencies (14, 28, and 42 days), plus a control treatment, with three replications.

The results showed that Treatment 7 (4 liters every 14 days) presented the best overall performance. In curly lettuce, Treatment 9 (D3F3) stood out in number of leaves (13) and plant height (23.79 cm), being superior to the other treatments. For leaf length, Treatment 7 showed the highest value at the initial evaluation, while the control performed better in the subsequent evaluation; no significant differences were found in leaf width. Fresh weight reached 0.28 kg per plant, and the highest yield was 2,267 kg per hectare with Treatment 9.

In head lettuce, Treatment 7 showed the highest values in number of leaves (26), leaf width and length, head diameter, and fresh weight (0.34 kg per plant). Yield reached 2,267 kg per hectare with this treatment.

In celery, no significant differences were found in growth variables; however, Treatment 7 obtained the highest fresh weight (0.28 kg per plant) and a yield of 1,867 kg per hectare.

Overall, Treatment 9 (D3F3: 4 liters every 7 days) in curly lettuce and Treatment 7 (D3F1: 4 liters every 14 days) in head lettuce and celery produced the best results in terms of growth and yield

Keywords: Biol, doses, application frequency, lettuce, celery, agronomic performance.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
DEDICATORIA	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios Indirectos.....	3
3.2. Beneficiarios Directos.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	3
5. OBJETIVOS:.....	4
5.1. General.....	4
5.2. Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .	5
Tabla 1Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Cultivo de la lechuga de repollo (<i>Lactuca sativa var. Capitata</i>)	6
7.1.2. Descripción taxonómica.....	6
7.1.3. Descripción Botánica.....	6
7.1.3.1. Hojas.....	6
7.1.3.2. Flores.....	7
7.1.3.3. Fruto	7
7.1.3.4. Exigencias del cultivo	7
7.1.3.5. Propiedades nutricionales.....	7
7.1.3.6. Composición nutricional.....	8
7.2. Cultivo de Lechuga cresspa (<i>Lactuca sativa var. Crispa</i>).	8
7.2.1. Generalidades del cultivo	8
7.2.2. Descripción Taxonómica	9
7.2.3. Descripción Botánica.....	9
7.2.3.1. Hojas.....	9
7.2.3.2. Flores.....	9

7.2.3.3. Tallos.....	10
7.2.4. Exigencias del Cultivo	10
7.2.5. Propiedades nutricionales	10
7.2.6. Composición nutricional.....	10
7.3. Cultivo de apio (<i>Apium graveolens</i>)	11
7.3.1. Generalidades del cultivo	11
7.3.2. Descripción taxonómica.....	11
7.3.3. Descripción Botánica.....	12
7.3.3.1. Hojas.....	12
7.3.3.2. Flores.....	12
7.3.3.3. Semilla	12
7.3.3.4 Raíz.....	12
7.3.4. Exigencias del Cultivo	12
7.3.5. Requerimiento nutricional	12
7.3.6. Composición nutricional.....	13
7.4 Biofertilizante orgánico	13
7.5. Tipos de biofertilizantes.....	13
7.5.1. Biofertilizantes orgánicos	13
7.5.2. Que es biol.....	14
7.5.3. Cantidad para la preparación del biol enriquecido	14
7.5.4. Resultados del Análisis del Biol	15
7.5.5. Aplicación edáfica del biol.....	16
7.5.6. Fortificación del biol.....	16
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	17
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
9.1. Ubicación del área de estudio.....	17
9.2. Materiales y equipos	18
9.3. Tipo de investigación.....	19
9.3.1. Cuantitativa.....	19
9.3.2. Experimental	19
9.4. Modalidad básica de investigación	19
9.4.1. De campo.....	19
9.4.2. Bibliográfica documental.....	20
9.5. Técnica e instrumentos para la recolección de datos.....	20
9.5.1. Observación de campo.....	20
9.5.2. Registro de datos	20
9.5.3. Análisis estadístico.....	20

9.6. Diseño experimental	20
9.7. ADEVA	20
9.8. Factores en estudio.....	21
9.9. Tratamientos del ensayo experimental.....	22
9.10. Operacionalización de variables.....	22
9.11. Datos registrados durante el proceso de investigación.....	22
9.11.1. Fase campo	22
9.11.1.1. Altura de planta (cm).....	22
9.11.1.2. Número de hojas (#)	23
9.11.1.3. Ancho de hoja (cm).....	23
9.11.1.4. Largo de hoja (cm).....	24
9.11.1.5. Diámetro de repollo (cm).....	24
9.11.1.6. Peso en la cosecha (kg)	25
9.12. Diseño del ensayo en campo	25
9.13. Manejo del ensayo	25
9.13.1. Análisis de suelo inicial.....	25
9.13.2. Preparación del terreno y nivelación	26
9.13.3. Delimitación y distribución del área del ensayo	26
9.13.4. Aplicación de diseño experimental.....	26
9.13.5. Adquisición del material para investigación	27
9.13.6. Plantación.....	27
9.13.7. Procedimiento de elaboración del biol enriquecido.....	27
9.13.9. Aplicación del biol.....	27
9.13.10. Riego	28
9.13.11. Registro de datos.....	28
9.13.12. Deshierbe.....	28
9.13.13. Cosecha.....	29
9.13.14. Tabulación de los resultados	29
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
10.1. Lechuga Crespa (Lactuca sativa var. crispa)	30
10.1.1. Altura de planta	30
10.1.2. Número de hojas (#)	43
10.1.3. Ancho de la hoja (cm).....	52
10.1.4. Largo de hoja (cm).....	54
10.1.6. Peso.....	65
10.1.7. Rendimiento por hectárea.....	66
10.2. Lechuga de Repollo (Lactuca sativa var. Capitata)	69

10.2.1. Altura de la planta de lechuga de repollo.....	69
10.2.2. Número de hojas (#)	71
10.2.3. Ancho de hoja (cm).....	80
10.2.4. Largo de hoja (cm).....	91
10.2.6 Peso.....	104
10.3. Apio (<i>Apium graveolens</i>).....	108
10.3.1 Altura de planta en el cultivo de apio	108
10.3.2. Número de hojas.....	110
10.3.3. Peso.....	110
10.3.4. Rendimiento por hectárea.....	111
11. IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO, MEDIOAMBIENTAL O CULTURAL.....	112
11.1. Consecuencias Técnicas.....	112
11.2. Impactos Sociales.....	113
11.3. Impactos Ambientales	113
11.4. Impactos Económicos	113
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
13. RECOMENDACIONES.....	115
14. BIBLIOGRAFÍA.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos	5
Tabla 2: Taxonomía de la lechuga de repollo (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>).	6
Tabla 3: Exigencias de la lechuga de repollo (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>Capitata</i>)	7
Tabla 4 Composición nutricional de 100g de materia seca en (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>Capitata</i>)	8
Tabla 5 Taxonomía de la lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>)	9
Tabla 6 Exigencias de la lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>)	10
Tabla 7 Valor nutricional del cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>) por 100gr de porción comestible.	10
Tabla 8 Descripción taxonómica del apio (<i>Apium graveolens</i>)	11
Tabla 9: Exigencias del apio (<i>Apium graveolens</i>).....	12
Tabla 10 Valor nutricional del apio (<i>Apium graveolens</i>).....	13
Tabla 11 Cantidad de los insumos del biol enriquecidos	14

Tabla 12	Coordenadas de la investigación	18
Tabla 13	Características climatológicas del lugar de estudio.....	18
Tabla 14	Esquema del ADEVA	21
Tabla 15	Tratamientos y dosis del ensayo experimental.....	22
Tabla 16	Variables en estudio	22
Tabla 17	Distancia de las parcelas en estudio	25
Tabla 18	Análisis inicial del suelo.....	26
Tabla 19	Cronograma de aplicación del biol enriquecido.....	28
Tabla 20	ADEVA para la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.	30
Tabla 21	Prueba Tukey al 5 % para tratamientos en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.....	32
Tabla 22	Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.....	36
Tabla 23	Prueba Tukey al 5 % para A (Dosis)* B (Frecuencias) a los 15 días en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.	39
Tabla 24	ADEVA para la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa... 43	
Tabla 25	Prueba Tukey al 5 % para Factor tratamientos en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.	44
Tabla 26	Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.....	47
Tabla 27	Prueba Tukey al 5 % para los Factores Testigo vs Resto en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.....	49
Tabla 28	ADEVA para la variable Ancho de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.	52
Tabla 29	ADEVA para la variable largo de hoja de la Lechuga Crespa.	54
Tabla 30	Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.	55
Tabla 31	Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.....	57
Tabla 32	Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.....	59
Tabla 33	Prueba Tukey al 5 % para los Factores Testigo vs Resto en la variable largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.	61
Tabla 34	ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga Crespa. ..	65

Tabla 35 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga Crespa.	65
Tabla 36 Rendimiento por hectárea.....	66
Tabla 37 ADEVA para la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga de repollo.	69
Tabla 38 ADEVA para la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.	71
Tabla 39 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.	71
Tabla 40 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.	73
Tabla 41 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Frecuencias.	75
Tabla 42 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo, Testigo vs Resto.	77
Tabla 43 : ADEVA para la variable Ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	80
Tabla 44 Prueba Tukey al 5% para la variable ancho de hoja de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.....	81
Tabla 45 Prueba Tukey al 5% para la Ancho de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.	84
Tabla 46 Prueba Tukey al 5% para la Ancho de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo, Testigo vs Resto.	87
Tabla 47 ADEVA para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga de repollo. .	91
Tabla 48 Prueba Tukey al 5% para la variable largo de hoja de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.....	93
Tabla 49 Prueba Tukey al 5% para la variable Numero de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.	98
Tabla 50 Prueba Tukey al 5% para la variable Numero de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Frecuencias.	100
Tabla 51 : ADEVA para la variable Diámetro de repollo en el cultivo de lechuga de repollo.....	104

Tabla 52 ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga de repollo.	104
Tabla 53 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga de repollo.	105
Tabla 54 Rendimiento por hectárea.	106
Tabla 55 ADEVA para la variable altura de planta en el cultivo de Apio.	108
Tabla 56 ADEVA para la variable número de hojas en el cultivo de Apio	110
Tabla 57 ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de apio.	110
Tabla 58 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo del apio.	110
Tabla 59 Rendimiento por hectárea.....	111
Tabla 60 Datos tomados desde el día 0 hasta los 60, para la variable altura de planta de lechuga crespa.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 61 Datos tomados desde el día 0 hasta los 105, para la variable altura de planta de lechuga de repollo.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 62 Datos tomados desde el día 0 hasta los 105, para la variable altura de planta de Apio.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 63 Datos tomados desde el día 0 hasta los 60, para la variable número de hojas de la planta de lechuga crespa.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 64 Datos tomados a los 105 días, para la variable número de hojas de planta de lechuga de repollo.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 65 Datos tomados desde el día 0 hasta los 105 días, para la variable número de hojas de planta del Apio.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 66 Datos tomados desde el día 0 hasta los 60, para la variable Ancho de hoja de la planta de lechuga crespa.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 67 Datos tomados desde el día 0 hasta los 105, para la variable Ancho de hoja de la planta de lechuga de repollo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 68 Datos tomados desde el día 0 hasta los 60, para la variable Largo de hoja de la planta de lechuga de crespa.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 69 Datos tomados desde el día 0 hasta los 105, para la variable Largo de hoja de la planta de lechuga de repollo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 70 Datos tomados a los 105, para la variable diámetro de repollo de la planta de lechuga de repollo.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Resultados del Análisis del Biol Enriquecido	15
Gráfico 2 Prueba de Tukey al 5% para el Factor tratamientos en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.	34
Gráfico 3 Prueba Tukey al 5% para Factor A (Dosis) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.....	37
Gráfico 4 Prueba de Tukey al 5% para A (Dosis)* B (Frecuencias) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.	40
Gráfico 5 Línea de tiempo de la variable altura de planta de la lechuga crespa en el tratamiento 9 a los 0 hasta 60 días.....	42
Gráfico 6 Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.	45
Gráfico 7 Prueba Tukey al 5% para Factor A (Dosis) en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga Crespa.....	47
Gráfico 8 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.....	50
Gráfico 9 Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.	56
Gráfico 10 Prueba de Tukey para Factor A (Dosis) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.....	58
Gráfico 11 Prueba de Tukey al 5% para Factor B (Frecuencias) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.	60
Gráfico 12 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.	62
Gráfico 13 Línea de tiempo de la variable largo de hoja de la lechuga crespa en el tratamiento 7 a los 0 hasta 60 días.....	64
Gráfico 14 Prueba Tukey al 5% para la variable peso de la lechuga crespa.	66
Gráfico 15 Rendimiento por hectárea.....	68
Gráfico 16 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamiento en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.	72
Gráfico 17 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.....	74

Gráfico 18 Prueba Tukey al 5% para el Factor Frecuencias en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.	76
Gráfico 19 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.	78
Gráfico 20 Línea de tiempo para la variable número de hojas de la planta de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 105 días.	79
Gráfico 21 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamientos en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	82
Gráfico 22 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	85
Gráfico 23 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	88
Gráfico 24 Línea de Tiempo para la variable Ancho de Hoja de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 105 días.	90
Gráfico 25 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamientos en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	95
Gráfico 26 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	99
Gráfico 27 Prueba Tukey al 5% para el Factor Frecuencias en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.	101
Gráfico 28 Línea de tiempo para la variable largo de hoja de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 60 días.	103
Gráfico 29 Prueba Tukey al 5% para la variable Peso de la lechuga de repollo.	106
Gráfico 30 Rendimiento por hectárea.	107
Gráfico 31 Medias para la variable Peso del Apio	111
Gráfico 32 Rendimiento por hectárea el apio	112
Gráfico 33 Diseño del ensayo en campo.	¡Error! Marcador no definido.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DE UN BIOL ENRIQUECIDOS A DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN EL CAMPUS SALACHE 2025.”

Fecha de inicio:

Septiembre 2025

Fecha de finalización:

Diciembre 2025

Lugar de ejecución:

Barrio Salache -Parroquia Eloy Alfaro - Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera Agronomía

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D.

- Tutor: Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D.
- Lector 1: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg
- Lector 2: Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.
- Lector 3: Ing. Edwin Marcelo Chancusig Espín, Ph.D.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Quishpe León Diego Ismael

Teléfonos: 0962909504

Correo electrónico: diego.quishpe0555@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura, Silvicultura y Producción Agropecuaria

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria.

Gestión de recursos naturales biotecnología y gestión para el desarrollo humano.

Línea de vinculación de la carrera:

Desarrollo y seguridad alimentaria.

Gestión de recursos naturales biotecnologías y gestión para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, uno de los principales desafíos del sector agrícola es lograr mayores rendimientos en los cultivos, pero sin causar daños a la salud humana ni al medio ambiente. Frente a este escenario la producción de hortalizas orgánicas en Ecuador se lleva a cabo sin emplear pesticidas, herbicidas ni insumos de síntesis química, fomentando así prácticas agrícolas sostenibles dirigidas a conservar la fertilidad del suelo y la salud del ecosistema. Este modelo productivo aprovecha recursos naturales y procura disminuir el uso de insumos no renovables, lo que aporta a la protección del medio ambiente y de la salud humana. (Davis, 2024)

La agricultura orgánica se fundamenta en el uso de productos naturales que no perjudican a los organismos del suelo, las plantas o las personas, e integra prácticas como la rotación de cultivos, las cuales ayudan a mantener las propiedades del suelo y a reducir el impacto ambiental. Además, este sistema se distingue por generar menos emisiones de gases de efecto invernadero y hacer un uso más eficiente del agua, favoreciendo la sostenibilidad del ecosistema agrícola. (Cherlinka V. , 2023)

En este marco, el biol representa una alternativa orgánica obtenida mediante la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos. Este biopreparado se caracteriza por su acción fitoregulatora, ya que estimula la actividad fisiológica de las plantas, promueve su desarrollo y contribuye a su fortaleza frente a factores adversos. De igual modo, su aplicación fomenta la actividad biológica del suelo y mejora la disponibilidad de micronutrientes para los cultivos. (Zegers M., 2021)

La evaluación de distintas dosis y frecuencias de aplicación de biol en cultivos hortícolas permitirá producir información técnica que ayude al manejo apropiado de este insumo orgánico, respondiendo a la demanda actual de sistemas de producción más sostenibles y al consumo de hortalizas cultivadas bajo principios agroecológicos.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios directos del proyecto son aproximadamente 30 000 productores de hortalizas de la provincia de Cotopaxi, lo que representa el 100 % del grupo objetivo identificado, según datos estadísticos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2025).

3.2. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son 377 estudiantes y 24 docentes aproximadamente de la carrera de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)– Extensión Salache, según datos institucionales de la (Universidad Técnica de Cotopaxi, 2025)

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En Ecuador, el 47% de la superficie agrícola (1'320.988,67 hectáreas) emplea plaguicidas químicos, mientras que el 53% restante corresponde a prácticas ecológicas que utilizan plaguicidas orgánicos o no los utilizan (INEC, 2020). La producción de hortalizas enfrenta diversos factores limitantes, como condiciones climáticas adversas, enfermedades y plagas. Para mejorar los rendimientos, es frecuente el recurso a agroquímicos y pesticidas. Actualmente, una gran parte de los agricultores depende de fertilizantes químicos que, a pesar de aportar nutrientes, deterioran la calidad del suelo y aumentan los costos de producción. Ante esta realidad, el biol se presenta como una alternativa agroecológica viable debido a su capacidad para aportar microorganismos benéficos, mejorar la fertilidad del suelo y fortalecer el desarrollo vegetal (Paredes J. , 2020).

No obstante, la aplicación constante y sin control de fertilizantes y plaguicidas de origen químico ocasiona impactos negativos en el suelo, el agua y la atmósfera. En el suelo, se reduce el contenido de materia orgánica, se modifica la población microbiana beneficiosa, se produce compactación y se pierde la fertilidad de manera natural (Rodríguez Eugenio

et al., 2018). La utilización intensiva de abonos con contenido nitrogenado en la agricultura aumenta notablemente la filtración de nitratos desde los suelos de cultivo hacia las aguas subterráneas y los cauces superficiales. Este fenómeno está condicionado por la cantidad de fertilizante empleada, las características del terreno y las particularidades climáticas, representando una causa fundamental de contaminación de origen difuso en explotaciones agrarias de alta productividad. La concentración de nitratos en los sistemas hídricos deteriora la calidad del agua y fomenta procesos de eutrofización, modificando el equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos (Hina, 2024). La utilización intensiva de fertilizantes nitrogenados en el sector agrícola produce la lixiviación de nitratos, los cuales pueden trasladarse desde el suelo hacia las reservas de agua subterránea y las aguas superficiales. Esta forma de contaminación difusa, causada por el nitrógeno en exceso y los plaguicidas aplicados, altera la calidad del agua, intensifica la eutrofización de los cuerpos hídricos y perjudica la biodiversidad acuática. Del mismo modo, los remanentes de plaguicidas pueden incorporarse a las fuentes de agua mediante procesos de escorrentía o percolación, reduciendo la capacidad del agua para el consumo humano y generando riesgos para la salud de las personas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

5. OBJETIVOS:

5.1. General

- Evaluar las diferentes dosis y frecuencias de un biol enriquecido en el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *Capitata*), lechuga Crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) y apio (*Apium graveolens*) en el Campus Salache 2025.

5.2. Específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de lechuga y apio.
- Determinar la mejor dosis y la frecuencia de aplicación de biol en los diferentes tratamientos.
- Determinar el rendimiento de los diferentes cultivos en estudio.

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

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de lechuga y apio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó la toma de datos de altura de la planta. • Diámetro de repollo de la lechuga. • Ancho de la hoja. • Largo de hoja. • Número de tallos del apio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se evaluó el efecto de los tratamientos mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey con un 5% de significancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivo implementado • Unidades experimentales establecidas • Libro de campo • Registro fotográfico
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la mejor dosis y la frecuencia de aplicación de biol en los diferentes tratamientos. 	<p>Las variables anteriormente evaluadas nos servirá para determinar la mejor dosis.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos establecidos • Dosis de biol definidas • Frecuencia de aplicación registrada
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el rendimiento de los diferentes cultivos en estudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se registraron los datos de producción mediante la cosecha, anotando el peso en kilogramos obtenido en cada tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo del rendimiento agrícola en kg/ha a partir del peso total. • Comparación estadística de tratamientos para identificar diferencias significativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de producción registrado • Tabla de interpretación de los resultados

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Cultivo de la lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *Capitata*)

La lechuga de repollo es un cultivo que se conoce desde hace mucho tiempo, siendo uno de las plantas de cultivo más antiguas existiendo referencias en el 4500 A.C. Los Egipcios, Griegos y Romanos la extendieron por toda Europa (Horticultura, 2005). Según (Fao, 2010) nos dice que el repollo como tal, se debe consume cocinado, la lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *Capitata*) pertenece a la familia de las Astereaceae (también llamadas compuestas) y a la especie *Lactuca sativa*. Para el cultivo de la lechuga de repollo la temperatura optima es de 15 y 20 (FAO, 2010)

7.1.2. Descripción taxonómica

Tabla 2:Taxonomía de la lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *capitata*).

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Paenopsida
Orden	Asterales
Familia	Astereaceae
Genero	Lactuca
Especie	Sativa
Nombre Científico	<i>Lactuca sativa</i> var. <i>Capitata</i>
Nombre común	Lechuga de repollo

Fuente: (Valdivieso, 2003)

7.1.3. Descripción Botánica

7.1.3.1. Hojas

Las lechugas de repollo son plantas anuales o bienales, autógamas, de porte erecto y hasta 1 m de altura, lampiñas y con tallos ramificados. Hojas basales arrosetadas, a veces arrepolladas, obovadas y dentado-crenadas. Hojas caulinares sésiles, abrazadoras, aovadas u orbiculares y de base amplexicaule. Capítulos en panículas o corimbos. (AgroEs, 2005)

7.1.3.2. Flores

Las Flores de la lechuga de repollo son, hermafroditas, están reunidas en capítulos de color blanco-amarillento, con cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar con un solo óvulo que dará origen a la semilla. La fecundación es autógama. Al aire libre su fecundación cruzada es del 1 al 2 por 100. (Quintero, 1977)

7.1.3.3. Fruto

El fruto, al que con frecuencia se llama semilla, es un aquenio de forma alargada y con varias estrías longitudinales. Es de color blanco o negro, terminando en punta, de 3 a 4 mm, de largo y 1 de ancho. (Japón Quintero, 1977)

7.1.3.4. Exigencias del cultivo

Tabla 3: Exigencias de la lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *Capitata*)

Clima	15 y 18 °C (59 y 65 °F) a 25 °C (77 °F)
Suelo	Textura franco arenoso a franco arcilloso. entre 6.0 y 7.0
Luminosidad	Aproximadamente de 12-14 horas luz
Precipitación	1200 a 1500mm/año
Humedad relativa	60% a 80%
Altitud	1800 a 2800 msnm

(León Cayo, 2015)

7.1.3.5. Propiedades nutricionales

La lechuga de repollo es una hortaliza con una fuente de vitaminas A, B6, C, potasio, fibra y es baja en grasas atribuyéndole algunos beneficios a la salud humana. Algunos estudios previos han correlacionado que una dieta sostenida en consumo de verduras de algunos tipos de coles, incluyendo el repollo, reduce el riesgo de contraer algunos tipos de cáncer (Zamora, 2016). Los promedios de requerimiento del cultivo de lechuga en condiciones normales son: nitrógeno 90 kg/ha, P₂O₅ 35 kg/ha y K₂O 160 kg/ha. La lechuga responde de forma satisfactoria a las aplicaciones de fósforo, produciendo un aumento de rendimiento, mejorando la calidad y reducción del ciclo; y, 208 kg de potasio por hectárea, manifestando también que el 70% del total de los nutrientes es absorbido por la planta durante los 21 días anteriores a la cosecha (León Cayo, 2015).

7.1.3.6. Composición nutricional

La lechuga de repollo contiene aproximadamente 14 calorías por cada 100 gramos son alimentos bajos en calorías ((BCCL), 2019)

Tabla 4 Composición nutricional de 100g de materia seca en (Lactuca sativa var. Capitata)

Nutriente	Valor
Agua	93
Energía (k cal)	24
Proteína	1.2
Grasa (g)	0.2
Carbohidrato (g)	5.4
Fibra (g)	0.8
Ca (mg)	47
P (mg)	23
Fe (mg)	0.6
Na (mg)	18
K (mg)	246
Vitamina A (UI)	126
Tiamina (mg)	0.05
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	0.30
Acido ascórbico (mg)	47.3
Vitamina B6 (mg)	0.10

Fuente: (Zamora, 2016)

7.2. Cultivo de Lechuga crespa (Lactuca sativa var. Crispa).

7.2.1. Generalidades del cultivo

La lechuga crespa (Lactuca sativa var. Crispa) es originaria de la cuenca del Mediterráneo y Oriente Próximo, expandiéndose por Europa y Asia. Prefiere suelos bien drenados y ricos en nutrientes, con un pH cercano a lo neutro. Las temperaturas frescas son ideales, pero puede cultivarse en zonas de clima templado (Welbaum, 2015).

Las lechugas forman el género Lactuca y pertenecen a la familia de las Asteráceas (Compuestas), que abarca más de 1000 géneros y 20.000 especies, de las que muy pocas se cultivan (Consumer, 2023). Lactuca sativa es una hortaliza de consumo en fresco, principalmente usada en la gastronomía, como componente de comidas rápidas, ensaladas y platos especiales. La variedad crespa verde, hace parte del tipo de lechuga de corte, que se caracteriza por poseer hojas sueltas y rosetas muy planas, con gran uniformidad en campo y buen rendimiento. Se desarrolla bajo condiciones ideales entre los 1800 a 2600

msnm, con temperaturas promedio entre 15 a 18 °C, temperaturas muy cálidas (>35°C) o muy frías (<6°C) pueden llegar a causar diferentes problemas en la planta como floración temprana o poco desarrollo foliar y enanismo respectivamente (Salazar, 2004).

7.2.2. Descripción Taxonómica

Tabla 5 Taxonomía de la lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Cichorioideae
tribu	Lactuceae
Genero	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Lactuca sativa</i>
Nombre Científico	<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>
Nombre Común	Lechuga crespa

Fuente:(Vries, 1997)

7.2.3. Descripción Botánica

7.2.3.1. Hojas

La crespa tiene hojas rizadas, ondulados en los bordes y una textura suave, sus hojas no forman un cogollo como en otras variedades de lechuga, su sabor es ligeramente amargo aparte de combinar bien con varias ensaladas por su sabor y color característico se cría bien en ambientes frescos. El cultivo de lechuga crespa es una de las hortalizas que gracias a su valor nutritivo está dentro de la dieta diaria de la sociedad, se consume sus hojas las cuales dependiendo de su variedad las podemos encontrar en distintas formas y tonalidades de verde incluso morado (Ayala, 2023).

7.2.3.2. Flores

Estas pueden ser de color amarillas o blancas derivadas de un capítulo donde se presentan de 15 a 25 flores pequeñas en forma de corimba con varias bractéolas (hojitas protectoras). Son hermafroditas, disponemos de 5 estambres con un ovario bicarpelar con un óvulo el cual dará origen a una semilla siendo su fecundación autógena es decir realiza una autofecundación mientras que de forma cruzada llega a un 2% de polinización (Chafra, 2022).

7.2.3.3. Tallos.

El tallo de la lechuga es muy corto y al llegar a la floración se alarga hasta un metro, desarrollando un capítulo de 15 a 25 flores de color amarillo, pequeñas, reunidas en anchas cimas corimbosas y con numerosas bracteolas (Borrego, 2001). En todas las especies de lechuga se encuentra un jugo lechoso al interior del tallo; que da el nombre al género *Lactuca* al cual pertenece la lechuga, que viene de la palabra latina *lac*, que se refiere a dicho jugo (George Gordon, 1992).

7.2.4. Exigencias del Cultivo

Tabla 6 Exigencias de la lechuga crespita (*Lactuca sativa* var. *crispata*)

Clima	7°C a 18°C
Suelo	Textura franco arenoso a franco arcilloso. Entre 6.0 y 6.8
Luminosidad	Aproximadamente de 10-12 horas luz
Precipitación	700 a 1500mm/año
Humedad relativa	60% a 80%
Altitud	1500 a 2800 msnm

Fuente: (Cherlinka V. , 2024)

7.2.5. Propiedades nutricionales

La lechuga es baja en calorías y rica en nutrientes esenciales. Es una buena fuente de: Vitaminas: A (como provitamina), C, E, B, folatos, K; Minerales: Potasio, hierro, fósforo, calcio, magnesio, cobre, manganeso; Antioxidantes: Flavonoides, vitamina C, beta-caroteno; Fibra: Promueve la salud digestiva y ayuda a controlar el peso. (Cunaru, 2023)

7.2.6. Composición nutricional

La lechuga crespita contiene calorías que aporta es (de 16 cal por 100 g), lo que se debe a su gran contenido en agua 90-95%. También contiene vitaminas del grupo B como los folatos (B9), B1, B2 y B3 y también vitamina K (Gonzalo, 2021).

Tabla 7 Valor nutricional del cultivo de lechuga crespita (*Lactuca sativa* var. *crispata*) por 100gr de porción comestible.

Nutriente	Valor
Proteínas	0.8g
Grasas	0.1g
Carbono	5mg

Calcio	13mg
Magnesio	7mg
Fosforo	25mg
Potación	100mg
Hierro	1.5mg
Riboflavina	0.03mg
Tiamina	0.7mg
Azúcar total	2.2mg
Vitamina A (u.l.)	300
Agua	96g
Calorías	11

Fuente: (Guerra, 2022)

7.3. Cultivo de apio (*Apium graveolens*)

7.3.1. Generalidades del cultivo

La procedencia del apio (*Apium graveolens*) es incierto ya que existen 3 probables zonas de origen, entre de los cuales se encuentran (Cáucaso, Himalaya y la cuenca del Mediterráneo) y su uso en la antigüedad fue la de purificador sanguínea y diurético, no sería hasta el siglo XVI -XVII en Italia que se lo considera como una hortaliza de cultivo, lo cual ha perdurado hasta la actualidad, dándole un distinto uso al de la antigüedad enfocándose más a la alimentación humana como un condimento para sopas y guisos (Pino, 2022).

7.3.2. Descripción taxonómica

Tabla 8 Descripción taxonómica del apio (*Apium graveolens*)

Reino	Vegetal
Clase	Dicotiledónea
Orden	Asterales
Familia	Umbeliferae
Genero	<i>Apium</i>
Especie	<i>Graveolens</i>
Nombre científico	<i>Apium graveolens</i> L
Nombre común	Apio

Fuente: (Gamboa, 2022)

7.3.3. Descripción Botánica

7.3.3.1. Hojas

El apio cuenta con hojas grandes que emergen agrupadas en forma de una corona. El pecíolo es una estructura robusta y carnosa que continua a hacia una gran parte del limbo foliar (Casaca, 2005).

7.3.3.2. Flores

Las flores del apio son de color morado o blanco, ya que las flores se desarrollan a los dos años del crecimiento de la planta (Santos, 2019)

7.3.3.3. Semilla

Las semillas contienen un potencial de germinación por un periodo alrededor de cinco años. Cabe mencionar que, en un solo gramo pueden encontrarse cerca de 2.500 semillas. El ciclo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, la duración suele ser de dieciséis semanas aproximadamente (Casaca, 2005).

7.3.3.4 Raíz

El apio cuenta con una raíz pivotante, potente y profunda, con raíces laterales más superficiales, estas raíces pueden alcanzan de 30 a 80 cm de Longitud (Casaca, 2005).

7.3.4. Exigencias del Cultivo

Tabla 9: Exigencias del apio (*Apium graveolens*)

Clima	Fase de semilleros: 17 y 20°C. Fase de campo: 16 y 20°C.
Suelo	La textura es franco arcillosas y franco arenosas. pH de 6 a 8
Luminosidad	Mas de 12 horas de luz
Humedad relativa	30 a 70%
Precipitación	1200 a 1500 mm/año
Altitud	1800 a 2800 m.s.n.m

Fuente: (Garcés, 2022)

7.3.5. Requerimiento nutricional

El apio normalmente suele cultivarse como una hortaliza de temporada fría, este cultivo no requiere abonarse si ya se aplicó en el cultivo anterior, pueden incorporarse 3 kg m².

Si no se emplea estiércol, se recomienda incorporar contenido con bases de nitrógeno y potasio, principalmente si el suelo es de textura liviana (InfoAgro Systems, 2016)-

Durante la fase de cosecha, el suelo debe aprovechar el nitrógeno en cantidad suficiente, ya que el apio es una planta muy delicada muestra una alta sensibilidad ante los niveles bajos de boro, azufre y magnesio (InfoAgro S. , 2016).

7.3.6. Composición nutricional

El apio no aporta un valor alto de energía, el apio es un alimento saludable por su contenido en agua, sales minerales y vitaminas diversas. De este modo, se considera al apio como un excelente regulador por excelencia (Aguirre, 2019).

Tabla 10 Valor nutricional del apio (*Apium graveolens*)

Nutriente	Valor
Calorías (cal)	17
Agua (%)	92
Proteínas (g)	2
Glúcidos (g)	1
Sodio (mg)	110
Potasio (mg)	300
Calcio (mg)	40
Vitamina C (mg)	12

Fuente: (InfoAgro, 2011)

7.4 Biofertilizante orgánico

Es un tipo de abono orgánico que es elaborados a partir de materiales biológicos como el compost, el estiércol animal y los residuos vegetales. Los insumos utilizados en la elaboración se proceden a la descomposición, compostaje o fermentación aeróbica. Su composición están los siguientes elementos que son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), estos nutrientes ayudan a la planta a captar más fácilmente el biofertilizante, ayuda a su crecimiento y desarrollo.(samara, 2025)

7.5. Tipos de biofertilizantes

7.5.1. Biofertilizantes orgánicos

“Los biofertilizantes aportan al desarrollo y productividad de los cultivos, ya que favorecen nutrientes provenientes de microorganismos o sus derivados. Debido a que provienen de fuentes biológicas, se consideran una opción más segura y sostenible que los fertilizantes químicos(Ammar et al., 2023).

7.5.2. Que es biol

El biol es un abono orgánico líquido que se genera al fermentar restos orgánicos sin presencia de oxígeno. Este producto se usa en la agricultura como sustitución a los fertilizantes químicos, este tipo de abono ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas y favorece el desarrollo de raíces, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes, y con ello el rendimiento del cultivo. El biol contiene compuestos que benefician a las plantas, como nitrógeno, amonio, vitaminas, hormonas naturales y aminoácidos, los cuales estimulan el desarrollo vegetativo, la floración, la germinación y también aportan cierta resistencia frente a problemas sanitarios. Por estas razones, es considerado una opción eficiente como un abono orgánico líquido (Ramírez et al., 2023a).

7.5.3. Cantidad para la preparación del biol enriquecido

Tabla 11 Cantidad de los insumos del biol enriquecidos

Insumo	Cantidad 81 L
Panela	5 lb
Yogur natural	2 litros
Suero de leche	3 litros
Ortiga fresca picada	5 lb
Cáscara de huevo	1 lb
Estiércol de cuy	23 lb
Ceniza de leña	5 lb
Restos de hortalizas	10 lb
Agua	81 L

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

7.5.4. Resultados del Análisis del Biol

Gráfico 1 Resultados del Análisis del Biol Enriquecido



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115696a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	QUISHPE DIEGO
Dirección:	PUJILI
Teléfono:	0962909504

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Biol enriquecido		
Lote:	---	Contenido declarado:	500 ml
Fecha de elaboración:	2025-1-05	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/11/24	Hora de recepción:	16:41:23
Fecha de análisis:	2025/11/25	Fecha de emisión:	2025/12/09
Material de envase:	Frasco plástico		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Líquido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FISIQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
**Materia orgánica	2,1	%	MFQ-253	Decreto Real 11110/ Espectrofotometría
**Nitrógeno total	<0,3	%	MFQ-51	AOAC 955.04/ Volumetría, Kjeldahl
*Fósforo	23,41	mg/100g	MFQ-74	NTE INEN ISO 13730:2013/ Espectrofotometría
*Potasio	207,43	mg/100g	MFQ-140	SM, Ed. 24, 2023, 31118-K/ AAS llama aire C2H2
*Calcio	155,82	mg/100g	MFQ-469	SM, Ed.24, 2023, 3111 B-Ca/ Espectrofotometría de AA por llama aire acetileno
*Magnesio	35,54	mg/100g	MFQ-114	SM, Ed.24, 2023, 31118-Mg/ AAS Aire
*Hierro	4,73	mg/100g	MFQ-476	SM, Ed. 24, 2023, 31118-Fe / AAS llama aire C2H2
**Boro	<0,01	%	MFQ-197	AOAC 982.01/ Espectrofotometría UV-Vis
*Ceniza	1,01	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
*pH	5,45	(T: 20,0°C) Unidades de pH	MFQ-333	NTE INEN 3167:2019/ Electrometría

Elaborado por: (Multianalityca, 2025)

PARÁMETRO	RESULTADO	INTERPRETACION
Materia orgánica	2,1 %	BAJA
Nitrógeno total	<0,3 %	MUY BAJO
Fósforo (P)	23,41 mg/100g	MEDIO
Potasio (K)	207,43 mg/100g	ALTO
Calcio (Ca)	155,82 mg/100g	BUENO

Magnesio (Mg)	35,54 mg/100g	REGULAR
Hierro (Fe)	4,73 mg/100g	SUFICIENTE
Ceniza	1,01 %	BAJA
pH	5,45	ÁCIDO

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

El biol elaborado contribuyó nutrientes y componentes beneficiosos para el crecimiento del cultivo. Aunque mostró niveles reducidos de materia orgánica (2,1 %) y nitrógeno (< 0,3 %), su concentración de potasio (207,43 mg/100 g) ayudó a incrementar la resistencia de las hortalizas, la consistencia de las hojas y la calidad general. Asimismo, el calcio (155,82 mg/100 g) colaboró en el reforzamiento de los tejidos, el magnesio (35,54 mg/100 g) apoyó la fotosíntesis, el fósforo (23,41 mg/100 g) favoreció el desarrollo de las raíces, y el hierro (4,73 mg/100 g) facilitó el metabolismo adecuado de la planta. Por último, el pH levemente ácido (5,45) mejoró la disponibilidad de micronutrientes, optimizando la absorción de los elementos disponibles durante el ciclo de cultivo.

7.5.5. Aplicación edáfica del biol

La aplicación edáfica del biol consiste en su incorporación directa al suelo, permitiendo que sus componentes solubles se incorporen a la zona de las raíces y sean absorbidos de manera gradual por el cultivo. (Ramírez et al., 2023), esta práctica favorece el desarrollo de las plantas al incrementar la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad biológica dentro del sistema suelo y planta.

7.5.6. Fortificación del biol

La fortificación del biol es el proceso de enriquecer o suplementar este biofertilizante líquido con nutrientes específicos según (Guerrero Vence, 2022), señala que la fortificación debe ser (como minerales, melazas, cenizas, rocas molidas o incluso microorganismos benéficos) durante o después de su fase de fermentación, con el objetivo de incrementar su concentración nutricional, equilibrar su formulación y potenciar su efectividad agronómica para cultivos específicos. Su composición nutricional mediante la adición estratégica de insumos que permitan equilibrar sus niveles de macro y micronutrientes. Esta práctica resulta necesaria cuando los análisis químicos revelan concentraciones deficientes de ciertos elementos esenciales, como ocurre en el biol

evaluado, donde el nitrógeno total (<0,3 %) y la materia orgánica (2,1 %) presentaron valores reducidos.

De acuerdo con los hallazgos de Quishpe (2026), se observa que el biol analizado posee un contenido elevado de potasio (207,43 mg/100 g), lo cual beneficia la resistencia vegetal y mejora la calidad de los tejidos de las plantas. No obstante, un fertilizante más equilibrado podría ser fortalecido con nitrógeno, particularmente si se aplica sobre cultivos de hoja o en etapas iniciales de crecimiento. Se podrán aumentar con la adición de insumos ricos en nitrógeno orgánico durante la fermentación, logrando así un biol más nutritivo. Igualmente, el fósforo se mostró en un nivel moderado (23,41 mg/100 g) que es apto para el desarrollo de raíces pero que puede adecuarse para cultivos que demanden más formación de raíces o floración. El calcio y el magnesio tuvieron valores aceptables, porque ayudan en la estructuración y en la fotosíntesis, por lo que la fortificación debe enfocarse en la falta de que no altere lo ya conseguido por el biol fortificado. Se indica que el pH ligeramente ácido (5,45) que presenta el suelo, representa una ventaja, ya que donde se favorece la disponibilidad de micronutrientes del suelo. Cualquier proceso que se seleccione para su fortificación debe de respetar este rango para no causar bloqueos nutricionales en el producto fortificado.

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Hipótesis 0: La aplicación de biol en distintas dosis no produce efectos sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos de lechuga de repollo (*Lactuca sativa var. capitata*), lechuga crespa (*Lactuca sativa var. crispa*) y apio (*Apium graveolens*).

Hipótesis 1: La aplicación de biol en diferentes dosis sí produce efectos sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos de lechuga de repollo (*Lactuca sativa var. capitata*), lechuga crespa (*Lactuca sativa var. crispa*) y apio (*Apium graveolens*).

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el campus Salache, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, a una altitud aproximada de 2.706 m.s.n.m, la textura de suelo es franco arenoso con un Ph de 8,52.

Gráfico 1. Ubicación del área de estudio



Fuente: (Earth, 2025)

Tabla 12 Coordenadas de la investigación

Coordenada S	0° 59' 29"
Coordenadas W	78° 37'07"
Elevación	2706 m.s.n.m.
Ubicación	Campus Salache, Parroquia Eloy Alfaro, Latacunga, Cotopaxi

Elaborado por: (Quishpe, 2025)

Tabla 13 Características climatológicas del lugar de estudio.

Características climatológicas	
Temperatura promedio	12 a 22 °C
Altura	2706 m.s.n.m
Suelo	Franco arenoso
PH	8.52 (Análisis de suelo),(Anexo N: 1)
Velocidad del viento	3 y 7 m/s
Pluviosidad (mm anuales)	220 mm
Horas de sol	5-7 h/día
Topografía	Ligeramente ondulada

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

9.2. Materiales y equipos

a) Materiales de Campo

- Biol enriquecido
- Flexómetro
- Calibrador
- Balde

- Balanza
- Clavos
- Martillo
- Rótulos
- Piola
- Manguera 1/2

b) Equipos

- Cámara fotográfica
- Computadora

9.3. Tipo de investigación

9.3.1. Cuantitativa

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se recopilan y analizan datos numéricos de las variables en estudio, los datos numéricos serán procesados mediante el programa de Infostat. Incluso, se incorpora un componente cualitativo, ya que en este proceso describe las etapas del proceso y los acontecimientos evidenciados en el entorno de estudio.

9.3.2. Experimental

Para esta investigación se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), bajo un arreglo factorial de 3*3. En este caso se evaluaron tres dosis de biol enriquecido aplicadas sin dilución con un nivel reducido de 2 litros, un nivel central de 3 litros y un nivel alto de 4 litros, asegurando que todos los tratamientos reciban las mismas condiciones ambientales y agronómicas para garantizar uniformidad en la evaluación.

9.4. Modalidad básica de investigación

9.4.1. De campo

Se desarrolló directamente en campo, los datos en estudio fueron tomados en el área donde se implementó el experimento.

9.4.2. Bibliográfica documental

Las indagaciones obtenidas desarrollan y aporta con el contexto del marco teórico estableciendo una relación coherente con la práctica del experimento. En la investigación fue de mucha ayuda el material bibliográfico y documental. Ya que las indagaciones obtenidas desarrollaron un papel fundamental con el contexto del marco teórico estableciendo una relación coherente con la práctica del experimento realizado.

9.5. Técnica e instrumentos para la recolección de datos

9.5.1. Observación de campo

La observación de campo se realizó para monitorear el desarrollo y comportamiento de las plantas en cada tratamiento. Las evaluaciones se llevaron a cabo directamente en todas las repeticiones, registrando datos y observaciones de manera sistemática. Las aplicaciones de biol se efectuaron a los 14, 28 y 42 días, tras lo cual se continuó con el registro de variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo.

9.5.2. Registro de datos

Para el registro de los datos generados en el experimento, se elaboró y utilizó una bitácora estructurada. En esta se consignó la información obtenida, complementada con observaciones detalladas de cada tratamiento.

9.5.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó a partir de los promedios obtenidos en el experimento. Para garantizar la precisión de los resultados, estos valores fueron procesados utilizando el programa InfoStat.

9.6. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental factorial de $3 \times 3 + 1$, con tres repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se realizó mediante el programa InfoStat, aplicando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%

9.7. ADEVA

El Análisis de Varianza (ADEVA) permitió verificar el comportamiento y desarrollo de las plantas bajo los diferentes tratamientos. Este análisis se basó en los datos cuantitativos y las observaciones cualitativas recopiladas para cada repetición. Las aplicaciones de biol,

realizadas a los 14, 28 y 42 días, permitieron observar su influencia en el crecimiento posterior a cada intervención.

Tabla 14 Esquema del ADEVA

ESQUEMA DEL ADEVA		
FUENTE DE VARIACIÓN		GRADOS DE LIBERTAD
Total	$(tr)-1$	29
Repeticiones	$(r-1)$	2
Tratamientos	$(t-1)$	9
Factor a	$(a-1)$	2
Factor b	$(b-1)$	2
Factor a x b	$(a - 1)(b - 1)$	4
Testigo vs resto	1	1
Error	$(t-1)* (r-1)$	18

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

9.8. Factores en estudio

Factor A: Dosis de biol enriquecido

D1: 2 litros

2 litros/ 15 plantas = 0.13 litros por planta

D2: 3 litros

3 litros/ 15 plantas = 0.20 litros por planta

D3: 4 litros

4 litros/ 15 plantas = 0.26 litros por planta

Factor B: Frecuencias de aplicación

F1: 14 días

F2: 28 días

F3: 42 días

TA: Sin aplicación

9.9. Tratamientos del ensayo experimental

Tabla 15 Tratamientos y dosis del ensayo experimental

Tratamientos	Codificación	Descripción
T1	D1F1	2 litros, 14 días
T2	D1F2	2 litros, 28 días
T3	D1F3	2 litros, 42 días
T4	D2F1	3 litros, 14 días
T5	D2F2	3 litros, 28 días
T6	D2F3	3 litros, 42 días
T7	D3F1	4 litros, 14 días
T8	D3F2	4 litros, 28 días
T9	D3F3	4 litros, 42 días
T0	DOB0	Testigo

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

9.10. Operacionalización de variables

Tabla 16 Variables en estudio

Variables en estudio	Elementos	Aspectos medidos	Medida
Independiente	Biol	Preparación	Litros
		Dosis	Litros
		Frecuencias	Días
Dependiente	Formación de la planta	Altura	cm
		Diámetro de repollo	cm
		Ancho de hoja	cm
		Largo de hoja	cm
		Número de hojas	#
		Número de tallos	#
	Producción del cultivo	Peso del producto	Kg

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

9.11. Datos registrados durante el proceso de investigación

9.11.1. Fase campo

9.11.1.1. Altura de planta (cm)

En cada tratamiento se realizó la evaluación de la altura de las plantas en lechuga crespa, apio y lechuga de repollo, utilizando plantas seleccionadas para cada especie. En el caso de la lechuga crespa los muestreos fueron hasta 60 días luego del trasplante; mientras que

en apio y lechuga de repollo la evaluación fue hasta 105 días luego del trasplante. Se midió la altura de las plantas de unas hortalizas como lechuga crespa, lechuga de repollo, apio, etc. Esto se midió desde la base de la planta a nivel del suelo hasta el ápice (parte más alta). En el caso de la lechuga crespa, se tomó la hoja más alta completamente desplegada; en la lechuga de repollo, se midió hasta la parte más alta del cogollo ya formado; y en el apio, el pecíolo de mayor longitud. Esta medición se realizó con un flexómetro graduado en centímetros, colocado de forma vertical sin comprimir el follaje, con el fin de asegurar precisión y uniformidad en la recolección de los datos.

9.11.1.2. Número de hojas (#)

Para la variable cantidad de hojas, la recolección de datos se efectuó en lechuga crespa hasta los 60 días posteriores a la siembra, mientras que en lechuga de repollo se realizó a los 105 días y el apio la evaluación se extendió hasta los 105 días después de la siembra. Las determinaciones se llevaron a cabo en plantas elegida dentro de cada tratamiento, registrándose los resultados obtenidos en cada periodo de evaluación. Por conteo directo se estableció el número de hojas por planta, que se considera un procedimiento realista y uniforme para la obtención de la información. El conteo tuvo en cuenta todas las hojas verdaderas, completamente desarrolladas y funcionales.

Que tenían las plantas en la fecha de medida. En el caso de las hojas secas, dañadas o en proceso de deterioro, no fueron tenidas en cuenta. Se contabilizaron todas las hojas desplegadas que integraban la roseta en la lechuga crespa en cada uno de los momentos de evaluación. Para la producción de apio el conteo comprendió todas las hojas funcionales brotadas acreditadas a la base del tallo, hasta la zona apical de la planta. En 105 día después de la siembra, etapa de recolección, se realizó el conteo total de hojas solamente. Para este procedimiento, se descompactó manualmente la estructura del repollo, separando cuidadosamente cada una de las hojas que la constituían para proceder al conteo individual por planta.

9.11.1.3. Ancho de hoja (cm)

Para la variable anchura de hoja, las mediciones se realizaron en lechuga crespa hasta los 60 días posteriores a la siembra, mientras que en lechuga de repollo la evaluación se extendió hasta la cosecha, a los 105 días después de la siembra. Se hicieron los estudios sobre plantas seleccionadas de cada tratamiento, siendo registrado lo que se obtenga para su respectivo análisis. La medición del ancho foliar se llevó a cabo utilizando un

flexómetro que garantizó exactitud y uniformidad de la experimentación. En el caso de la lechuga crespa, el ancho foliar se midió sobre la hoja completamente extendida situada en la parte media de la planta, dado que es la que mejor representa la condición de la misma. En cuanto a la lechuga de repollo, las mediciones se llevaron a cabo en las hojas exteriores más desarrolladas que integran la formación del repollo, eligiendo aquellas de dimensiones superiores y con madurez fisiológica adecuada, con el propósito de garantizar registros uniformes y comparables entre los distintos tratamientos evaluados.

9.11.1.4. Largo de hoja (cm)

Para la variable longitud de la hoja, se efectuó la recolección de datos en lechuga crespa hasta los 60 días, y la lechuga de repollo hasta los 105 días posteriores a la siembra. Se realizaron las evaluaciones en las plantas elegidas previamente dentro de cada tratamiento, registrándose los valores obtenidos en cada uno de los períodos de medición. La longitud de la hoja se determinó usando un flexómetro, proporcionando consistencia y precisión en las mediciones (CG y RH, 2010).

Para la lechuga crespa, la longitud foliar se determinó en la hoja totalmente desplegada ubicada en la zona media de la planta, ya que ésta es un indicador representativo del desarrollo vegetativo. La medida comienza desde la base del limbo, en el punto de unión con el pecíolo, y alcanza la parte superior del limbo. En el caso de la lechuga de repollo las mediciones se tomaron de las hojas más desarrolladas externas en cada evaluación, se eligieron las que se encontraban con la mejor condición fisiológica. El registro de longitud se refiere a la distancia recorrida entre la base de la lámina foliar y el ápice de la hoja, cumpliendo con este mismo criterio en el resto de las evaluaciones.

9.11.1.5. Diámetro de repollo (cm).

Para la variable diámetro de la lechuga de repollo, las mediciones se llevaron a cabo durante la cosecha, a los 105 días posteriores a la siembra. La evaluación se realizó en plantas seleccionadas dentro de cada tratamiento, registrándose los resultados obtenidos para su análisis posterior. El diámetro del repollo se estableció midiendo su ancho máximo o diámetro ecuatorial, para lo cual se utilizó un calibrador tipo pie de rey ubicado en la zona central de la cabeza. Con el fin de asegurar consistencia en las mediciones, se eliminaron previamente las hojas exteriores sueltas, evaluándose exclusivamente la porción compacta con valor comercial. El empleo del calibrador garantizó precisión y confiabilidad en los registros obtenidos.

9.11.1.6. Peso en la cosecha (kg)

Se pesó la planta completa (con raíz) de inmediato tras la cosecha. La lechuga cresspa se cosechó a los 60 días; el apio y la lechuga de repollo, a los 105 días. Por tratamiento, se pesaron 3 plantas de cada especie. El peso se registró en kilogramos (kg).

9.12. Diseño del ensayo en campo

Tabla 17 Distancia de las parcelas en estudio

Variables	Datos
Área por parcela	1,5 m ²
Parcela útil	9 plantas
Población por parcela	15 plantas
Distancia entre plantas	0,30 m
Separación entre parcelas	0,50 m
Dimensiones	1 m × 1,5 m
Tratamientos	10
Repeticiones	3
Unidades experimentales	30
Área total	59.5 m ²

(Quishpe, 2026)

9.13. Manejo del ensayo

9.13.1. Análisis de suelo inicial

Para las muestras del análisis inicial se realizó una práctica de muestro de suelo en el área que se realizó el ensayo, las muestras que se tomaron fue de un recorrido en zigzag, la profundidad que se hizo para obtener el suelo fue de 18cm y el ancho fue similar. Del muestreo que se realizó, se procedió a hacer una mezcla homogénea para obtener el peso requerido El peso solicitado por el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias fue de un kilogramo de suelo. (INIAP, Analisis del suelo inicial, 2024)

Tabla 18 Análisis inicial del suelo

Análisis Inicial	pH	N	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	MO	Textura
Unidad		ppm	ppm	ppm	Meq/100g	Meq/100g	Meq/100g	ppm	ppm	ppm	%	Franco
24-1875	8,52											
		84.16	252,03		2,78	24,39	6,22				2,87	

Fuente: (INIAP, 2024)

9.13.2. Preparación del terreno y nivelación

Para la preparación y nivelación del terreno se utilizaron las siguientes herramientas: pala de desfonde, pala cuadrada, azadón y rastillo. Se procedió a aflojar el suelo con el fin de mejorar la aireación y proceder con la nivelación, se formaron las platabandas listas para la delimitación de las unidades experimentales, para posteriormente la aplicación del biol.

9.13.3. Delimitación y distribución del área del ensayo

Para la delimitación y distribución del área se utilizaron los siguientes materiales: cinta métrica, piola plástica y estacas de 0.45 cm, se colocó una estaca inicial como punto de referencia, con la piola trazamos los límites al contorno de las cuatro estacas colocadas a las esquinas, colocado la piola a los extremos procedimos a organizar los tratamientos en el área de estudio.

9.13.4. Aplicación de diseño experimental

Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA), mediante el cual se analizaron 10 tratamientos, estructurados bajo un esquema factorial $3 \times 3 + 1$, producto de la interacción entre tres dosis y tres frecuencias, además de un tratamiento testigo. La recopilación de la información se llevó a cabo de forma ordenada y continua para cada uno de los tratamientos considerados en el estudio. Asimismo, en el análisis estadístico se aplicó el contraste Testigo vs Resto, con el fin de evaluar las diferencias existentes entre el tratamiento testigo y el conjunto de tratamientos evaluados.

9.13.5. Adquisición del material para investigación

El material para la investigación (lechuga crespa, lechuga de repollo y apio) adquirimos el cantón Latacunga, barrio San Buenaventura. El abono de fondo se aplicó Eco Abonaza que se consiguió en un local de agroquímicos ubicado en el cantón Pujilí.

9.13.6. Plantación

Un día antes de la plantación de las hortalizas se humedeció las platabandas, asegurándonos una mejor adaptación de las plántulas en estudio, Para la siembra las distancias fueron de 0.30 entre planta y 0,30 entre hilera, las distancias establecidas facilitó el manejo de las labores culturales en el ensayo.

9.13.7. Procedimiento de elaboración del biol enriquecido

La elaboración para el biol enriquecido, se añadió agua en un tanque de plástico. Posteriormente se incorporaron los insumos orgánicos elegidos para este estudio como son panela diluida, yogur natural, suero de leche, ortiga, cáscara de huevo, estiércol de cuy, ceniza de leña y restos de hortalizas. Procedimos a colocar todos los insumos en el tanque que estaba con agua, se mezcló hasta tener una composición equilibrada. Ya elaborado el biol se dejó fermentar por 30 días, pasado los treinta días se ejecutó con la aplicación de biol que eran a los 14, 28 y 42 días.

9.13.8. Dosis de Aplicación

En este ensayo se usaron tres dosis de biol enriquecidos, la aplicación del líquido del biol se realizó directamente al suelo, y poniendo la dosis correcta en cada tratamiento en la repetición que correspondiente, para ello la aplicación de biol se ejecutó después de la siembra a los 14,28 y 42 días, las plantas aplicadas fueron 15 por cada tratamiento.

- a) Dosis 1: Se aplicó 2 litros de biol, la repetición fue homogénea, poniendo la cantidad correspondiente a las 5 plantas asignadas para la evaluación de cada tratamiento.
- b) Dosis 1: Se aplicó 3 litros de biol, la repetición fue homogénea, poniendo la cantidad correspondiente a las 5 plantas asignadas para la evaluación de cada tratamiento.
- c) Dosis 1: Se aplicó 4 litros de biol, la repetición fue homogénea, poniendo la cantidad correspondiente a las 5 plantas asignadas para la evaluación de cada tratamiento.

9.13.9. Aplicación del biol

La aplicación del biol se llevó a cabo en los tratamientos establecidos en el experimento, empleando las dosis definidas para cada tratamiento, excluyéndose los tratamientos

testigo. El biol fue aplicado mediante aplicación localizada al suelo, depositándolo alrededor de la base de las plantas, con el fin de favorecer su incorporación al suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes y facilitar su absorción por el sistema radicular.

Tabla 19 Cronograma de aplicación del biol enriquecido

Código	Dosis	Frecuencia (días)	Mes 1			Mes 2		
D1F1	2 L	14 días						
D1F2	2 L	28 días						
D1F3	2 L	42 días						
D2F1	3 L	14 días						
D2F2	3 L	28 días						
D2F3	3 L	42 días						
D3F1	4 L	14 días						
D3F2	4 L	28 días						
D3F3	4 L	42 días						

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

9.13.10. Riego

Para el riego utilizamos una manguera de ½ pulgada asegurando una buena distribución de agua en las platabandas, el riego realizado se realizó tres veces a la semana.

9.13.11. Registro de datos

El registro de datos se realizó el primer día después del trasplante de las plántulas en estudio, a continuación, se procedió con las fechas establecidas de 15, 30, y 45 días, la toma de datos se efectuó hasta culminar la investigación.

9.13.12. Deshierbe

El deshierbe se ejecutó a los 20 días después de la siembra ya que existió las primeras malezas en las platabandas en estudio, se realizó con el fin de tener unas platabandas limpias. Esto permitió que el agua y el biol pueda consumirse en el suelo sin ningún inconveniente.

El apoque se realizó a los 40 días, ya que algunas plantas necesitaban que les cubriera al contorno con tierra, esto fue con el fin de sostener la humedad y estimular el crecimiento, desarrollo de la planta.

9.13.13. Cosecha

La recolección de la producción se procedió cuando las plantas lograron su desarrollo, calidad y color, como días promedio se ejecutó a los 60 días para la lechuga crespa, para la lechuga de repollo y apio fue a los 105 días a la cosecha

9.13.14. Tabulación de los resultados

El análisis estadístico se realizó con el software Infostat, mientras que la organización y tabulación previa de los datos se trabajó en Microsoft Excel.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Lechuga Crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*)

10.1.1. Altura de planta

Tabla 20ADEVA para la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.

Fuentes de Variación.	de g.l	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días					
		p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM				
REPETICIÓN	2	0,3858	0,21	0,6172	0,16	0,9257	1,07	0,6052	2,78	0,3936					
TRATAMIENTO	9	0,0379	*	1,28	0,0239	*	4,54	0,0478	*	5,68	0,0237	*	9,53	0,0135	*
A (DOSIS)	2	0,0221	*	2,07	0,0094	**	6,90	0,0293	*	9,74	0,0101	*	17,24	0,0040	**
B (FRECUENCIAS)	2	0,7178	ns	0,14	0,7133	ns	0,57	0,7410	ns	0,40	0,8180	ns	0,98	0,7108	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,0553	ns	1,27	0,0397	*	1,88	0,0723	ns	1,98	0,0625	ns	8,01	0,0514	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,8681	ns	0,61	0,7427	ns	2,38	0,7626	ns	2,72	0,7780	ns	4,17	0,8074	ns
ERROR TOTAL	18		0,43		2,07		2,08		2,83						
CV		8,88		7,86		11,28		8,59		8,09					

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 20. El análisis ADEVA para la variable altura de la planta de lechuga crespa reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45 y 60 días evaluados, con valores de p inferiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este también resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, destacándose una significancia altamente significativa a los 15 y 60 días. Dado lo anterior, el factor Frecuencias (B) no fue significativo en ninguno de los días, ya que todos los valores de p fueron superiores a 0,05 en todas las mediciones. La interacción entre Dosis y Frecuencia (A × B) solo alcanzó significancia estadística a los 15 días, ya que en el resto de los días no se observaron diferencias significativas. No se presentaron diferencias significativas entre el Testigo y el resto en los tres días evaluados. El coeficiente de variación correspondientes a la variable altura de planta a los 0, 15, 30, 45 y 60 días posteriores, fueron 8,88 %; 7,86 % ;11,28% ;8,59 % ;8,09 % respectivamente.

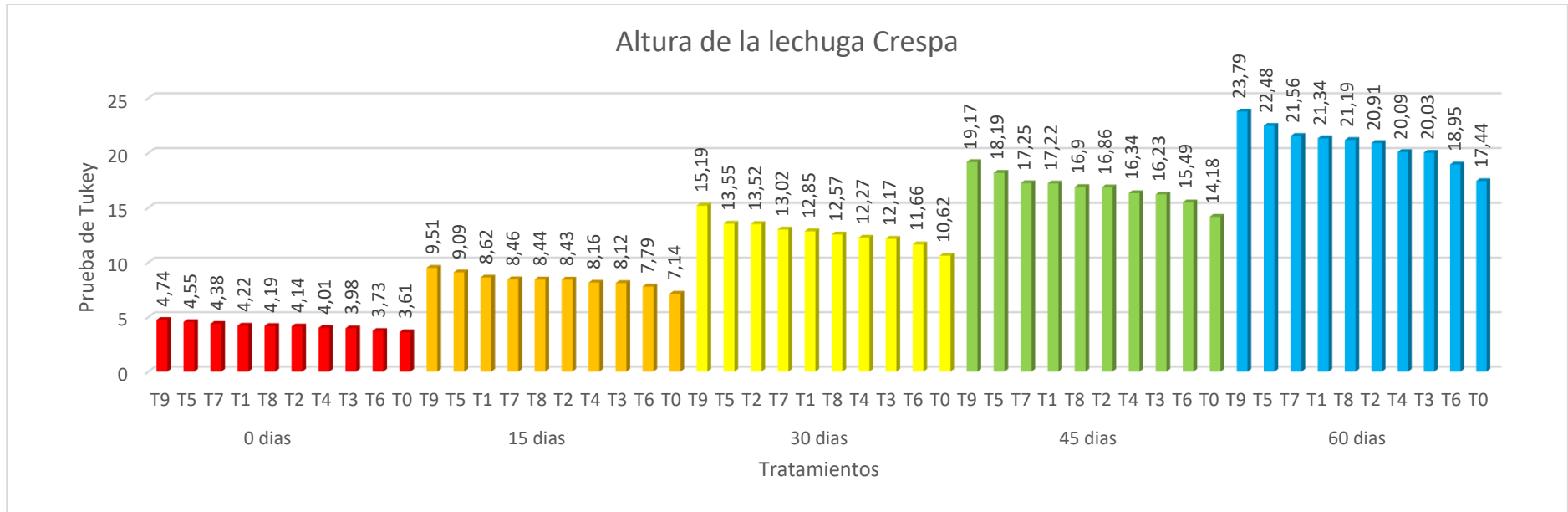
Tabla 21 Prueba Tukey al 5 % para tratamientos en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.

0 días		15 días		30 días		45 días		60 días	
Tratamientos	Medias	Tratamientos	Medias	Tratamientos	Medias	Tratamientos	Medias	Tratamientos	Medias
T9	4,74 A	T9	9,51 A	T9	15,19 A	T9	19,17 A	T9	23,79 A B
T5	4,55 A B	T5	9,09 A	T5	13,55 A B	T5	18,19 A B	T5	22,48 A B
T7	4,38 A B	T1	8,62 A B	T2	13,52 A B	T7	17,25 A B	T7	21,56 A B
T1	4,22 A B	T7	8,46 A B	T7	13,02 A B	T1	17,22 A B	T1	21,34 A B
T8	4,19 A B	T8	8,44 A B	T1	12,85 A B	T8	16,9 A B	T8	21,19 A B
T2	4,14 A B	T2	8,43 A B	T8	12,57 A B	T2	16,86 A B	T2	20,91 A B
T4	4,01 A B	T4	8,16 A B	T4	12,27 A B	T4	16,34 A B	T4	20,09 A B
T3	3,98 A B	T3	8,12 A B	T3	12,17 A B	T3	16,23 A B	T3	20,03 A B
T6	3,73 A B	T6	7,79 A B	T6	11,66 A B	T6	15,49 A B	T6	18,95 A B
T0	3,61 B	T0	7,14 B	T0	10,62 B	T0	14,18 B	T0	17,44 B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 21. Según la prueba de Tukey, a los 0 días el tratamiento T9 presentó la media más alta (4,74) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo T0 registró la media más baja (3,61) en el grupo B. A los 15 días, T9 volvió a presentar la mayor media (9,51) en el grupo A y T0 la menor (7,14) en el grupo B. A los 30 días, T9 alcanzó 15,19 (grupo A) y T0 10,62 (grupo B). A los 45 días, T9 presentó 19,17 (A) y T0 14,18 (B). Finalmente, a los 60 días, T9 registró la media más alta con 23,79 (A-AB) y T0 la más baja con 17,44 (B), evidenciando que T9 mostró consistentemente los mayores valores y el testigo los menores durante todo el período evaluado.

Gráfico 2 Prueba de Tukey al 5% para el Factor tratamientos en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 2. Según la prueba de Tukey para la variable altura de planta en lechuga crespa, se destaca el comportamiento del tratamiento T9 (D3F3: 4 litros cada 42 días). Este tratamiento mostró un aumento continuo a lo largo de todo el periodo de evaluación, registrando valores de 4,74 cm a los 0 días; 9,51 cm a los 15 días; 15,19 cm a los 30 días; 19,17 cm a los 45 días y 23,79 cm a los 60 días. Esta tendencia ascendente refleja el impacto favorable de la dosis más alta de biol en el crecimiento vegetativo del cultivo.

El Tratamiento 9 (D3F3: 4 litros cada 42 días) presentó la mayor altura (23,79 cm), mientras que el Testigo (T0: sin aplicación de biol) registró la menor altura (17,44 cm); resultados que son similares a los reportados por (Altieri, M. A., & Nicholls, C., 2017) quienes en sus estudios presentaron que dosis más elevadas de biofertilizantes líquidos como el biol producen el mayor desarrollo vegetativo, tal como se observó en los tratamientos de este estudio. Esto puede atribuirse a que el biol contribuyó a mejorar la nutrición de la planta, favoreciendo una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales y estimulando la actividad biológica del suelo. Dicho efecto permitió optimizar los procesos fisiológicos relacionados con la síntesis de clorofila, la fotosíntesis y la producción de biomasa, promoviendo así una mayor elongación celular y, en consecuencia, un incremento en la altura de las plantas. En contraste, el testigo, al no recibir aplicación de biol, presentó un menor desarrollo vegetativo.

El análisis del biol aplicado evidenció que, pese a presentar bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno total (<0,3 %), este último fue el nutriente de mayor influencia en el crecimiento de la planta de lechuga crespa, al ser fundamental en la síntesis de proteínas, enzimas y clorofila, lo que incrementa la actividad fotosintética y favorece la división y elongación celular en los meristemos; asimismo, el potasio (en nivel alto) contribuyó regulando el balance hídrico y activando enzimas que facilitan la expansión celular, mientras que el fósforo (nivel medio) aportó energía metabólica (ATP) para sostener el crecimiento activo, y el magnesio, hierro y calcio apoyaron procesos complementarios como la formación de clorofila y el fortalecimiento de la estructura celular, determinando que, aunque varios nutrientes participaron de forma sinérgica, el nitrógeno fue el principal elemento que impulsó el desarrollo aéreo de la lechuga crespa.

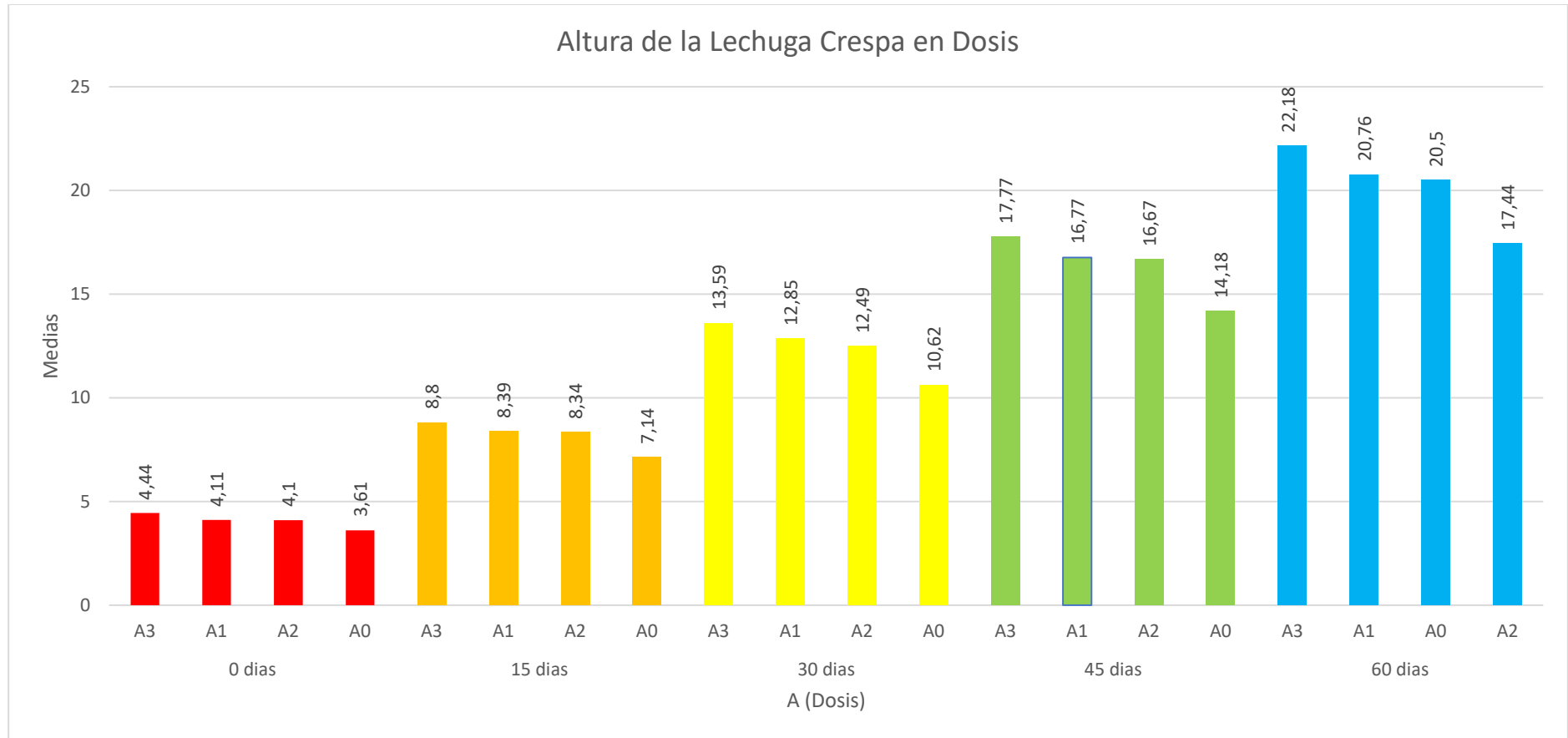
Tabla 22 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.

Altura de Lechuga crespa en Dosis														
0 días			15 días			30 días			45 días			60 días		
A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango
A3	4,44	A	A3	8,8	A	A3	13,59	A	A3	17,77	A	A3	22,18	A
A1	4,11	A	B A1	8,39	A	A1	12,85	A	A1	16,77	A	A1	20,76	A
A2	4,1	A	B A2	8,34	A	A2	12,49	A	B A2	16,67	A	A0	20,5	A
A0	3,61		B A0	7,14		B A0	10,62		B A0	14,18		B A2	17,44	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 22. Según la prueba de Tukey, a los 0 días la dosis A3 presentó la media más alta (4,44) ubicándose en el grupo A, mientras que la dosis A0 registró la media más baja (3,61) en el grupo B. A los 15 días, A3 volvió a presentar la mayor media (8,80) en el grupo A y A0 la menor (7,14) en el grupo B. A los 30 días, A3 alcanzó 13,59 (grupo A) y A0 10,62 (grupo B). A los 45 días, A3 presentó 17,77 (A) y A0 14,18 (B). Finalmente, a los 60 días, A3 registró la media más alta con 22,18 (A) y A2 la más baja con 17,44 (B), evidenciando que A3 mostró consistentemente los mayores valores durante todo el período evaluado.

Gráfico 3 Prueba Tukey al 5% para Factor A (Dosis) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 3. Según la prueba de Tukey, la dosis A3 presentó los mayores valores durante todo el período evaluado, registrando 4,44 cm a los 0 días; 8,80 cm a los 15 días; 13,59 cm a los 30 días, 17,77 cm a los 45 días y 22,18 cm a los 60 días, evidenciando un incremento progresivo en la altura de planta en Dosis. La dosis (A3:4 litros) presentó la mayor altura a los 105 días que es (22,18 cm), mientras que la Dosis (A2: 3 litros de biol) registró la menor altura (17,44 cm); resultados que son similares a los reportados por (Altieri, M. A., & Nicholls, C., 2017) quienes en sus estudios presentaron que dosis más elevadas de biofertilizantes líquidos como el biol producen el mayor desarrollo vegetativo, tal como se observó en los tratamientos de este estudio. En este caso, la incorporación de 4 litros facilitó una mayor disponibilidad de nitrógeno, nutriente esencial en la formación de proteínas y clorofila, estimulando la multiplicación y el alargamiento celular en los tejidos del vástago. De igual forma, el suministro elevado de potasio optimizó el equilibrio hídrico y la actividad enzimática, promoviendo el crecimiento de las células, en tanto que el fósforo intervino en el suministro energético indispensable para mantener el desarrollo activo.

Al comparar el análisis del biol con los resultados obtenidos en la altura de planta de lechuga crespa según las dosis aplicadas, se evidencia que la dosis mayor (A3: 4 litros) favoreció un mejor desarrollo vegetativo debido a la mayor cantidad de nutrientes disponibles. Aunque el biol presentó materia orgánica baja (2,1%) y nitrógeno total muy bajo (<0,3%), elemento fundamental para el crecimiento en altura, ya que interviene en la síntesis de proteínas, formación de clorofila y estimulación de la división y elongación celular. Asimismo, el potasio, que se encontró en nivel alto (207,43 mg/100g), influyó significativamente en la regulación hídrica, activación enzimática y expansión celular, aspectos directamente relacionados con el incremento de tamaño de la planta. El fósforo en nivel medio (23,41 mg/100g) otorgó la energía (ATP) necesaria para sostener los procesos metabólicos de un crecimiento activo, el calcio (bueno) fortaleció las paredes celulares, el magnesio (regular) fue importante en la fotosíntesis al formar parte de la clorofila y el hierro (suficiente) participó en procesos enzimáticos importantes. La absorción de algunos micronutrientes puede quedar favorecida por un pH ácido (5,45). El nitrógeno fue el nutriente que más influyó en la altura de la lechuga crespa, y su mayor disponibilidad en la dosis A3 explicó el incremento significativo en comparación con dosis menor.

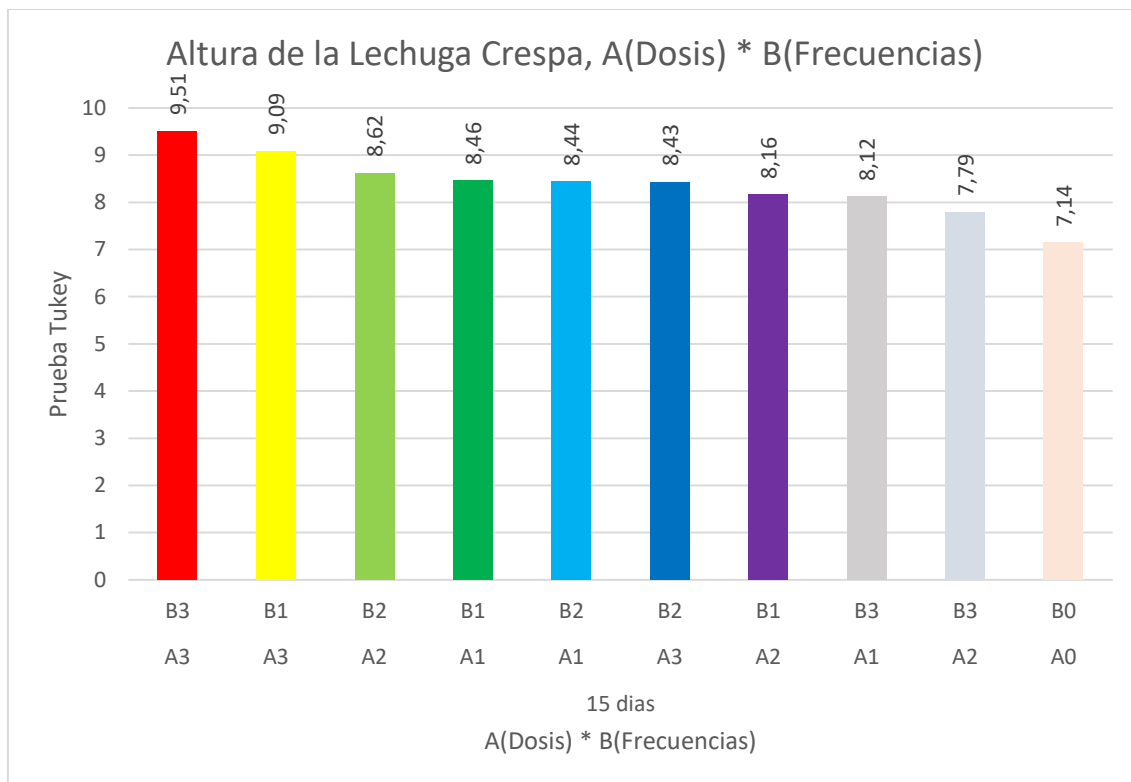
Tabla 23 Prueba Tukey al 5 % para A (Dosis)* B (Frecuencias) a los 15 días en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.

Altura de Lechuga crespa, A (Dosis)* B (Frecuencias)				
A (Dosis)	B (Frecuencias)	Medias	Rango	
A3	B3	9,51	A	
A3	B1	9,09	A	
A2	B2	8,62	A	B
A1	B1	8,46	A	B
A1	B2	8,44	A	B
A3	B2	8,43	A	B
A2	B1	8,16	A	B
A1	B3	8,12	A	B
A2	B3	7,79	A	B
A0	B0	7,14		B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 23. Según la prueba de Tukey, a los 15 días para la interacción de A(Dosis)* B(Frecuencias) D3F3 presentó la media más alta (9,51) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo A0B0 registró la media más baja (7,14) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados.

Gráfico 4 Prueba de Tukey al 5% para A (Dosis)* B (Frecuencias) en la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

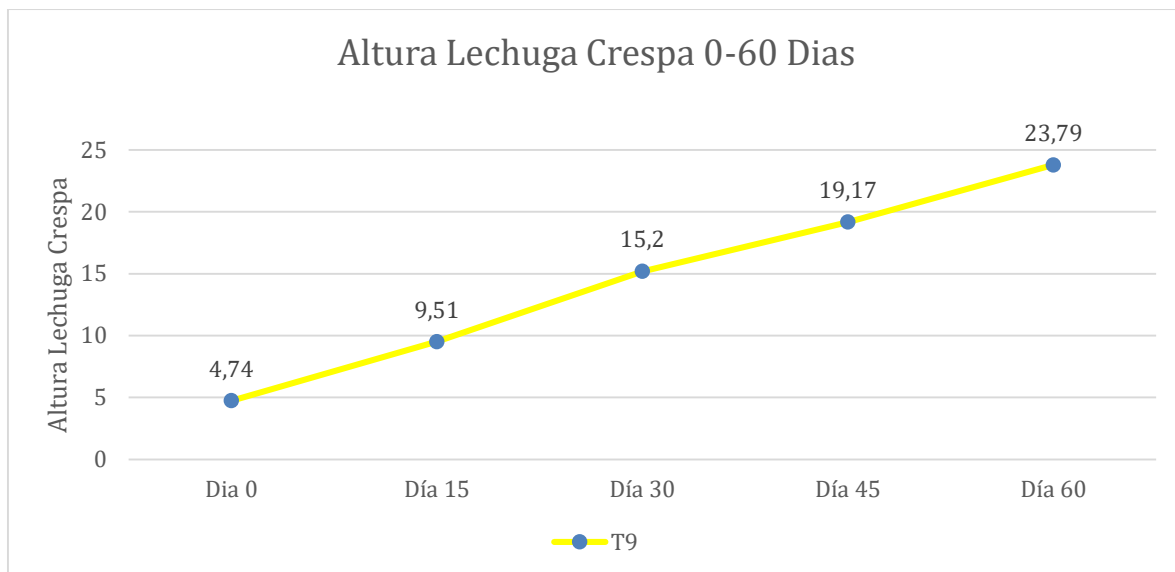
En la Gráfica 4. Según la prueba de Tukey para la interacción Dosis \times Frecuencias, a los 15 días el tratamiento D3F3 presentó la media más alta (9,51), mientras que el testigo A0B0 registró la media más baja (7,14), evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento D3F3 (4 litros cada 42 días) presentó la mayor altura (9,51 cm), mientras que el Testigo (D0F0: sin aplicación de biol) registró la menor altura (7,14 cm), demostrando el efecto positivo de la combinación dosis y frecuencia en el desarrollo vegetativo del cultivo. resultados que son similares a los reportados por (Altieri, M. A., & Nicholls, C., 2017), quienes en sus estudios presentaron que dosis más elevadas de biofertilizantes líquidos como el biol producen el mayor desarrollo vegetativo, tal como se observó en los tratamientos de este estudio. lo que resulta en un mayor desarrollo de la estructura aérea. En este contexto, la combinación A3B3 (4 litros cada 42 días) propició una mejor disponibilidad y asimilación de nutrientes, particularmente nitrógeno, elemento fundamental para la elongación del tallo y la generación de nuevos tejidos. Además, el suministro constante contribuyó a sostener la actividad fotosintética y la proliferación celular durante todo el ciclo del

cultivo, previniendo deficiencias nutricionales. De esta manera, el aumento en la altura registrado en este tratamiento respalda lo señalado por los autores, quienes afirman que dosis más elevadas de biofertilizantes estimulan un crecimiento vegetal más robusto, evidenciado en una mayor estatura de la planta.

En el análisis se encontró un bajo contenido de materia orgánica (2,1 %), muy bajo en nitrógeno total (<0,3 %), medio en fósforo (23,41 mg/100 g), alto en potasio (207,43 mg/100 g), bueno en calcio (155,82 mg/100 g), regular en magnesio (35,54 mg/100 g), suficiente en hierro (4,73 mg/100 g), bajo en ceniza (1,01 %) y ácido en pH (5,45). Este crecimiento se debió, dentro del AB (dosis × frecuencia), a estas características. El uso de una dosis alta (A3) de Nitrógeno con una frecuencia constante (B3), a pesar de la baja concentración de este elemento, ha aumentado el suministro total de Nitrógeno, lo que promueve la producción de proteínas y clorofila y la división y elongación celular que conducen al crecimiento en altura. Este fertilizante, con su riqueza en potasio, ayuda a regular el agua y a expandir la celular, lo cual mejora el vigor y porte de la planta. El fósforo en cantidad media aporta energía metabólica para garantizar un crecimiento activo y, por otro lado, el calcio ayuda a reforzar las paredes celulares para el desarrollo de nuevas estructuras. El magnesio formo parte de la clorofila que es el pigmento que captura la luz solar, y el hierro participo en diferentes procesos enzimáticos.

. Adicionalmente, el pH ácido pudo facilitar la disponibilidad de ciertos micronutrientes. En síntesis, la interacción A*B permitió una acción complementaria y prolongada de estos nutrientes, destacándose el nitrógeno como el de mayor incidencia directa en el incremento de la altura vegetal.

Gráfico 5 Línea de tiempo de la variable altura de planta de la lechuga crespa en el tratamiento 9 a los 0 hasta 60 días.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En el gráfico 5. En la línea de tiempo el tratamiento T9 (D3F3: 4 litros de biol cada 42 días) coincide el tratamiento 9 desde el día 0 hasta los 60 días. Al día 0, en la altura de lechuga crespa fue de 4,74 cm; a los 15 días 9,51 cm; a los 30 días 15,20 cm; a los 45 días 19,17 cm y a los 60 días 23,79 cm, evidenciando un incremento progresivo durante todo el período de evaluación. En la línea de tiempo del Tratamiento T9 (4 litros cada 42 días), la lechuga crespa aumentó progresivamente su altura desde 4,74 cm (día 0) hasta 23,79 cm (día 60), evidenciando un crecimiento constante asociado a la disponibilidad continua de nitrógeno y potasio. Este comportamiento valida experimentalmente lo afirmado por Altieri y Nicholls (2017), se estima que los biofertilizantes líquidos en dosis adecuadas no solo mejoran la nutrición vegetal, sino que igualmente generan condiciones fisiológicas que facilitan un desarrollo vigoroso y estable a lo largo del ciclo. La aplicación de bioestimulantes cada 42 días generó un suministro continuo de nutrientes y compuestos bioactivos, que mantuvieron activa la fotosíntesis, la división celular y los procesos metabólicos esenciales. Esto se tradujo en un incremento constante de la altura hasta cosecha, de acuerdo con los autores.

10.1.2. Número de hojas (#)

Tabla 24 ADEVA para la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.

Fuentes de Variación.	g.l	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días					
		p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor					
REPETICIÓN	2	0,3619	0,10	0,8846	2,06	0,2303	7,24	0,0902	16,89	0,0551					
TRATAMIENTO	9	0,3619	ns	1,61	0,1028	ns	3,72	0,0265	*	1,62	0,1843	ns	7,32	0,2278	ns
A (DOSIS)	2	0,2654	ns	2,91	0,0232	*	6,15	0,0143	*	4,06	0,2972	ns	4,06	0,1830	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,2493	ns	0,33	0,6489	ns	0,13	0,9120	ns	0,30	0,9072	ns	0,30	0,9873	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,8671	ns	1,27	0,1852	ns	3,70	0,0594	ns	6,35	0,1247	ns	6,35	0,2890	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,5107	ns	1,61	0,0707	ns	3,72	0,0296	*	4,24	0,2634	ns	7,32	0,3514	ns
ERROR	18			0,81			1,29			2,62			4,94		
TOTAL	29														
CV		25,81		12,52		11,66		13,28		15,69					

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 24. El análisis ADEVA para la variable número de hojas de la planta de lechuga crespa reveló que el factor Tratamientos no mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 45 y 60 días, presentando valores de p superiores a 0,05; sin embargo, a los 30 días se evidenció significancia estadística con un valor de p inferior a 0,05. En relación con el factor Dosis (A), se encontró diferencia estadística a los 15 y 30 días, y en los demás días no se encontraron diferencias. En otro orden de ideas, el factor Frecuencias (B) no se encontró en ningún día en una situación significativa, ya que todos los valores de p fueron superiores a 0,05. La interacción entre Dosis y Frecuencia (A × B) no alcanzó significancia estadística en ninguno de los días evaluados. Finalmente, la comparación Testigo vs Resto mostró significancia estadística únicamente a los 30 días, mientras que en el resto de los días no se observaron diferencias significativas. El coeficiente de variación correspondientes a la variable número de hojas a los 0, 15, 30, 45 y 60 días posteriores fueron 25,81 %; 12,52 %; 11,66 %; 13,28 % y 15,69 % respectivamente.

Tabla 25 Prueba Tukey al 5 % para Factor tratamientos en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.

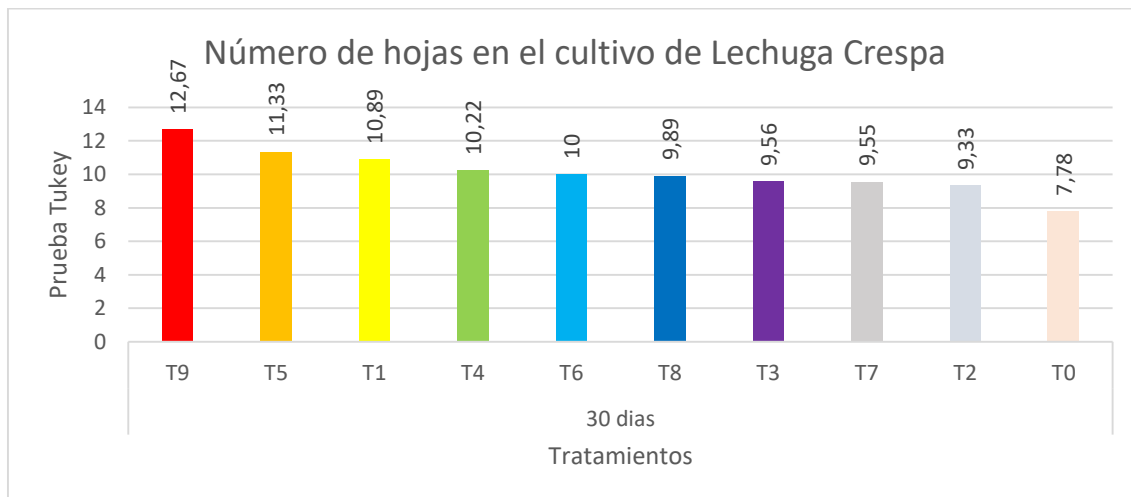
30 días		
Tratamientos	Medias	Rango
T9	12,67	A
T5	11,33	A
T1	10,89	A B
T4	10,22	A B
T6	10,00	A B
T8	9,89	A B
T3	9,56	A B
T7	9,55	A B
T2	9,33	A B
T0	7,78	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 25. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 30 días el tratamiento T9 presentó la media más alta (13) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo T0 registró la media más baja (7,) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento T9 (D3F3: 4 litros cada 42 días) presentó el mayor número de hojas (12), mientras que el Testigo (T0: sin aplicación

de biol) registró el menor número de hojas (8), demostrando el efecto positivo de la aplicación del biol en el desarrollo foliar del cultivo.

Gráfico 6 Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 6. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 30 días el tratamiento T9 presentó la media más alta (13), mientras que el testigo T0 registró la media más baja (8), evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento T9 (D3F3: 4 litros cada 42 días) presentó el mayor número de hojas (13), mientras que el Testigo (T0: sin aplicación de biol) registró el menor número de hojas (8), demostrando el efecto positivo de la aplicación del biol en el desarrollo foliar del cultivo. De acuerdo con lo señalado por (Novriyansyah, 2025), la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos producidos a partir de desechos vegetales y frutales incrementa la disponibilidad y asimilación de nutrientes, lo cual activa los procesos fisiológicos de la planta y favorece una mayor brotación de hojas en el cultivo de lechuga crespa. Este hallazgo concuerda con los resultados observados en esta investigación, en la que el tratamiento T9, con 13 (D3F3: 4 litros de biol aplicados cada 42 días) presentó el promedio más alto en cuanto al número de hojas, superando tanto al testigo como a los tratamientos con dosis menores. Esto indica que una dosis mayor de biol resulta eficaz para potenciar su desarrollo vegetativo. El autor menciona que los fertilizantes orgánicos líquidos aportan nutrientes y estimulan la actividad microbiana del suelo, que a su vez mineraliza y libera nutrientes al área radicular. Este fortalecimiento de la dinámica biológica de los suelos permite una mejor absorción por las raíces que

afecta la formación de los nuevos brotes foliares. Se señala, de la misma manera, que la liberación lenta de nutrientes evita desbalanceo nutricional, garantizando un estímulo constante en los tejidos meristemáticos responsables por la producción de hojas. En este sentido, el aumento en el número de hojas observado se relaciona con la eficiencia fisiológica de la planta, lo que demuestra que el biofertilizante se comportó como un nutricional y como un estimulador del crecimiento vegetativo.

Según el análisis del biol utilizado, el incremento en el número de hojas se debe a los nutrientes presentes y su incidencia en los procesos fisiológicos de la planta. El potasio (207,43 mg/100 g, nivel alto), que interviene en la activación de enzimas y la regulación de agua, favorece la expansión y la formación de nuevas estructuras foliares. El fósforo (23,41 mg/100 g, nivel medio) aporta la energía metabólica necesaria para la división celular y la formación de tejidos. Pese a que el nitrógeno se encontró en concentración muy baja (<0,3 %), su rol es determinante en la síntesis de clorofila y proteínas, estimulando la producción de órganos vegetativos como las hojas. Adicionalmente, el magnesio (35,54 mg/100 g) contribuyó a la fotosíntesis como componente de la clorofila, el hierro (4,73 mg/100 g) facilitó procesos enzimáticos ligados al crecimiento, y el calcio (155,82 mg/100 g) brindó rigidez a las paredes celulares durante la formación de las hojas. El pH ácido (5,45) pudo favorecer, además, la asimilación de micronutrientes. En síntesis, los elementos del biol actuaron de forma sinérgica, siendo el nitrógeno el de mayor incidencia directa en el incremento del número de hojas, con el potasio y el fósforo como impulsores complementarios del desarrollo vegetativo.

Tabla 26 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.

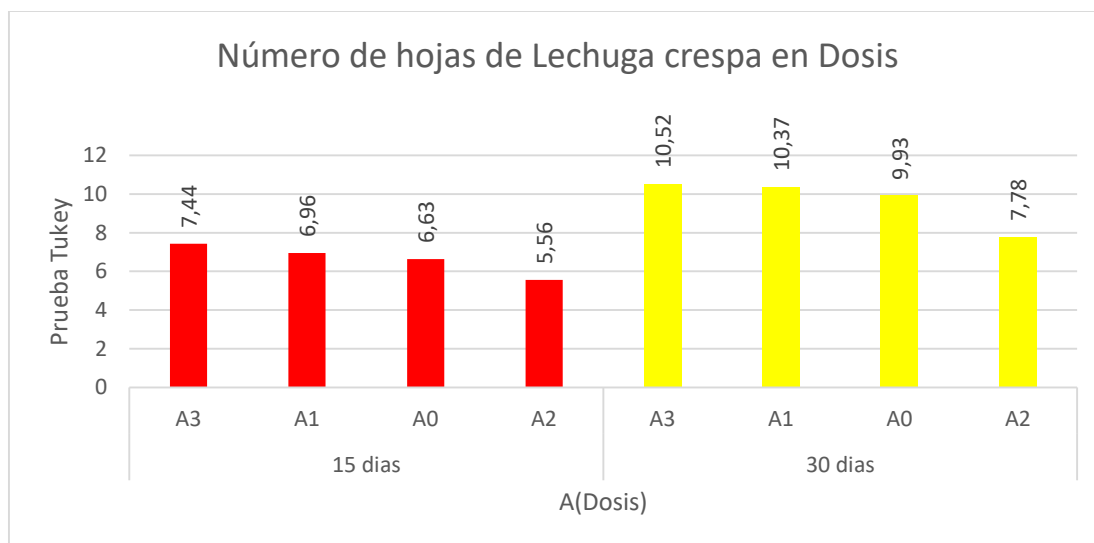
Número de hojas de Lechuga crespa en Dosis

15 días			30 días		
A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango
A3	7,44	A	A3	10,52	A
A1	6,96	A	A1	10,37	A
A0	6,63	A	B A0	9,93	A
A2	5,56	B	B A2	7,78	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 26. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días la dosis A3 presentó la media más alta (7) ubicándose en el grupo A, mientras que la dosis A2 registró la media más baja (6) en el grupo B. A los 30 días, la dosis A3 volvió a presentar la mayor media (11) en el grupo A, mientras que A2 presentó la menor media (8) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa entre la dosis A2 y el resto de las dosis evaluadas. La dosis A3 (4 litros de biol) presentó el mayor número de hojas en ambas evaluaciones (7 y 11), mientras que la dosis A2 registró los menores valores, demostrando la influencia de la aplicación del biol en el desarrollo foliar del cultivo

Gráfico 7 Prueba Tukey al 5% para Factor A (Dosis) en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga Crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 7. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días la dosis (A3: 4 litros de biol) presentó la media más alta (7), mientras que a los 30 días volvió a registrar el mayor valor (11), evidenciando un incremento en el número de hojas conforme avanzó el período evaluado. Estos resultados demuestran la influencia positiva de la aplicación del biol en el desarrollo foliar del cultivo.

Lo expuesto se apoya en lo que señala (Novriyansyah, 2025) quien afirma que la aplicación de biol en dosis elevadas mejorará la disponibilidad y asimilación de nutrientes esenciales por la activación de los procesos fisiológicos que inducen a un crecimiento vegetativo. El autor afirma que, en consecuencia, un incremento en el suministro de nutrientes provoca un aumento en la división celular en los meristemos y la producción de clorofila. Estos dos mecanismos están directamente vinculados a la formación y expansión de las nuevas hojas. En este sentido, la dosis A3 (4 litros) tuvo un aporte más significativo en nutrientes, sobre todo de nitrógeno, que es muy importante en la formación de los tejidos foliares, así como el potasio, que se encarga de regular la expansión celular y la actividad estomática, lo que favoreció el desarrollo de la lámina de la hoja. Igualmente, el fósforo proporcionó la energía necesaria para mantener una producción continua de estructuras vegetativas. Así que, el aumento paulatino en el número de hojas a los 15 y 30 días, confirma que una dosis más grande de biol promueve el crecimiento de hojas de lechuga cressa, en línea con lo que dice la bibliografía.

De acuerdo con el análisis del biol empleado, el incremento en el número de hojas observado puede atribuirse a su composición nutricional. El biol presentó un nivel alto de potasio (207,43 mg/100 g), elemento que promueve la activación enzimática y la expansión celular, procesos clave en la formación y desarrollo de nuevas hojas. Por su parte, el fósforo, en nivel medio (23,41 mg/100 g), suministró la energía metabólica necesaria (ATP) para la división celular en los meristemos foliares. Aunque el contenido de Nitrógeno Total fue muy bajo (<0,3 %) una dosis mayor (4 litros) logra incrementar el aporte total. El Nitrógeno es un nutriente muy importante para la formación de clorofila y proteínas que, a su vez, podrá estimular la emisión foliar. El magnesio (35,54 mg/100 g) también participa en el proceso fotosintético al formar la molécula de clorofila, el hierro (4,73 mg/100 g) participa en enzimas que intervienen en el crecimiento, mientras que el calcio (155,82 mg/100 g) otorga resistencia a las paredes celulares durante el

crecimiento del tejido foliar. El pH ácido (5,45) pudo, además, facilitar la disponibilidad de ciertos micronutrientes, optimizando su asimilación. En síntesis, los nutrientes presentes en el biol, particularmente el nitrógeno y el potasio, incidieron directamente en el aumento progresivo del número de hojas en la lechuga crespa a lo largo del período evaluado.

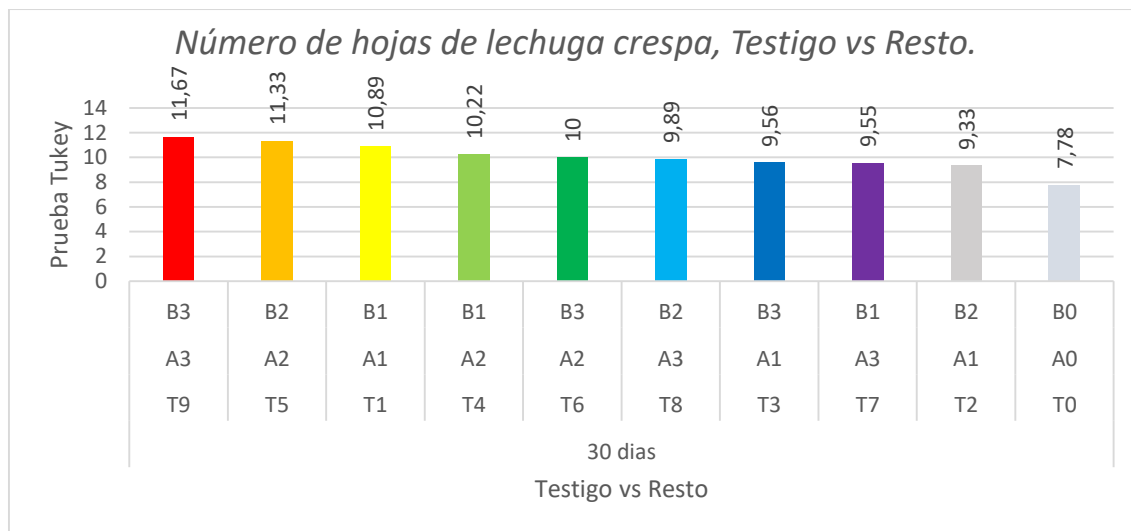
Tabla 27 Prueba Tukey al 5 % para los Factores Testigo vs Resto en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.

Testigo vs Resto					
30 días					
Tratamientos	A (Dosis)	B (Frecuencias)	Medias	Rango	
9	A3	B3	11,67	A	
5	A2	B2	11,33	A	
1	A1	B1	10,89	A	B
4	A2	B1	10,22	A	B
6	A2	B3	10,00	A	B
8	A3	B2	9,89	A	B
3	A1	B3	9,56	A	B
7	A3	B1	9,55	A	B
2	A1	B2	9,33	A	B
0	A0	B0	7,78	B	

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 27. Según la prueba de Tukey al 5 % para la comparación Testigo vs Resto, a los 30 días el tratamiento T9 (A3B3: 4 litros cada 42 días) registró la media más alta (12) ubicándose en el grupo A, mientras que el Testigo T0 (A0B0: sin aplicación de biol) presentó la media más baja (8) ubicándose en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa entre el testigo y el resto de los tratamientos evaluados. Estos resultados demuestran el efecto positivo de la aplicación del biol en el incremento del número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.

Gráfico 8 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

n la Gráfica 8. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 30 días el tratamiento T9 (A3B3: 4 litros cada 42 días) presentó la media más alta (12) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo T0 (A0B0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (8) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento T9 presentó el mayor número de hojas (12), mientras que el Testigo T0 registró el menor número de hojas (8), demostrando el efecto positivo de la aplicación del biol en el desarrollo foliar del cultivo.

Lo observado es congruente con lo que asevera (Novriyansyah, 2025) quien señala que la aplicación de biol en dosis y frecuencia correctas puede aumentar la disponibilidad y la asimilación de nutrientes porque también puede activar mecanismos fisiológicos que interviene en el proceso de formación de nuevas hojas. De acuerdo con el autor, un mayor aporte nutritivo produce división celular en los meristemos y síntesis de clorofila lo que produce un desarrollo foliar más intenso que el de las no tratadas. En este sentido, el tratamiento T9 (A3B3: 4 litros cada 42 días), garantizó un abastecimiento permanente de nutrientes que promovió la brotación y expansión foliar. En tanto que el testigo T0, al no recibir la aplicación de biol, evidenció una disponibilidad reducida de nutrientes y, por ende, una limitación del crecimiento foliar. Así es, que se crea diferencia significativa con respecto al testigo y los demás tratamientos, se validó que la incorporación de biol, especialmente a dosis elevada y con frecuencia constante, impacta de manera positiva en

el aumento de hojas de lechuga cressa, de acuerdo a lo documentado en la bibliografía referida.

De acuerdo con el análisis del biol empleado, el mayor número de hojas en el factor testigo vs resto observado en los tratamientos con aplicación se explica por los nutrientes aportados, los cuales estuvieron ausentes en el testigo. El biol presentó un nivel alto de potasio (207,43 mg/100 g), elemento fundamental en la activación enzimática y la expansión celular, procesos directamente involucrados en la generación de nuevas hojas. El fósforo, en nivel medio (23,41 mg/100 g), proporcionó la energía metabólica necesaria (ATP) para la división celular en los meristemas foliares. A pesar de que el nitrógeno total estuvo muy bajo (menos de 0,3 %), aplicando este elemento en dosis elevada y a frecuencias constantes A3B3, se provocó un incremento en la oferta total disponible, ayuda a la síntesis de clorofila y de proteínas. Esto último resulta esencial en la emisión de hojas. Se puede decir que el magnesio (35,54 mg/100 g) optimiza la fotosíntesis, el hierro (4,73 mg/100 g) participa en los procesos metabólicos y el calcio (155,82 mg/100 g) ayuda en la formación de la pared celular en el tejido foliar. El pH ácido (5,45) pudo, además, facilitar la disponibilidad de ciertos micronutrientes, mejorando su asimilación.

10.1.3. Ancho de la hoja (cm)

Tabla 28 ADEVA para la variable Ancho de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.

Fuentes de Variación.	de g. l	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días					
		p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor					
REPETICIÓN	2	<0,001	1,16	0,2620	3,19	0,1793	6,18	0,1529	7,57	0,1474					
TRATAMIENTO	9	0,1317	ns	0,69	0,5725	ns	3,06	0,1347	ns	5,20	0,1469	ns	4,25	0,3544	ns
A (DOSIS)	2	0,5022	ns	1,01	0,3312	ns	2,67	0,2577	ns	4,60	0,2712	ns	3,61	0,4519	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,7022	ns	0,39	0,6358	ns	0,22	0,8862	ns	0,92	0,7575	ns	1,66	0,6630	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,6105	ns	0,60	0,5886	ns	4,77	0,0672	ns	7,80	0,0862	ns	6,02	0,2331	ns
TESTIGO VS RESTO		0,7382	ns	1,54	0,2337	ns	2,80	0,7865	ns	3,36	0,7472	ns	3,82	0,6198	ns
ERROR	18			0,80			1,69			2,96			3,55		
TOTAL	29														
CV		20,32		17,15		15,33		13,96		11,98					

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 28. El análisis ADEVA para la variable ancho de hoja en el cultivo de lechuga crespa reveló que el factor Tratamientos no mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45 y 60 días, presentando valores de p superiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este tampoco resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, manteniéndose los valores de p por encima del nivel de significancia establecido. De igual manera, el factor Frecuencias (B) no evidenció significancia estadística en ninguno de los días evaluados. La interacción entre Dosis y Frecuencia (A × B) no alcanzó significancia estadística en ninguna de las evaluaciones realizadas. Finalmente, fue significativo Testigo vs Resto durante ninguno de los días evaluados. La ausencia de diferencias significativas en el ancho de hoja se debe a la baja variabilidad experimental entre tratamientos, y sugiere que la respuesta de esta variable no fue suficientemente sensible los niveles de dosis y frecuencia aplicados. Desde un enfoque fisiológico, el ancho foliar se encuentra más relacionado con la expresión genética del cultivar y con la tasa de expansión celular regulada por factores hormonales y ambientales. Por lo tanto, la aplicación de biol no generó un efecto diferencial de magnitudes que supere la variabilidad residual del experimento. El coeficiente de variación correspondientes a la variable ancho de hoja a los 0, 15, 30, 45 y 60 días posteriores fueron 20,32 %; 17,15 %; 15,33 %; 13,96 % y 11,98 % respectivamente.

10.1.4. Largo de hoja (cm)

Tabla 29 ADEVA para la variable largo de hoja de la Lechuga Crespa.

Fuentes de Variación.	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días		
	g.l	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	
REPETICIÓN	2	0,0016	0,32	0,4088	1,09	0,3168	1,62	0,3669	2,62	0,3732	
TRATAMIENTO	9	0,0066	** 0,83	0,0514	ns 2,14	0,0541	ns 3,25	0,0826	ns 5,23	0,0892	ns
A (DOSIS)	2	0,0257	* 0,96	0,0656	ns 2,71	0,0559	ns 3,72	0,0962	ns 6,97	0,0689	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,1937	ns 1,47	0,0275	* 3,00	0,0580	ns 5,37	0,0501	ns 7,29	0,0792	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,4139	ns 0,42	0,3237	ns 1,28	0,2676	ns 1,85	0,3417	ns 2,88	0,3655	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,0762	ns 0,83	0,0455	* 2,14	0,0534	ns 3,25	0,0782	ns 5,23	0,0843	ns
ERROR	18		0,34		0,89		1,53		2,52		
TOTAL	29										
CV	11,73		8,40		9,29		8,87		9,14		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 29. El análisis ADEVA para la variable largo de hoja de la planta de lechuga crespa reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística a los 0 días evaluados, con valores de p inferiores a 0,01; sin embargo, en los días 15, 30, 45 y 60 no presentó significancia estadística, manteniéndose los valores de p superiores a 0,05. En cuanto al factor Dosis (A), este resultó estadísticamente significativo a los 0 días, mientras que en los demás días evaluados no presentó diferencias significativas. Por otro lado, el factor Frecuencias (B) evidenció significancia estadística únicamente a los 15 días, mientras que en el resto de las evaluaciones los valores de p se mantuvieron por encima del umbral de 0,05. La interacción entre Dosis y Frecuencia ($A \times B$) no alcanzó significancia estadística en ninguno de los días evaluados. Finalmente, la comparación Testigo vs Resto mostró significancia estadística únicamente a los 15 días, mientras que en el resto de los días no se observaron diferencias significativas. El coeficiente de variación correspondientes a la variable largo de hoja a los 0, 15, 30, 45 y 60 días posteriores fueron 11,73 %; 8,40 %; 9,29 %; 8,87 % y 9,14 % respectivamente.

Tabla 30 Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.

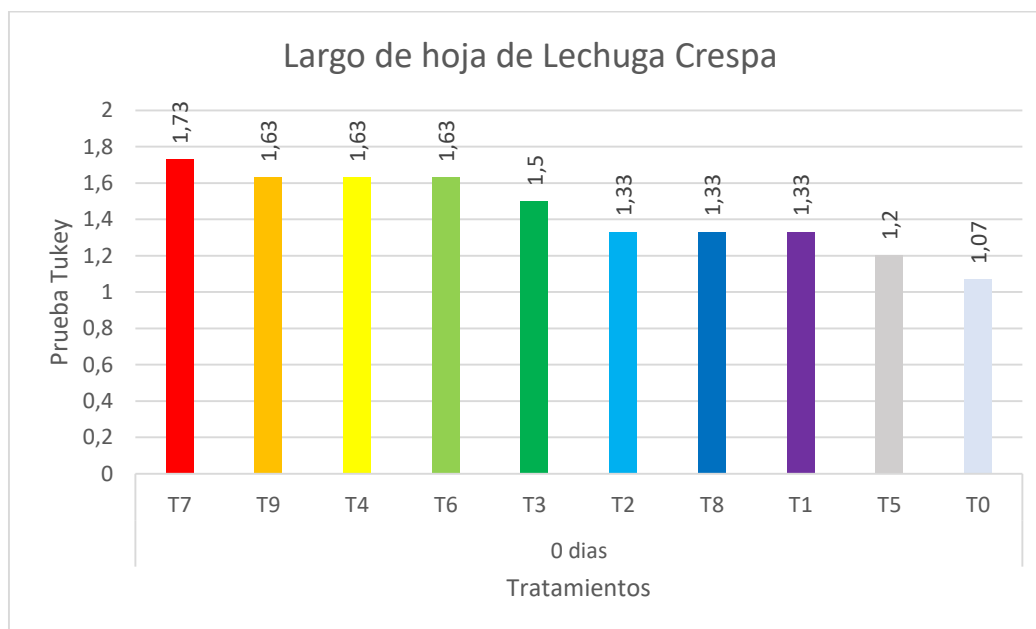
0 días		
Tratamientos	Medias	Rango
T7	1.73	A
T9	1.63	A B
T4	1.63	A B
T6	1.63	A B
T3	1.5	A B
T2	1.33	A B
T8	1.33	A B
T1	1.33	A B
T5	1.2	A B
T1	1.07	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 30. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 0 días el tratamiento T7 presentó la media más alta (1,73) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo T0 registró la media más baja (1,07) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa entre el tratamiento de mayor valor y el de menor valor evaluado. El tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó el mayor largo de hoja (1,73 cm), mientras que el Testigo T0

(A0B0: sin aplicación de biol) registró el menor valor (1,07 cm), evidenciando variabilidad inicial entre tratamientos en la etapa temprana del cultivo.

Gráfico 9 Prueba Tukey al 5% para el Factor tratamientos para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 9. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 0 días, el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (1,73 cm), mientras que el Testigo T0 (A0B0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (1,07 cm), evidenciando mayor crecimiento inicial en el tratamiento con mayor dosis y frecuencia de aplicación. Estos resultados demuestran la influencia positiva del biol en el desarrollo temprano del largo de hoja del cultivo.

De acuerdo con (Suriani et al., 2023), los fertilizantes orgánicos líquidos favorecen el crecimiento de la lechuga al mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad fisiológica que interviene en la expansión de las hojas. Los autores indican que el incremento en el crecimiento de las hojas se debe a que hay mayor eficiencia de absorción nutrimental, así como a la activación de procesos metabólicos que favorecen la formación y elongación de tejidos vegetativos. En este sentido, la dosis A3 (4 litros de biol) logró ofrecer niveles de nutrientes más equilibrados lo que ayudó a mejorar el alargamiento celular en la lámina foliar, que se tradujo en un alargamiento de hoja comparado con la dosis sin aplicación (A0). Los análisis realizados muestran que una

mayor dosis de biol estimula el crecimiento estructural de la hoja, por lo que se deduce que la aplicación de fertilizante orgánico líquido influye en el crecimiento vegetativo de la lechuga crespa.

Según el análisis del biol empleado, encuentra explicación en su composición nutricional. El biol presentó un nivel alto de potasio (207,43 mg/100 g), elemento que incide directamente en la expansión celular y en el control del equilibrio hídrico, procesos determinantes para el alargamiento de la lámina foliar. De igual forma, el fósforo, en nivel medio (23,41 mg/100 g), suministró la energía requerida para mantener la división y elongación celular durante el desarrollo de la hoja. Aunque el N total fue muy bajo (menos de 0,3 %), la aplicación de dosis más elevada (4 l) incidió en el suministro total de N, favoreciendo la formación de proteína y clorofila, lo que a su vez está asociado con la formación de hojas más grande. Asimismo, el magnesio (35,54 mg/100 g) contribuyó a mejorar la actividad fotosintética mientras que el hierro (4,73 mg/100 g) está involucrado en el metabolismo relacionado con la obtención de energía, así como el calcio (155,82 mg/100 g) cuenta con un papel estructural en las células mientras se da el ensanchamiento de la hoja.

El pH ácido (5,45) pudo, además, facilitar la disponibilidad de ciertos micronutrientes, mejorando su asimilación. En síntesis, los nutrientes contenidos en el biol, particularmente el potasio y el nitrógeno, ejercieron una influencia directa en el aumento de la longitud foliar de la lechuga crespa cuando se aplicó en dosis elevada.

Tabla 31 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Dosis) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.

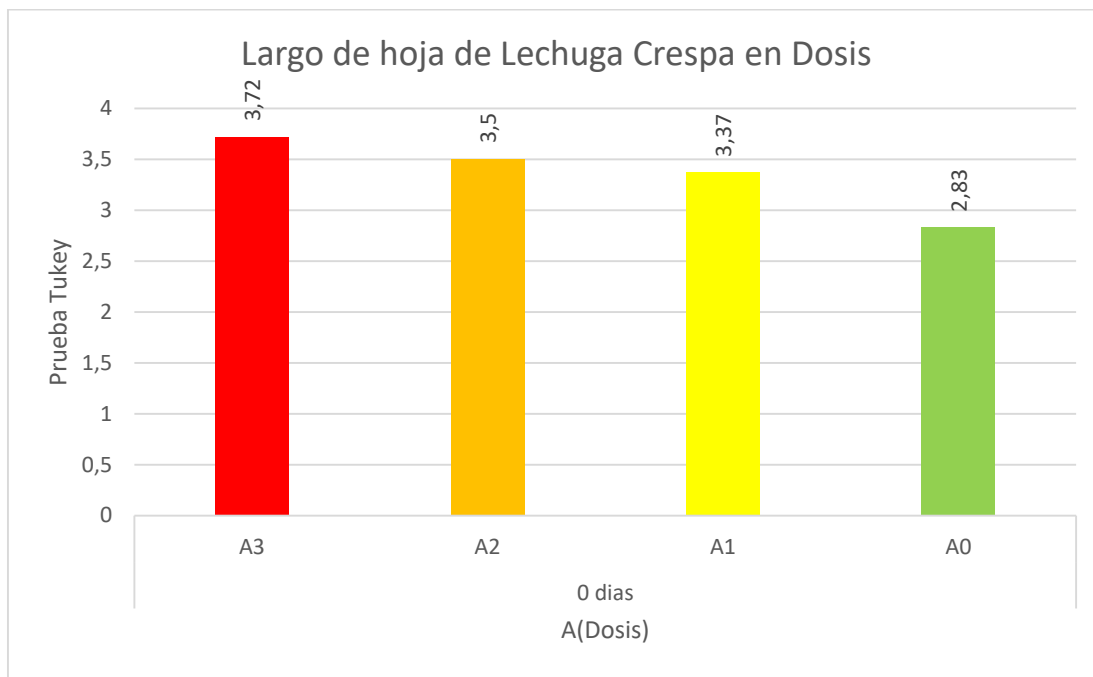
0 días			
Largo de hoja de Lechuga Crespa en Dosis			
A (Dosis)	Medias	Rango	
A3	3,72	A	
A2	3,5	A	
A1	3,37	A	B
A0	2,83	B	

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 31. Prueba de Tukey para el factor Dosis (A) en la variable largo de hoja de lechuga crespa a los 0 días, se observa que la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media

más alta (3,72 cm) ubicándose en el grupo A, mientras que la dosis A0 (0 litros de biol) registró la media más baja (2,83 cm) perteneciendo al grupo B.

Gráfico 10 Prueba de Tukey para Factor A (Dosis) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 10. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días la Dosis (A3: 4 litros de biol) presentó la media más alta (3,72 cm), mientras que la Dosis (A0: sin aplicación de biol) registró el menor valor (2,83 cm), evidenciando un mayor crecimiento del largo de hoja en las plantas con mayor frecuencia de aplicación. Estos resultados demuestran la influencia positiva de la frecuencia del biol en el desarrollo vegetativo del cultivo.

Tal como lo sustentan (Suriani et al., 2023), quienes reportan que la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos mejora significativamente el crecimiento vegetativo de la lechuga, especialmente la longitud de sus hojas al favorecer la disponibilidad y la asimilación de los nutrientes esenciales nitrógeno, fósforo y potasio.

Los autores mencionan que gracias al nitrógeno se logra la síntesis de clorofila y proteína que permite la creación y el crecimiento de tejidos foliares; el fósforo es el encargado de dar la energía metabólica (ATP) necesaria para la división y elongación celular, y el potasio que se encarga del equilibrio hídrico y activación enzimática, es el responsable del ensanchamiento de la lámina foliar. En ese sentido, la dosis A3 (4 litros de biol) logró

un remplazo superior de esos nutrientes que la dosis sin aplicación (A0), lo cual contribuyó a una mayor elongación celular y, en consecuencia, la longitud de la hoja.

El crecimiento foliar más notorio que se vio con la dosis más alta respalda el que fuera afirmado por Suriani et al. (2023), donde la mayor aportación de nutrientes importantes por fertilizantes orgánicos líquidos mejora el crecimiento vegetativo en lechuga.

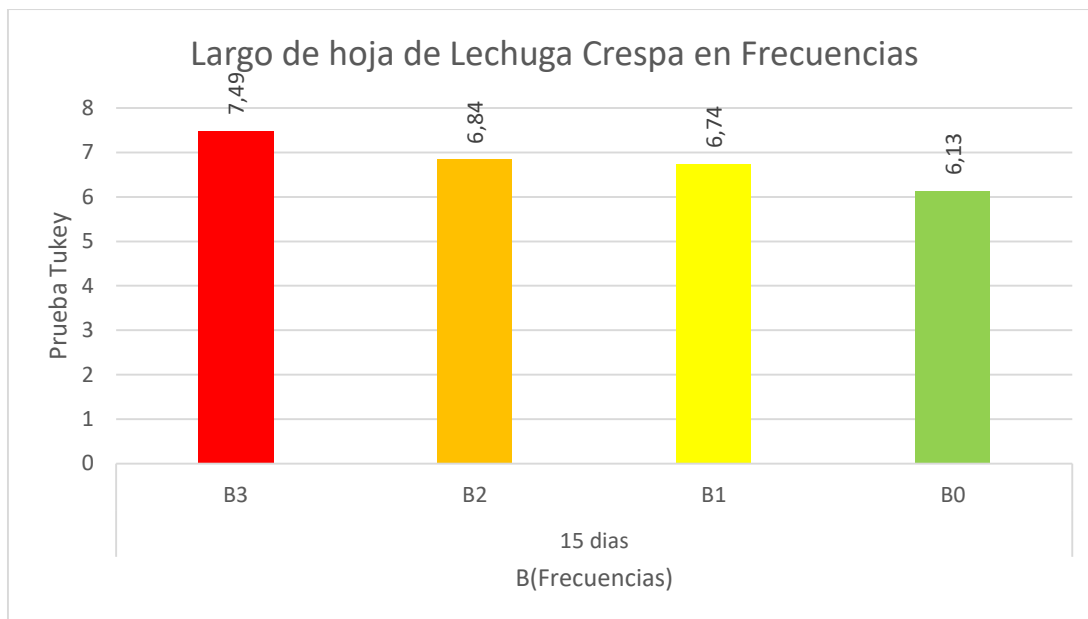
Tabla 32 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.

15 días			
Largo de hoja de Lechuga Crespa en Frecuencias			
B (Dosis)	Medias	Rango	
B3	7,49	A	
B2	6,48	A	B
B1	6,74	A	B
B0	6,13		B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 32. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días, la frecuencia B3 (aplicación cada 42 días) presentó la media más alta (7,49 cm) ubicándose en el grupo A, mientras que la frecuencia B0 (sin aplicación de biol) registró la media más baja (6,13 cm) en el grupo B, evidenciándose diferencia significativa entre la mayor frecuencia y el testigo sin aplicación. La frecuencia B3 presentó el mayor largo de hoja (7,49 cm), mientras que la frecuencia B0 registró el menor valor (6,13 cm), demostrando el efecto favorable de la frecuencia de aplicación del biol en el crecimiento del cultivo.

Gráfico 11 Prueba de Tukey al 5% para Factor B (Frecuencias) en la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga Crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 11. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días, la frecuencia (B3: aplicación cada 42 días) presentó la media más alta (7,49 cm), mientras que la frecuencia (B0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (6,13 cm), evidenciando mayor crecimiento del largo de hoja en las plantas con mayor intervalo de aplicación evaluado. Estos resultados demuestran la influencia positiva de la frecuencia del biol en el desarrollo vegetativo del cultivo.

De acuerdo con (Suriani et al., 2023), la aplicación frecuente de abonos orgánicos líquidos provoca un crecimiento vegetativo, ya que proporciona un permanente suministro de nutrientes en la zona radicular. De acuerdo a los autores, el suministro continuo de nutrientes potencia la asimilación de nitrógeno, fósforo y potasio, así como la activación de los procesos de división y elongación celular que controlan la expansión de las hojas. En este contexto, la frecuencia B3 (aplicación cada 42 días) permitió mantener a lo largo del ciclo el aporte de nutrientes y la estimulación de los mecanismos fisiológicos vinculados al desarrollo de la lámina foliar, lo cual se tradujo en una mayor longitud de hoja en comparación con la frecuencia sin aplicación (B0). De esta manera, los hallazgos obtenidos demuestran que una frecuencia adecuada en la aplicación del biol favorece el

crecimiento vegetativo de la lechuga crespa, respaldando lo documentado en la bibliografía especializada.

Según el análisis del biol, por su composición nutricional y el efecto derivado de una mayor frecuencia de aplicación. El biol mostró un contenido elevado de potasio (207,43 mg/100 g), elemento que impulsa la expansión celular y la regulación del equilibrio hídrico, procesos directamente asociados con el alargamiento foliar. De igual manera, el fósforo (23,41 mg/100 g, nivel medio) proporcionó la energía indispensable para sostener la división y elongación celular en la lámina de la hoja. Aunque el Nitrógeno total fue muy bajo (<0,3%), su suministro periódico cada 42 días permite que siempre haya disponibilidad para llevar a cabo la síntesis de clorofila y proteínas que aumentan el crecimiento de tejidos foliares. El magnesio (35,54 mg/100 g), adicionalmente, optimizó la actividad fotosintética, el hierro (4,73 mg/100 g) intervino en procesos metabólicos clave y el calcio (155,82 mg/100 g) ayudó a reforzar las paredes celulares durante la expansión de la hoja. El pH ácido (5,45) pudo, además, facilitar la asimilación de ciertos micronutrientes al mejorar su disponibilidad. En conjunto, la aplicación más frecuente permitió que estos nutrientes actuaran de forma permanente, lo cual se tradujo en una mayor longitud de hoja respecto a la frecuencia sin aplicación.

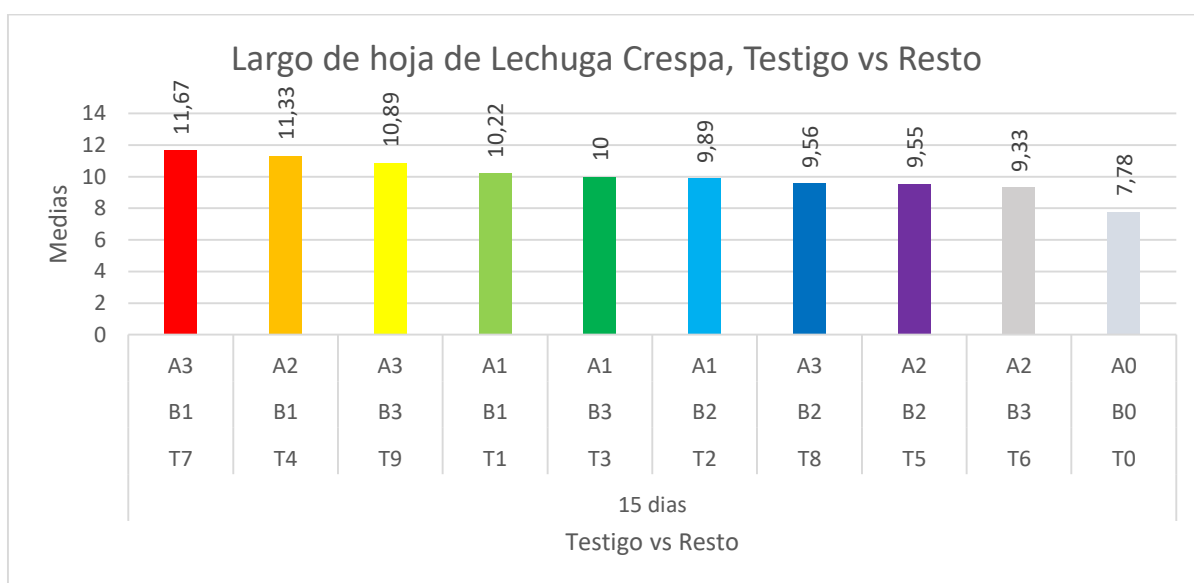
Tabla 33 Prueba Tukey al 5 % para los Factores Testigo vs Resto en la variable largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.

Testigo vs Resto					
15 días					
Tratamientos	A (Dosis)	B (Frecuencias)	Medias	Rango	
7	A3	B1	11,67	A	
4	A2	B1	11,33	A	
9	A3	B3	10,89	A	B
1	A1	B1	10,22	A	B
3	A1	B3	10,00	A	B
2	A1	B2	9,89	A	B
8	A3	B2	9,56	A	B
5	A2	B2	9,55	A	B
6	A2	B3	9,33	A	B
0	A0	B0	7,78	B	

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 33. Prueba de Tukey para la comparación Testigo vs Resto en la variable largo de hoja a los 15 días, se observa que el Testigo T0 (D0F0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (7,78 cm), ubicándose en el grupo B, mientras que el resto de los tratamientos presentaron medias superiores, destacándose el tratamiento T7 (D3F1) con el valor más alto (11,67 cm) en el grupo A. Estos resultados evidencian diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados, demostrando el efecto positivo de la aplicación del biol en el crecimiento del largo de hoja del cultivo.

Gráfico 12 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable largo de hoja en el cultivo de lechuga crespa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

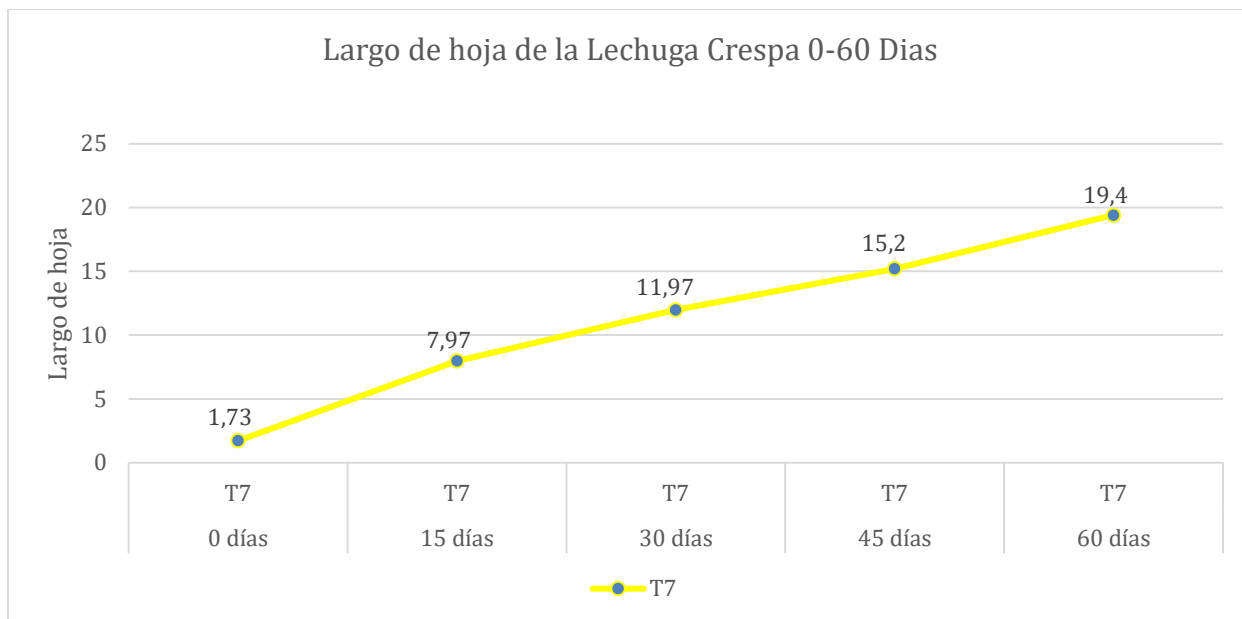
En la Gráfica 12. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 15 días en la comparación Testigo vs Resto para la variable largo de hoja, el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (11,67 cm), mientras que el Testigo T0 (A0B0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (7,78 cm), evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento T7 presentó el mayor largo de hoja de 11,67 cm y el Testigo T0 el menor valor de 7,78 cm; lo cual demuestra el efecto positivo del biol en el crecimiento del cultivo.

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por (Suriani et al., 2023), quienes indican que el uso de fertilizantes orgánicos líquidos mejora significativamente los parámetros de crecimiento de la planta de lechuga, en particular la longitud de la hoja (foliar) en comparación con la planta sin tratamiento. Los autores sostienen que la oferta

continua de nutrientes como N, P y K favorece la absorción de los elementos y activa los procesos fisiológicos que intervienen en la división celular y alargamiento, dichos procesos favorecen una mayor expansión de la lámina de la hoja. El T7 (A3B1: 4 L cada 14 días) aportó nutrientes que favorecieron el desarrollo estructural de la hoja. En contraste, el testigo T0, que no recibió biol, tuvo menor disponibilidad de nutrientes y, en consecuencia, tuvo menor crecimiento. La diferencia estadísticamente significativa encontrada entre el testigo y los otros tratamientos, corrobora que la incorporación de biol impacta positivamente en el aumento de la longitud de hoja de lechuga crespa, concordante con documentación bibliográfica.

Según el análisis químico del biol, este efecto se debe sobre todo a la cantidad elevada de potasio que posee (207,43 mg/100 g), uno de los nutrientes más importantes que juegan un papel fundamental en la expansión celular y regulación del agua, procesos que están directamente relacionados con el alargamiento de la hoja. Por su parte, el fósforo (23,41 mg/100 g) contribuye a la posibilidad de multiplicación celular o alargamiento, mientras el magnesio (35,54 mg/100 g) ayuda a la fotosíntesis, en tanto componente de la clorofila. El calcio (155,82 mg/100 g) refuerza la pared celular en el crecimiento y el hierro (4,73 mg/100 g) participa en procesos metabólicos esenciales. A pesar de que el nitrógeno total fue bajo, es decir, <0,3%, sus aplicaciones periódicas no sólo favorecieron una continuidad de suministro, sino que también favorecieron la síntesis proteica y el desarrollo foliar. Además, el pH ácido (5,45) pudo mejorar la disponibilidad de micronutrientes.

Gráfico 13 Línea de tiempo de la variable largo de hoja de la lechuga crespa en el tratamiento 7 a los 0 hasta 60 días.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En el gráfico 13. En la línea de tiempo el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) coincide el tratamiento 7 desde el día 0 hasta los 60 días. Al día 0, el largo de hoja de lechuga crespa fue de 1,73 cm; a los 15 días 7,97 cm; a los 30 días 11,97 cm; a los 45 días 15,20 cm y los 60 días 19,40 cm, evidenciando un incremento progresivo durante todo el período de evaluación.

Según (Suriani et al., 2023), la incorporación frecuente de abonos orgánicos líquidos garantiza un suministro estable de elementos clave como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales intervienen directamente en la formación de nuevas células, el alargamiento de los tejidos y el mantenimiento del equilibrio hídrico. El nitrógeno impulsa la generación de proteínas y clorofila; el fósforo entrega la energía requerida para que las células se expandan; y el potasio controla los mecanismos osmóticos y enzimáticos que posibilitan un desarrollo armónico. La aplicación cada 14 días aseguró que estos compuestos estuvieran presentes sin interrupción, lo que explica por qué el tratamiento T7 presentó un crecimiento sobresaliente en longitud de hoja al compararlo con aquellos con menor suministro o ausencia de biol, demostrando así su influencia positiva en el desarrollo de la lechuga crespa.

10.1.6. Peso

Tabla 34 ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga Crespa.

F.V.	g.l	CM	p-valor
Repetición	2	0,01	0,0276
Tratamientos	9	0,02	0,0001 ***
Error	18	2.1E-03	
Total	29		
CV	23,56		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 34. El análisis ADEVA para la variable peso reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística ($p < 0,05$), indicando efecto de los tratamientos sobre la variable evaluada, mientras que los demás factores no presentaron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 23,56 %, indicando una variabilidad experimental aceptable.

Tabla 35 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga Crespa.

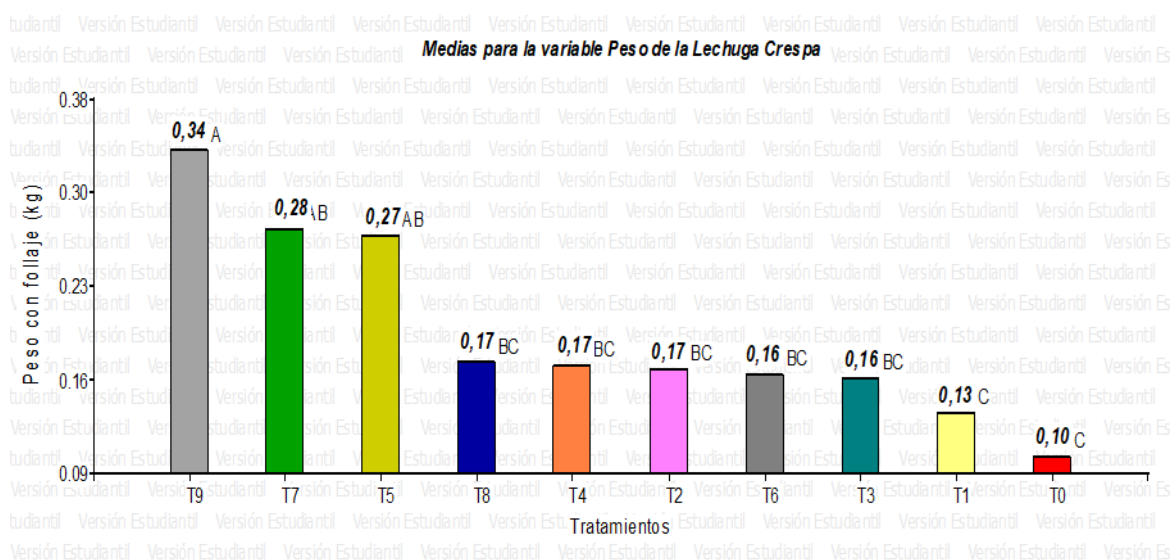
Media para la variable peso de Lechuga Crespa				
A (Dosis)	B (Frecuencias)	Tratamientos	Media	Rango
s				
A3	B3	T9	0,34	A
A3	B1	T7	0,28	A B
A2	B2	T5	0,27	A B
A3	B2	T8	0,17	B C
A2	B1	T4	0,17	B C
A1	B2	T2	0,17	B C
A2	B3	T6	0,16	B C
A1	B3	T3	0,16	B C
A1	B1	T1	0,13	C
A0	B0	T0	0,10	C

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 35. Según la prueba de Tukey al 5 %, se presentan las medias de los tratamientos para la variable peso fresco de lechuga crespa, donde el tratamiento T9 (D3F3: 4 litros de biol cada 42 días) obtuvo el mayor promedio con 0,34 kg por planta, ubicándose en el rango estadístico A. Le siguen los tratamientos T7 (D3F1: 4 litros cada 14 días) con 0,28 kg y T5 (D2F2: 3 litros cada 28 días) con 0,27 kg, ambos en el rango

A-B. Por otro lado, los tratamientos con menores dosis y/o frecuencias, como T1 (D1F1: 2 litros cada 14 días) con 0,13 kg y el testigo T0 (sin aplicación de biol) con 0,10 kg, presentaron los valores más bajos, agrupados en el rango C. Estos resultados sugieren que la combinación de una dosis alta (4 litros) con una frecuencia espaciada (42 días) favoreció el mayor peso de la lechuga cresspa.

Gráfico 14 Prueba Tukey al 5% para la variable peso de la lechuga cresspa.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

Los datos de peso fresco de la lechuga cresspa muestran que el tratamiento T9 (D3F3: 4 litros de biol cada 42 días) logró el promedio más alto (0,34 kg/planta), reflejando una influencia favorable del biol en la producción del cultivo. Este hallazgo es coherente con lo señalado por (Giménez et al., 2023), quienes observaron que, en sistemas de manejo orgánico, el peso fresco de la lechuga oscila comúnmente entre 0,28 y 0,35 kg por planta. En consecuencia, los resultados de esta investigación se sitúan dentro del intervalo productivo típico para el cultivo, confirmando que las dosis elevadas de biol son efectivas para incrementar el rendimiento.

10.1.7. Rendimiento por hectárea

Tabla 36 Rendimiento por hectárea

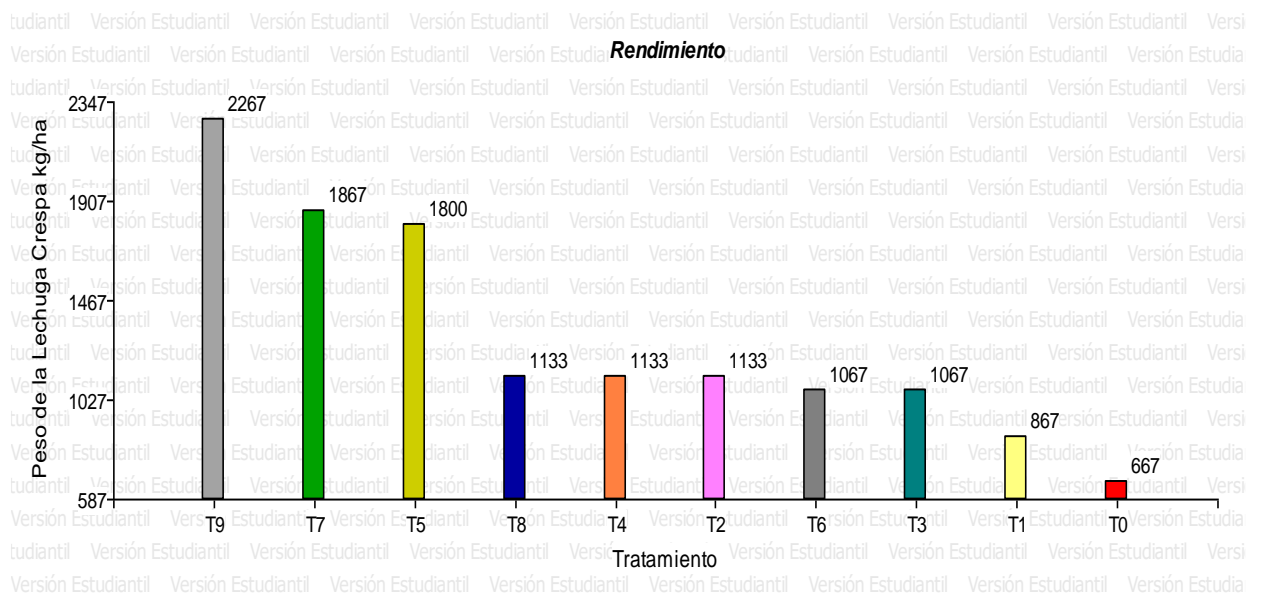
Tratamiento	Peso
T9	2267
T7	1867

T5	1800
T8	1133
T4	1133
T2	1133
T6	1067
T3	1067
T1	867
T0	667

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

Según los resultados se puede observar que el rendimiento de lechuga crespa en este estudio fue de 667 a 2276 kg/ha. Similarmente, el rendimiento máximo se presentó en el tratamiento T9 2276 kg/ha y el mínimo en el testigo T0 667 kg/ha. Que reflejan variación en los tratamientos evaluados. Bajo condiciones de campo y con un manejo convencional, el desarrollo de la materia seca se estima en mil 600 y cuatro mil kilogramos por hectárea en ensayos experimentales pequeños (Caballo Tapia & Muyulema Leon, 2023). Los valores que se obtuvieron en esta investigación fueron comparados con un intervalo similar, sobre todo en los tratamientos de mayor respuesta.

Gráfico 15 Rendimiento por hectárea



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

10.2. Lechuga de Repollo (*Lactuca sativa* var. *Capitata*)

10.2.1. Altura de la planta de lechuga de repollo.

Tabla 37 ADEVA para la variable Altura de planta en el cultivo de lechuga de repollo.

Fuentes de Variación.	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días		105 días									
	g.l	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor								
REPETICIÓN	2	0,3418	0,62	0,3034	2,67	0,2046	2,53	0,353	3,73	0,2780	4,68	0,3288	5,52	0,4197	8,92	0,3099								
TRATAMIENTO	9	0,2317	ns	0,60	0,3375	ns	1,77	0,3828	ns	2,57	0,3971	ns	3,80	0,2580	ns	5,99	0,2165	ns	8,08	0,2870	ns	8,93	0,3257	ns
A (DOSIS)	2	0,4909	ns	0,81	0,2170	ns	2,35	0,2666	ns	3,57	0,2351	ns	4,76	0,2009	ns	8,68	0,1253	ns	10,47	0,1899	ns	12,72	0,1908	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,1636	ns	,33	0,5320	ns	0,80	0,6228	ns	0,14	0,9434	ns	1,32	0,6314	ns	1,80	0,6457	ns	1,03	0,8433	ns	1,99	0,7647	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,2018	ns	0,58	0,3607	ns	1,81	0,3859	ns	3,04	0,2989	ns	4,33	0,2292	ns	6,07	0,2379	ns	9,80	0,2048	ns	9,55	0,3012	ns
TESTIGOVs RESTO	1	0,2326	ns	0,60	0,3498	ns	1,77	0,4262	ns	2,57	0,3996	ns	3,80	0,2731	ns	5,99	0,2193	ns	8,08	0,2756	ns	8,93	0,3360	ns
ERROR TOTAL	18		0,49				,1,54		2,29				2,71			3,96			6,05			7,13		
CV	16,57		12,24		14,93		13,27		12,17		12,01		12,86		12,09									

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 37. El análisis ADEVA para la variable altura de la planta en el cultivo de lechuga de repollo reveló que el factor Tratamientos no mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días, presentando valores de p superiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este tampoco resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, manteniéndose los valores de p por encima del nivel de significancia establecido. De igual manera, el factor Frecuencias (B) no evidenció significancia estadística en ninguno de los días evaluados. La interacción entre Dosis y Frecuencia ($A \times B$) no alcanzó significancia estadística en ninguna de las evaluaciones realizadas. Por último, no se hallaron diferencias estadísticas en la comparación Testigo vs Resto en ningún día. La falta de diferencias significativas en la altura de planta se debió a una baja variabilidad experimental entre tratamientos. Algo que sugiere que la respuesta de esta variable no ha sido sensible a los niveles de dosis y frecuencia aplicados. Desde el punto de vista fisiológico, el crecimiento en altura se relaciona con la división celular y la elongación celular. Este proceso es regulado principalmente por factores genéticos, disponibilidad hídrica y condiciones ambientales. Por todo esto, la aplicación de biol no generó un marcado efecto diferencial que superara la variabilidad residual del experimento.

El coeficiente de variación correspondientes a la variable altura de planta a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días posteriores fueron 16,57 %; 12,24 %; 14,93 %; 13,27 %; 12,17 %; 12,01 %; 12,86 % y 12,09 % respectivamente.

10.2.2. Número de hojas (#)

Tabla 38 ADEVA para la variable Número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.

105 días				
Fuentes de Variación.	g.l	CM	p-valor	
REPETICIÓN	2	0,63	0,5443	
TRATAMIENTO	9	13,40	0,0059	**
A (DOSIS)	2	19,46	0,0042	**
B (FRECUENCIAS)	2	15,62	0,0190	*
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	7,73	0,0835	ns
TESTIGO VS RESTO	1	13,40	0,0038	**
ERROR	18	3,34		
TOTAL	29			
CV		8,32		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 38. El análisis ADEVA para la variable evaluada a los 105 días reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística, con valores de p inferiores a 0,01. En cuanto al factor Dosis (A), este también resultó estadísticamente significativo, destacándose una significancia altamente significativa. Por otro lado, el factor Frecuencias (B) evidenció significancia estadística con valores de p inferiores a 0,05. La interacción entre Dosis y Frecuencia (A × B) no fue estadísticamente significativa. Al final, el Testigo vs Resto fue estadísticamente significativo, lo que mostró diferencias entre el testigo y los tratamientos. El coeficiente de variación que correspondió fue 8,32 %, lo que denota una buena precisión experimental.

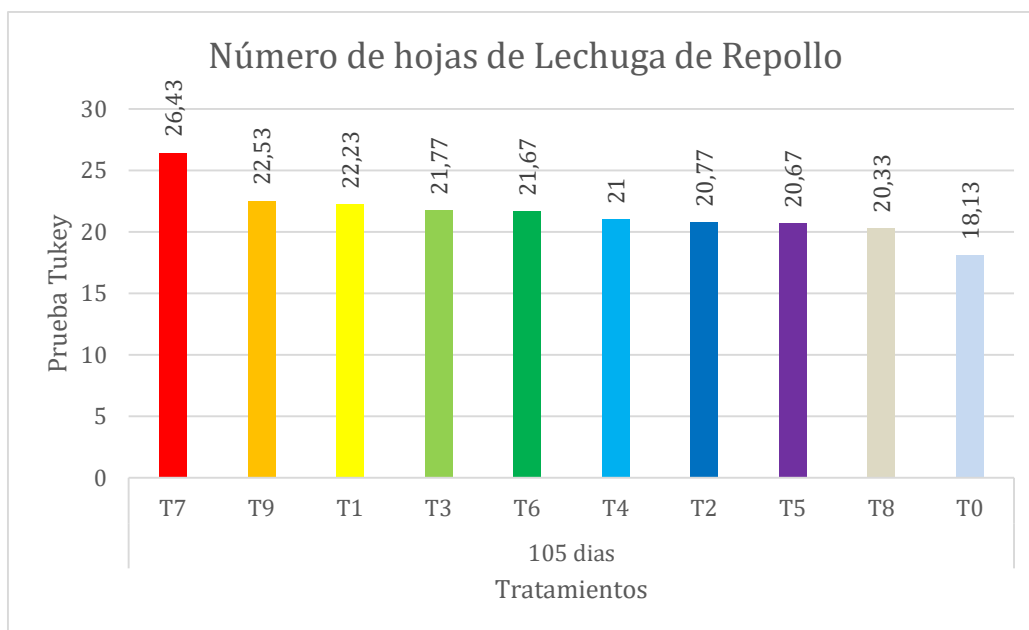
Tabla 39 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.

105 días			
Tratamientos	Rango		Medias
T7	A		26,43
T9	A	B	22,53
T1	A	B	22,23
T3	A	B	21,77
T6	A	B	21,67
T4		B	21,00
T2		B	20,77
T5		B	20,67
T8		B	20,33
T0		B	18,13

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 39. Según la prueba de Tukey al 5 % a los 105 días, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (26), ubicándose en el rango A, mientras que el tratamiento T0 (D0F0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), ubicándose en el rango B.

Gráfico 16 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamiento en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 15. Según la prueba de Tukey al 5 %, a los 105 días en los tratamientos para la variable número de hojas de lechuga de repollo, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta 26), mientras que el tratamiento T0 (D0F0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), evidenciándose diferencia significativa de los tratamientos evaluados. Los hallazgos referentes al conteo foliar en lechuga de repollo evidenciaron que el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) registró una media de 26 hojas a los 105 días, superando ampliamente al grupo control T0 (D0F0) que únicamente alcanzó 18 hojas. Estos resultados coinciden con lo indicado por (Novriyansyah, 2025) que expresa que el uso de abonos orgánicos líquido en el medio de cultivo puede aumentar la concentración de nutrientes que son fácilmente asimilables por el sistema radicular. El suministro continuo de sustancias como N, P o K provoca la multiplicación celular, la formación de nuevos órganos vegetativos y el aumento del tamaño de las hojas ya producidas, favoreciendo el desarrollo de plantas más

vigorosas y uniformes. La mayor cantidad de hojas que se observó en T7, se debe a que el biol, por su suministro permanente de elementos nutritivos, provocó una mayor emisión de follaje y reforzó la arquitectura foliar en comparación con las plantas que no fueron aplicadas con biol.

El análisis del biol empleado sugiere que la diferencia positiva en el número de hojas de lechuga repollo se podría explicar por su composición nutricional. Proporcionó fósforo (23,41 mg/100 g) que tiene importancia en las reacciones energéticas y en la multiplicación celular y nitrógeno (concentración inferior a 0,3 %) que se liberó lentamente lo que permitió la síntesis continua de proteínas y clorofila que son esenciales para el desarrollo de las hojas. A estos nutrientes se añadieron calcio (155,82 mg/100 g), que fortaleció las paredes celulares otorgándoles mayor rigidez estructural, y magnesio (35,54 mg/100 g), que optimizó el proceso fotosintético al ser componente central de la molécula de clorofila. Esta provisión constante de elementos nutritivos, garantizada mediante la aplicación quincenal del biol, creó las condiciones propicias para que las plantas incrementaran su producción foliar, manifestando un crecimiento vegetativo más intenso y prolongado en contraste con el grupo testigo.

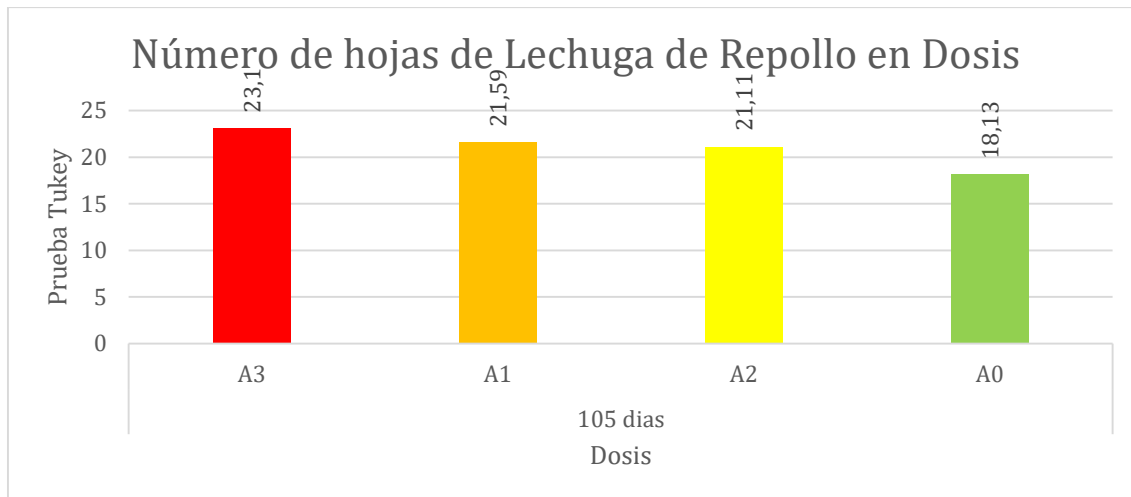
Tabla 40 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.

105 días		
Número de hoja de Lechuga de Repollo en Dosis		
A (Dosis)	Medias	Rango
A3	23,10	A
A1	21,59	A
A2	21,11	A
A0	18,13	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 40. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor Dosis en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (23), ubicándose en el rango A, mientras que la dosis A0 (0 litros de biol) registró la media más baja (18,13), ubicándose en el rango B.

Gráfico 17 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 16. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor Dosis en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (23), ubicándose en el grupo A, mientras que la dosis A0 (0 litros de biol) registró la media más baja (18), ubicándose en el grupo B.

(Novriyansyah, 2025), sostiene que la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales en el sustrato, lo que permite una absorción más eficiente por parte del sistema radicular. La disponibilidad de N, P, K en el medio provoca la activación de los procesos metabólicos relacionados con la división celular de los meristemas, con una producción más grande de primordios foliares. El nitrógeno ayuda a formar proteínas y clorofila. El fósforo ayuda a la transferencia de energía y a formar los ácidos nucleicos. El potasio regula funciones enzimáticas y osmóticas. Como consecuencia de esta reacción fisiológica, se realizan continuos y diversificados aportes de órganos vegetativos. Esto se traduce en un aumento significativo en el número de hojas en cultivos de lechuga. Este efecto comprueba la eficacia de los abonos orgánicos líquidos como estrategia nutricional para el crecimiento foliar y productividad del cultivo.

El análisis químico del biol mostró que la dosis A3 (4 litros) dio una mezcla equilibrada que llevo a un notable desarrollo de las hojas de la lechuga de repollo. Este abono orgánico presentó un contenido de potasio (207,43 mg /100 g) que permite la regulación

de la presión osmótica y promueve la elongación celular. Además, el fósforo (23,41 mg/100 g) es un elemento necesario para la transferencia de energía, la división celular, y la formación de tejidos nuevos. Aunque en pequeña proporción (< 0,3 %), el nitrógeno fue liberado lentamente para que fueran necesarios los procesos de síntesis de proteínas y clorofila, importantes en el crecimiento y color del follaje. Otros nutrientes también fueron importantes, el calcio (155,82 mg/100 g) fortaleció las paredes celulares, lo que aumentó la rigidez y protección de las hojas. Por otro lado, el magnesio (35,54 mg/100 g) optimizó la fotosíntesis al ser parte central de la clorofila, aumentando así la conversión de luz en compuestos orgánicos. La combinación constante de estos macro y micronutrientes, suministrada mediante la dosis A3, generó condiciones fisiológicas óptimas para un crecimiento vegetativo vigoroso y sostenido en la lechuga de repollo.

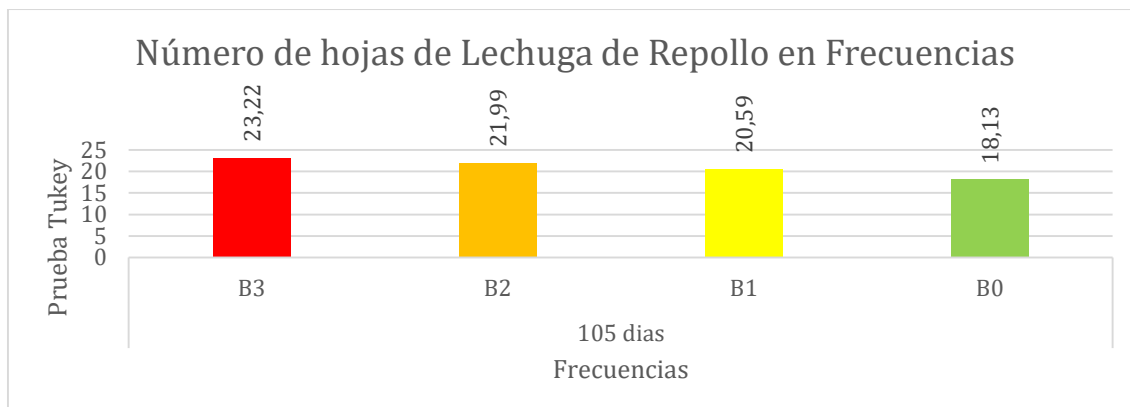
Tabla 41 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Frecuencias.

105 días			
Número de hoja de Lechuga de Repollo en Frecuencias			
B (Dosis)	Medias	Rango	
B3	23,22	A	
B2	21,99	A	
B1	20,59	A	B
B0	18,13		B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 41. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor Frecuencias en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, la frecuencia B3 (aplicación cada 42 días) presentó la media más alta (23), ubicándose en el rango A, mientras que la frecuencia B0 (sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), ubicándose en el rango B.

Gráfico 18 Prueba Tukey al 5% para el Factor Frecuencias en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Gráfica 17. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor frecuencias en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, la Frecuencia (B3: 42 días de aplicación del biol) presentó la media más alta (23), ubicándose en el grupo A, mientras que la dosis (B0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), ubicándose en el grupo B.

Novriyansyah (2025) señala que la aplicación regular de abonos orgánicos líquidos tiene un doble efecto benéfico sobre los cultivos: por un lado, aumenta la concentración de nutrientes asimilables en el medio de cultivo y, por otro, potencia los mecanismos fisiológicos internos de las plantas, tales como la proliferación celular, la acumulación de biomasa y la generación de nuevas estructuras vegetativas. Según el investigador la periodicidad en el abonado es clave, ya que los nutrientes que se aplican a través de un abono orgánico líquido no están disponibles de manera permanente en el sustrato. A diferencia de los fertilizantes químicos de liberación controlada, los abonos orgánicos líquidos son metabolizados o lixiviados con el riego por el microbiota del suelo, lo que hace que su efecto nutricional sea muy efímero. En consecuencia, la fijación de las frecuencias de aplicación adecuada permite a las plantas disponer de los elementos que requieren en los momentos críticos de su desarrollo evitando así que se produzcan períodos de deficiencia que interrumpa su crecimiento.

El estudio químico del biol evidenció que la frecuencia de aplicación B3 (cada 42 días), garantizó un suministro ininterrumpido de nutrientes esenciales para el crecimiento de la lechuga de repollo.

Este fertilizante orgánico aportó potasio (207,43 mg/100 g), elemento encargado de regular los mecanismos osmóticos y promover la expansión de las células foliares. Asimismo, suministró fósforo (23,41 mg/100 g), el cual intervino directamente en las reacciones energéticas y en los procesos de multiplicación celular que dan origen a nuevos tejidos. El nitrógeno, en una concentración moderada (<0,3 %), se liberó de forma paulatina, lo que aseguró la formación de proteínas estructurales y de la clorofila, las cuales son necesarias para el crecimiento y el color del follaje. Asimismo, se detectaron varios otros elementos de alte relevancia fisiológica. El calcio (155,82 mg/100 g) contribuyó al refuerzo de las paredes celulares, lo que contribuyó a un mayor endurecimiento y a la mejor protección de las estructuras vegetativas formadas. Por su parte, el magnesio (35,54 mg/100 g) optimizó la actividad fotosintética al ser un componente central de la molécula de clorofila, permitiendo una conversión más eficiente de la energía lumínica en compuestos orgánico

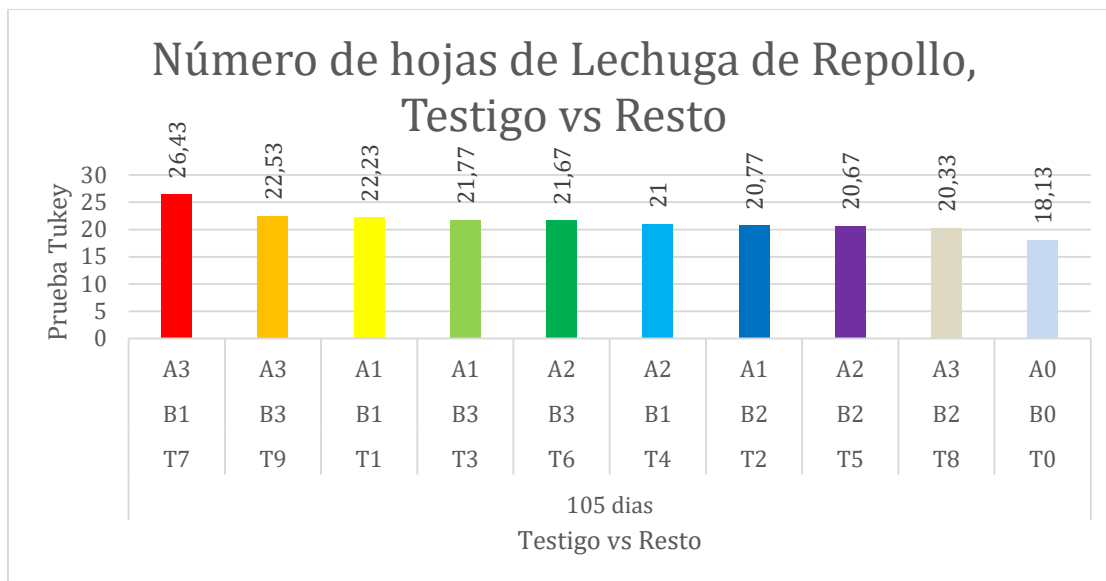
Tabla 42 Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo, Testigo vs Resto.

Testigo vs Resto					
15 días					
Tratamientos	A (Dosis)	B (Frecuencias)	Medias	Rango	
7	A3	B1	26,43	A	
9	A3	B3	22,53	A	B
1	A1	B1	22,23	A	B
3	A1	B3	21,77	A	B
6	A2	B3	21,67	A	B
4	A2	B1	21,00		B
2	A1	B2	20,77		B
5	A2	B2	20,67		B
8	A3	B2	20,33		B
0	A0	B0	18,13		B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 42. Según la prueba de Tukey al 5 % para la comparación Testigo vs Resto en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (26), ubicándose en el rango A, mientras que el Testigo T0 (D0F0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), ubicándose en el rango B, evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados.

Gráfico 19 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en la variable número de hojas en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

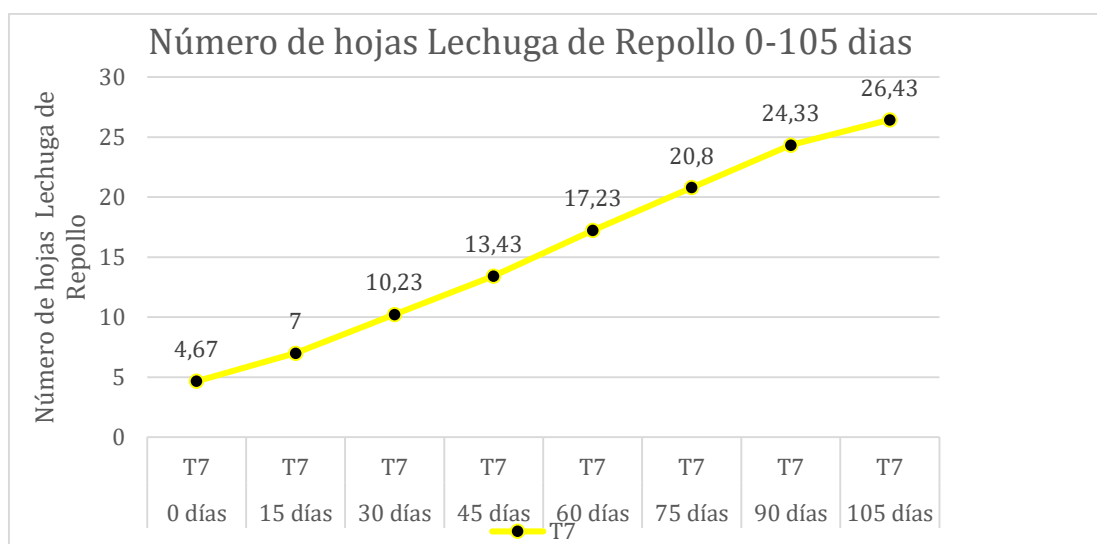
En la gráfica. Según la prueba de Tukey al 5 % para la comparación Testigo vs Resto en la variable número de hojas de lechuga de repollo a los 105 días, el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (26, mientras que el Testigo T0 (D0F0: sin aplicación de biol) registró la media más baja (18), evidenciándose diferencia significativa del testigo con respecto al resto de los tratamientos evaluados.

(Novriyansyah, 2025) indica que el uso de fertilizantes orgánicos líquidos no solo aumenta la presencia de nutrientes fundamentales en el medio de cultivo, sino que también optimiza la capacidad de absorción y traslocación de dichos elementos al interior de la planta, garantizando que cada célula disponga de los compuestos requeridos para su desarrollo. Esta condición activa la multiplicación celular y la especialización de los tejidos, impulsando la generación de nuevas estructuras vegetativas como hojas y tallos. Asimismo, el suministro constante de nutrientes potencia la fotosíntesis y la elaboración de proteínas estructurales y refuerza la estructura de la hoja, a la vez que permite un crecimiento más uniforme y prolongado de la planta. Al observar estos mecanismos en conjunto, se percibe que la aplicación de abonos orgánicos líquidos activa mecanismos de producción/expansión de follaje por lo que se logra un mayor número de hojas y tamaño del cultivo lechuga.

El análisis del biol empleado reveló que el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) ofreció un abastecimiento ininterrumpido de nutrientes esenciales tales como potasio

(207,43 mg/100 g), el cual impulsa el alargamiento celular y controla el equilibrio osmótico; fósforo (23,41 mg/100 g), que participa en las reacciones energéticas y en la multiplicación de las células; y nitrógeno (<0,3 %), disponible de forma paulatina para la formación de proteínas y clorofila, necesarios para el desarrollo de las hojas. Asimismo, el calcio (155,82 mg/100 g) proporcionó firmeza a las paredes celulares y el magnesio (35,54 mg/100 g) mejoró el proceso fotosintético. Esta nutrición permanente permitió que T7 obtuviera una media de 26,43 hojas, sobrepasando de manera notable al control T0 (18,13 hojas), demostrando que la fertilización regular y apropiada con biol fomenta un crecimiento vegetal más robusto y prolongado en la lechuga de repollo.

Gráfico 20 Línea de tiempo para la variable número de hojas de la planta de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 105 días.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En el gráfico 19. En la línea de tiempo el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) coincide el tratamiento 7 desde el día 0 hasta los 105 días. Al día 0, el número de hojas de lechuga de repollo fue de 5 a los 15 días 7,00; a los 30 días 10; a los 45 días 13; a los 60 días 17; a los 75 días 21; a los 90 días 24 y a los 105 días 26, evidenciando un incremento progresivo durante todo el período de evaluación. (Novriyansyah, 2025), señala que el empleo de abonos orgánicos líquidos garantiza una provisión permanente de elementos nutritivos fundamentales, lo que mantiene activos los mecanismos fisiológicos de la planta durante toda su etapa de desarrollo. Lo cual impulsa un crecimiento foliar continuo, homogéneo y prolongado, explicando así el aumento gradual y constante en la cantidad de hojas a lo largo del período vegetativo.

10.2.3. Ancho de hoja (cm)

Tabla 43 : ADEVA para la variable Ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.

0 días			15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días		105 días									
Fuentes de Variación.	g.l	P-valor	CM	P-valor	CM	P-valor	CM	p-valor	CM	P-valor	CM	P-valor	CM	P-valor	CM	P-valor								
REPETICIÓN	2	0,8254	0,35	0,5261	0,37	0,7567	0,83	0,6792	2,40	0,4903	2,90	0,5567	5,09	0,4818	6,68	0,4686								
TRATAMIENTO	9	0,0393	*	1,16	0,0730	ns	2,83	0,0815	ns	4,53	0,0792	ns	7,06	0,0756	ns	9,44	0,1053	ns	13,67	0,0944	ns	17,63	0,0881	ns
A (DOSIS)	2	0,0112	*	2,06	0,0207	*	4,70	0,0258	*	7,79	0,0233	*	13,09	0,0193	*	15,52	0,0387	*	23,85	0,0301	*	29,80	0,0314	*
B (FRECUENCIAS)	2	0,6334	ns	0,42	0,4505	ns	1,37	0,3483	ns	1,78	0,4222	ns	2,97	0,4062	ns	4,30	0,4087	ns	6,81	0,3711	ns	8,16	0,3905	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,0695	ns	0,85	0,1963	ns	2,15	0,1778	ns	3,47	0,1775	ns	4,59	0,2523	ns	7,44	0,2085	ns	9,47	0,2550	ns	13,23	0,2134	ns
TESTIGO VS RESTO		0,0246	*	1,16	0,0595	ns	2,83	0,0579	ns	4,53	0,0586	ns	7,06	0,0636	ns	9,44	0,0866	ns	13,67	0,0813	ns	17,63	0,0763	ns
ERROR TOTAL	18 29		0,52		1,32		2,10		3,23		4,79		6,70		8,45									
CV	13,42		13,8 3		15,09		13,98		14,17		14,30		14,59		14,45									

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 43. El análisis ADEVA para la variable evaluada en el cultivo de lechuga de repollo reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística únicamente a los 0 días, presentando valores de p inferiores a 0,05; mientras que en los días 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 no presentó diferencias significativas, manteniéndose los valores de p por encima de 0,05. El factor Dosis (A) resultó ser significativo en todos los periodos experimentales considerando que todas las pruebas evalúan valores de p menores a 0,05. Por el contrario, el factor Frecuencias (B) no mostró significancia estadística alguno de los días evaluados, manteniéndose los valores de p por encima del nivel de significancia. La interacción entre Dosis y Frecuencia (A-B) no fue estadísticamente significativa en ninguna de las evaluaciones. Finalmente, la comparación Testigo vs Resto mostró significancia estadística únicamente a los 0 días, mientras que en el resto del período evaluado no se observaron diferencias significativas. El coeficiente de variación correspondientes a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días fueron 13,42 %; 13,83 %; 15,09 %; 13,98 %; 14,17 %; 14,30 %; 14,59 % y 14,45 % respectivamente.

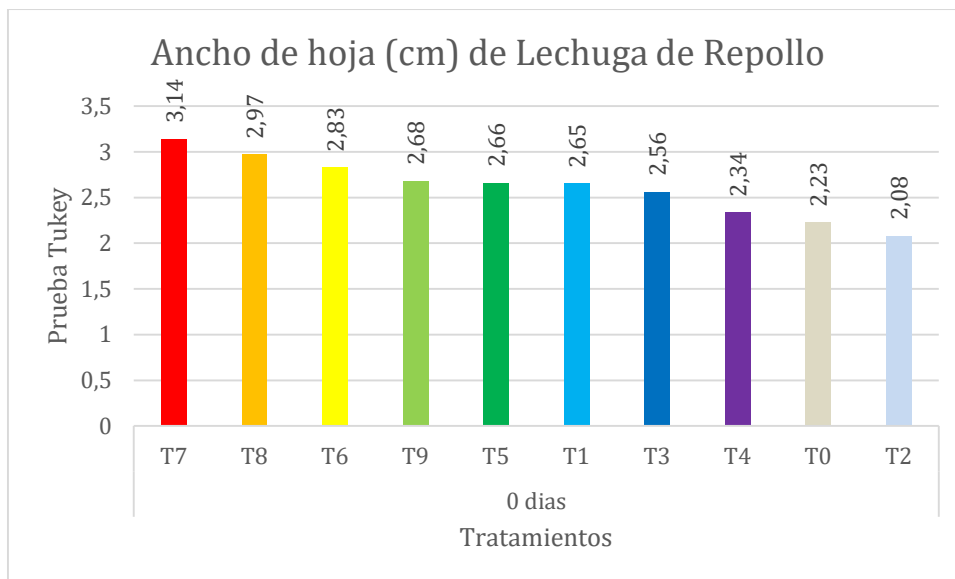
Tabla 44 Prueba Tukey al 5% para la variable ancho de hoja de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.

0 días			
Tratamientos	Rango		Medias
T7	A		3,14
T8	A	B	2,97
T6	A	B	2,83
T9	A	B	2,68
T5	A	B	2,66
T1	A	B	2,65
T3	A	B	2,56
T4	A	B	2,34
T0	A	B	2,23
T2		B	2,08

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la tabla 44. Según la prueba de Tukey al 5 % para el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) presentó la media más alta con 3,14 ubicándose en el rango A; mientras que el tratamiento T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) mostró la media más baja con 2,08 ubicándose en el rango B.

Gráfico 21 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamientos en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la gráfica 20. En la prueba Tukey al 5% los resultados obtenidos en este estudio muestran que el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) presentó el mayor ancho de hoja durante todo el periodo de evaluación, alcanzando 3,14 cm a los 0 días, mientras que el testigo T2 (D1F2: 2 litros cada 28 días), alcanzo 2,08.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Novriyansyah, 2025), quien señala que la aplicación de biol favorece la expansión foliar en lechuga al mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento vegetativo. La diferencia observada entre el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) y el testigo valida que la aplicación periódica de biol favorece significativamente el desarrollo del ancho de hoja en el cultivo. De acuerdo con la fertilización con abonos orgánicos líquidos aumenta la concentración de nutrientes aprovechables en el medio de cultivo y potencia el crecimiento vegetativo de la lechuga, especialmente en lo que respecta a la expansión de las hojas y la aparición de nuevas estructuras foliares. Los investigadores resaltan que aquellos tratamientos que combinan una frecuencia regular con dosis apropiadas logran un desarrollo del follaje notablemente superior al de los grupos que no reciben fertilización, destacando así la relevancia de la cantidad y la periodicidad del abono en el progreso del cultivo. En concordancia con estos planteamientos, los hallazgos del presente estudio muestran que el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) alcanzó un ancho de hoja superior

al del testigo, lo cual se sustenta en que la aplicación constante del biol garantiza un flujo permanente de elementos nutritivos como potasio, fósforo y nitrógeno, responsables de inducir la elongación celular, la multiplicación y especialización de los tejidos vegetativos, y la formación de proteínas y clorofila. Como consecuencia de este aporte continuo, las plantas bajo el tratamiento T7 lograron expandir su follaje de manera más amplia y vigorosa. En tanto las plantas sin fertilización mostraron menor crecimiento, confirmando así que la adición de fertilizantes líquidos orgánicos incide directamente en el incremento del ancho foliar de la lechuga de repollo.

Según el análisis químico del biol, el tratamiento que se realizó al ancho de hoja de lechuga proporcionó los nutrientes básicos que explican el desarrollo foliar. La dosis utilizada tenía potasio (207,43 mg/100 g), elemento clave en la regulación osmótica y la elongación celular que permite que las hojas se expandan y crezcan en tamaño. El fósforo (23.41 mg/100 g) también interviene en la transferencia de energía y la división celular los cuales participan en la formación de los nuevos tejidos foliares. El nitrógeno (<0,3 %) que se liberó lentamente facilitó la síntesis de proteínas y clorofila, asegurándose que las hojas contaran con el material necesario para crecer y para mantener color y estructura. Otros elementos también mostraron su importancia al respecto, el calcio (155,82 mg/100 g) contribuyó al fortalecimiento de las paredes celulares, dando rigidez y soporte al tejido foliar, al igual que el magnesio (35,54 mg/100 g) que optimizó los procesos fotosintéticos al tomar parte central en la formación de la clorofila, potenciando la producción de compuestos orgánicos que sostienen el crecimiento. La constante presencia de estos elementos en el biol originó que las hojas tuvieran un mayor ancho. Esto evidencia que hubo un crecimiento vegetativo vigoroso y sostenido en la lechuga de repollo.

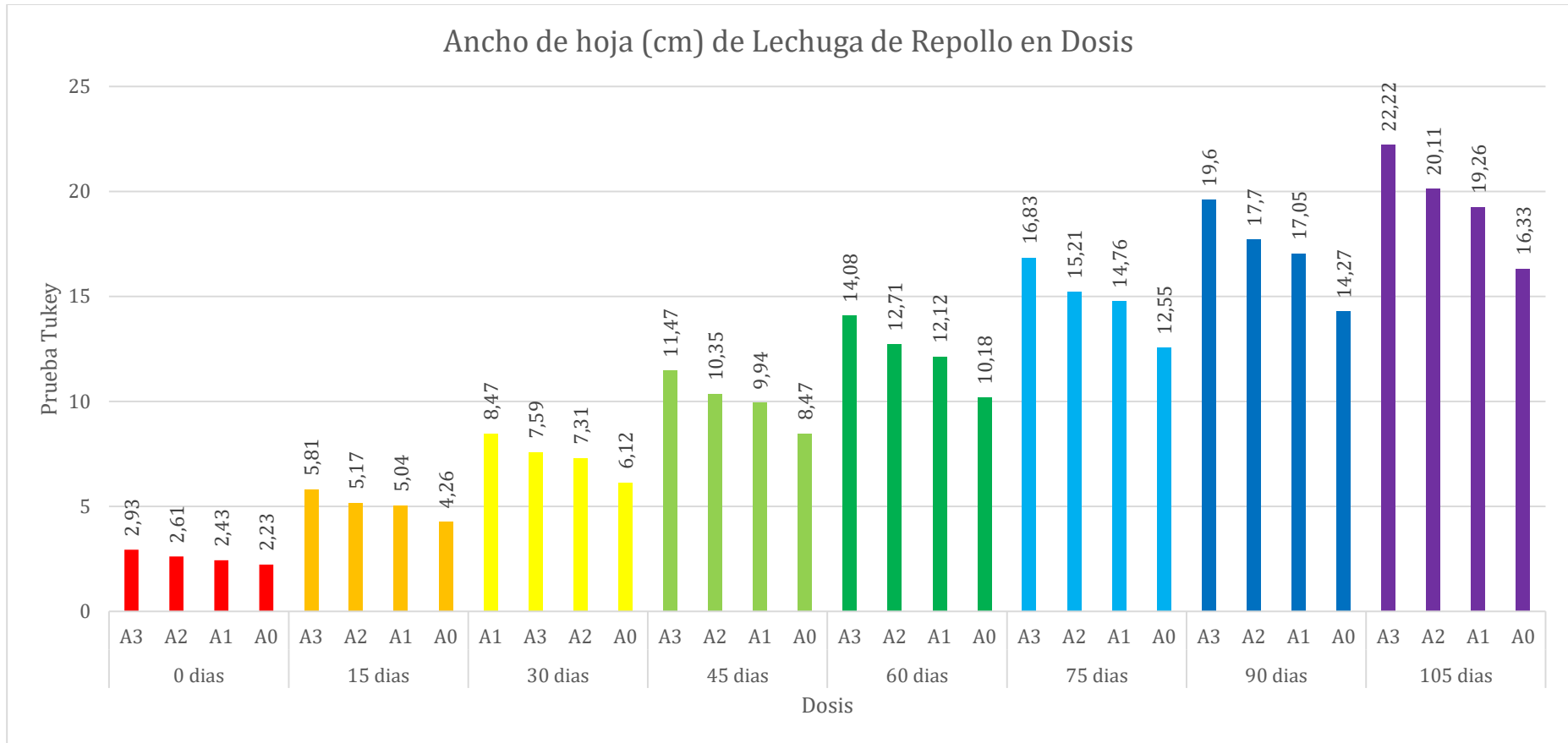
Tabla 45 Prueba Tukey al 5% para la Ancho de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.

Ancho de Hoja de Lechuga de repollo en Dosis																							
0 días			15 días			30 días			45 días			60 días			75 días			90 días			105 días		
A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango
A3	2,93	A	A3	5,81	A	A1	8,47	A	A3	11,47	A	A3	14,08	A	A3	16,83	A	A3	19,60	A	A3	22,22	A
A2	2,61	A B	A2	5,17	A B	A3	7,59	A B	A2	10,35	A B	A2	12,71	A B	A2	15,21	A B	A2	17,70	A B	A2	20,11	A B
A1	2,43	A B	A1	5,04	A B	A2	7,31	A B	A1	9,94	A B	A1	12,12	A B	A1	14,76	A B	A1	17,05	A B	A2	19,26	A B
A0	2,23	B	A0	4,26	B	A0	6,12	B	A0	8,47	B	A0	10,18	B	A0	12,55	B	A0	14,27	B	A0	16,33	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

De acuerdo a lo observado en la Tabla 45, a partir de la prueba de Tukey, correspondiente al factor Dosis, a través de 0 días, la dosis A3 presentó la media más alta (2.93) y ubicado al grupo A. Mientras que la dosis A0 presentó la media más baja (2.23) y ubicado al grupo B. Fue A3 el que volvió a presentar la mayor media a los 15 días (5,81) en el grupo A y A0 la mínima (4,26) en el B. A los 30 días, A1 8,47 (grupo A) y A0 6,12 (grupo B). A los 45 días, A3 11,47 (A) y A0 8,47 (B) presentó. A los 60 días, los valores del ensayo A3 fueron 14,08 (A) y A0 10,18 (B). A los 75 días, A3 se presentó en 16,83 (A) y A0 12,55 (B). Al llegar los 90 días, A3 fue alcanzando 19,60 (A) y A0 14,27 (B). Finalmente, a los 105 días, la media más alta fue de A3 con 22,22 (A) y la más baja de A0 con 16,33 (B), lo que demuestra que la mayor dosis mostró siempre los valores más altos y la dosis sin aplicación los más bajos. El tratamiento A3(4 L de biol) tuvo el mayor ancho de hoja (22,22 cm) y el tratamiento A0(0 L de biol) presentó el menor ancho de hoja (16,33 cm).

Gráfico 22 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Grafica 21. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor Dosis en la variable ancho de hoja (cm) de lechuga de repollo, se observó lo siguiente: A los 0 días, la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (2,93), mientras que A0 (0 litros de biol) registró la más baja (2,23). A los 15 días, A3 (4 litros de biol) mostró la mayor media (5,81) y A0 (0 litros de biol) la menor (4,26). Al día 30, la dosis A1 (2 litros de biol) presentó la media más alta (8,47) y la dosis A0 (0 litros de biol), la más baja (6,12) Luego de 45 días de la aplicación de los tratamientos, la media más alta fue registrada por A3 (4 litros de biol) con 11,47. En tanto, el menor valor lo alcanzó A0 (0 litros de biol) con 8,47. La dosis A3 (4 litros de biol) mostró la media más alta de 14,08 a los 60 días, en tanto que la dosis A0 (0 litros de biol) estuvo la media más baja 10,18. Por lo tanto, a los 75 días, A3 (4 l de biol) tuvo la mayor media (16,83) y A0 (0 l de biol) la menor (12,55) A los 90 días, la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (19,60), mientras que A0 (0 litros de biol) registró la más baja (14,27). Finalmente, a los 105 días, A3 (4 litros de biol) alcanzó la mayor media (22,22) y A0 (0 litros de biol) la menor (16,33). (Novriyansyah, 2025), señala que el empleo de fertilizantes orgánicos líquidos incrementa la concentración de nutrientes esenciales y activa procesos fisiológicos como la división celular, la elongación de tejidos y la formación de nuevas estructuras vegetativas. Según estos, el registro de ancho de hoja en lechuga repollo muestra que la dosis A3 (4 litros de biol) mantuvo los valores más altos durante todo el ciclo. Desde un inicio hasta 105 días, pasó de 2,93 cm a 22,22 cm. A diferencia del testigo A0 (sin biol), que sólo alcanzó 16,33 cm. Esta conducta demuestra que el biol ha garantizado un aporte continuo de nutrientes que frenan la división celular y la formación de más área foliar, generando un impacto positivo en el crecimiento de la planta. La discrepancia importante entre la dosis aplicada y el control da cuenta de lo adjudicado por el autor, que la aplicación de abonos líquidos orgánicos tiene acción directa en el aumento sostenido del ancho de hoja de la lechuga de repollo.

El análisis del biol aplicado determinó que la dosis A3 (4 litros) aportó elementos con propiedades nutricionales que favorecieron un mayor aumento del ancho foliar de la lechuga de repollo. El potasio (207,43 mg/100 g) jugó un papel en la regulación del equilibrio hídrico intracelular, permitiendo la expansión de las hojas. El fósforo, al interactuar con los procesos energéticos y la multiplicación celular, facilita la formación de nuevos tejidos. Con un contenido de nitrógeno inferior al 0,3 %, su liberación lenta lo hace responsable de la formación gradual de proteínas y pigmentos fotosintéticos. Como

consecuencia, se obtuvieron hojas más fuertes con un color intenso. El calcio (155,82 mg/100 g) fue un elemento que aportó rigidez a las paredes celulares y soporte al follaje. El magnesio, con un contenido de 35,54 mg/100 g, optimiza el uso de la energía luminosa, además del aumento de las sustancias orgánicas que necesita la planta para crecer.

La acción combinada de estos nutrientes permitió que las hojas alcanzaran dimensiones superiores, mostrando un crecimiento robusto y continuo durante toda la fase de desarrollo del cultivo.

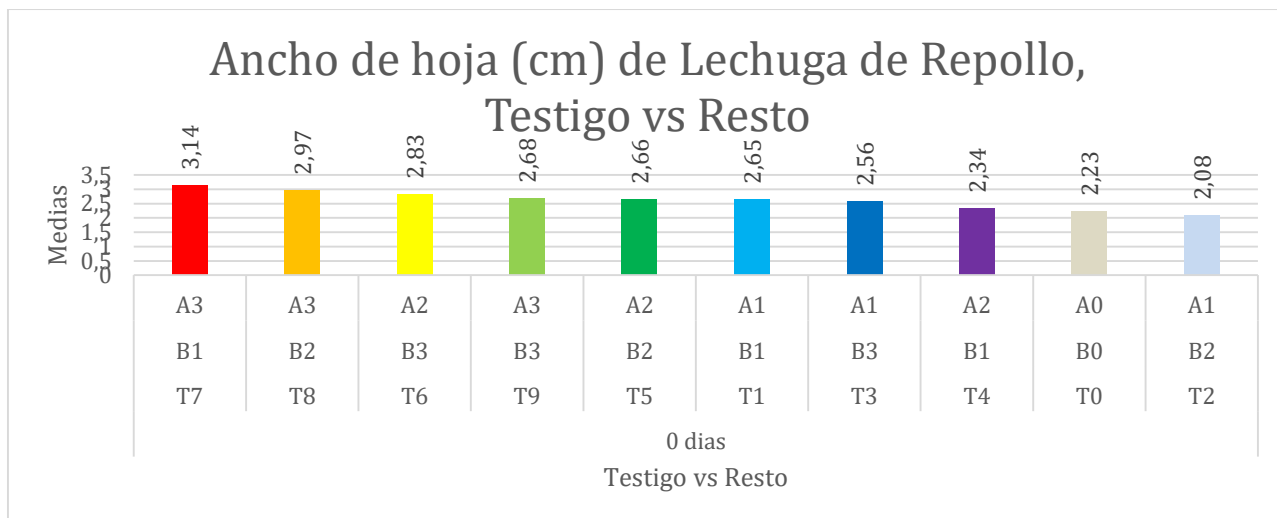
Tabla 46 Prueba Tukey al 5% para la Ancho de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo, Testigo vs Resto.

Testigo vs Resto					
0 días					
Tratamientos	A (Dosis)	B (Frecuencias)	Medias	Rango	
7	A3	B1	3,14	A	
8	A3	B2	2,97	A	B
6	A2	B3	2,83	A	B
9	A3	B3	2,68	A	B
5	A2	B2	2,66	A	B
1	A1	B1	2,65	A	B
3	A1	B3	2,56	A	B
4	A2	B1	2,34	A	B
0	A0	B0	2,23	A	B
2	A1	B2	2,08	B	

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 46. Según la prueba de Tukey para la comparación Testigo vs Resto a los 0 días, el tratamiento T7 presentó la media más alta (3,14) ubicándose en el grupo A, mientras que el tratamiento T2 registró la media más baja (2,08) en el grupo B. El tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó el mayor ancho de hoja (3,14 cm), mientras que el tratamiento T2 (A1B2) registró el menor valor (2,08 cm).

Gráfico 23 Prueba Tukey al 5% para los Factores Testigo vs Resto en el ancho de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

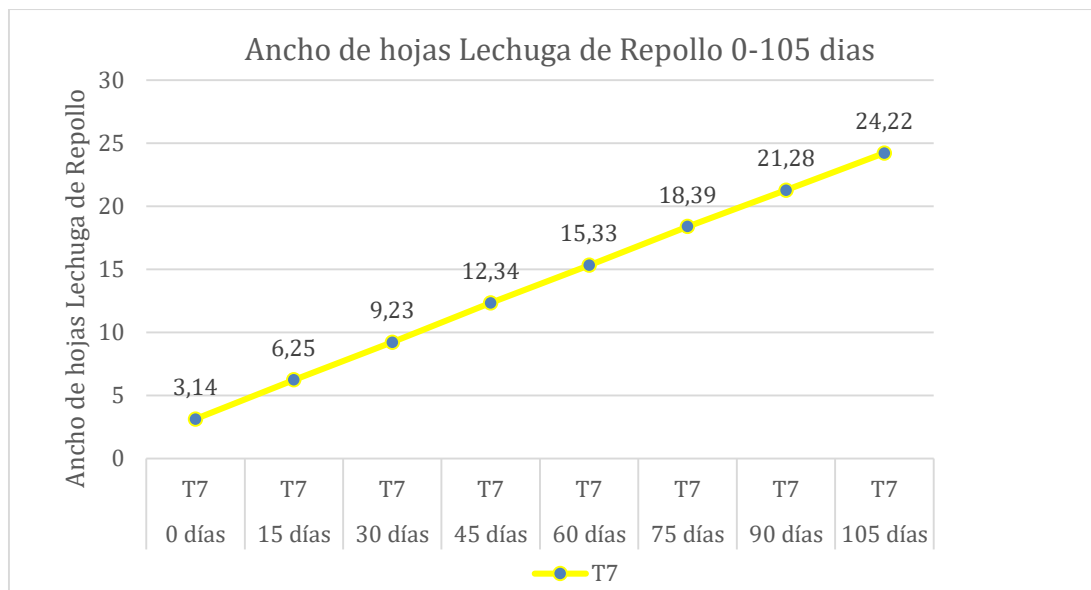
En la gráfica 22. Según la prueba de Tukey al 5 % para la comparación Testigo vs Resto en la variable ancho de hoja (cm) de lechuga de repollo a los 0 días, el tratamiento T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la media más alta (3,14), tratamiento T2 (A1B2: 2 litros cada 28 días) presentó la media más baja (2,08).

(Novriyansyah, 2025), sostiene que la incorporación de abonos orgánicos líquidos no solo eleva la concentración de elementos nutritivos en el suelo, sino que también reactiva y mantiene en funcionamiento los mecanismos biológicos de las plantas, tales como la multiplicación celular, el alargamiento de los tejidos y la creación de nuevas estructuras vegetativas. Este aspecto asegura que los elementos que componen el biol están altamente disponibles para ser absorbidos por las plantas y permanecen a su disposición a lo largo de todo el ciclo de desarrollo. En la comparación entre el grupo control y los tratamientos, se comprobó que la variante T7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó la mayor amplitud foliar (3,14 cm) desde el inicio del ensayo, mientras que las combinaciones con dosis y frecuencia disminuida, como T2 (A1B2: 2 litros cada 28 días), mostraron el valor más bajo (2,08 cm). Este comportamiento confirma que el suministro permanente de nutrientes fundamentales aportados por el biol, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, impulsa el alargamiento celular y el desarrollo de tejidos foliares más robustos desde las primeras fases del ciclo, produciendo hojas de mayor anchura y vitalidad. Así, los hallazgos obtenidos respaldan lo expuesto, la fertilización con abonos líquidos

orgánicos mejora el desempeño vegetativo, garantizando una expansión foliar continua y eficiente durante todo el período de cultivo.

Se observó que el tratamiento T7 presentó la mejor respuesta en la variable “anchura foliar” aplicación de biol y el análisis químico del biol control a dosis a3 (4L) presentando los nutrientes principales. El potasio (207,43 mg/100 g) fue el componente que más incidió, ya que reguló la presión interna en las células. También fue responsable del alargamiento y ampliación de las estructuras vegetales. El fósforo (23,41 mg/100 g) tubo actividad en el sistema energético y en la reproducción celular, promoviendo la formación de nuevas células y consolidados de los tejidos. El nitrógeno, en presencia de una concentración inferior a 0,3 %, fue liberado de manera gradual, interfiriendo en la elaboración de proteínas y pigmentos fotosintéticos, elementos necesarios para un follaje exuberante y con capacidad fotosintética activa. El calcio (155,82 mg/100 g) dio rigidez a las membranas celulares, dándoles resistencia y soporte a las hojas. El magnesio (35,54 mg/100 g) redujo el proceso fotosintético necesario para la formación de sustancias orgánicas que son necesarias para el crecimiento de las hojas. La participación de todos estos nutrientes hizo que el follaje del tratamiento T7 muestre un ancho superior, que se desarrolla con regularidad desde el inicio hasta los 105 días; en este caso sobresale notablemente sobre el testigo y sobre tratamientos que usaron dosis y frecuencias menores.

Gráfico 24 Línea de Tiempo para la variable Ancho de Hoja de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 105 días.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la gráfica 23. En la línea de tiempo el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) coincide el tratamiento 7 desde el día 0 hasta los 105 días. Al día 0, el Ancho de hojas de lechuga de repollo fue de 3,14 cm; a los 15 días 6,25 cm; a los 30 días 9,23 cm; a los 45 días 12,35 cm; a los 60 días 15,33 cm; a los 75 días 18,39 cm; a los 90 días 21,28 cm y a los 105 días 24,22 cm, evidenciando un incremento progresivo durante todo el período de evaluación.

Según (Novriyansyah, 2025), la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos asegura un suministro continuo de nutrientes esenciales, manteniendo activos los procesos fisiológicos como la división celular, la síntesis de proteínas y clorofila, y la formación de nuevos tejidos vegetativos durante todo el ciclo del cultivo, lo que promueve un crecimiento foliar constante y uniforme. La síntesis ininterrumpida de proteínas y clorofila garantizó que los tejidos foliares se mantuvieran saludables y con alta capacidad fotosintética durante todo el ciclo. Reflejado en el incremento del ancho de hoja desde 3,14 cm hasta 24,22 cm a los 105 días. Este comportamiento superior del T7, en comparación con tratamientos de menor frecuencia, confirma lo planteado por el autor acerca de que la provisión continua de nutrientes mediante fertilizantes orgánicos líquidos es determinante para lograr un desarrollo vegetativo vigoroso y sostenido en el tiempo.

10.2.4. Largo de hoja (cm)

Tabla 47 ADEVA para la variable Largo de hoja en el cultivo de lechuga de repollo.

Fuentes de Variación.	g.l	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días		105 días	
		p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM
REPETICIÓN	2	0,1004	0,70	0,0433	1,30	0,0413	2,03	0,0289	4,33	0,0110	6,11	0,0125	8,39	0,0126	10,49	0,0211	
TRATAMIENTO	9	0,0060	** 1,04	0,0010	** 1,67	0,0021	** 2,81	0,0006	*** 3,50	0,0025	** 5,63	0,0015	** 7,46	0,0018	** 9,86	0,0031	**
A (DOSIS)	2	0,0023	** 2,59	0,0002	*** 3,40	0,0012	** 6,82	0,0002	*** 8,04	0,0017	** 12,71	0,0011	** 16,29	0,0015	** 22,47	0,0015	**
B (FRECUENCIAS)	2	0,0652	ns 0,37	0,2359	ns 1,92	0,0262*	1,84	0,0752	ns 2,80	0,1032	ns 4,96	0,0657	ns 7,38	0,0541	ns 7,86	0,0981	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,4220	ns 0,21	0,4830	ns 0,24	0,6950	ns 0,28	0,7689	ns 0,45	0,8016	ns 0,67	0,7918	ns 0,87	0,8075	ns 1,39	0,7627	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,9886	ns 0,23	0,9947	ns 0,38	0,9956	ns 0,51	0,9987	ns 0,78	0,9978	ns 1,29	0,9962	ns 1,65	0,9974	ns 2,59	0,9919	ns
ERROR	18		0,19		0,34		0,47		0,74		1,08		1,49		2,18		
TOTAL	29																
CV	14,21		11,50		10,65		9,48		10,38		10,30		10,43		10,84		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 47. El análisis ADEVA para la variable largo de hoja de lechuga de repollo reveló que el factor Tratamientos mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días evaluados, con valores de p inferiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este también resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, destacándose una significancia altamente significativa en todos los días evaluados. Por otro lado, el factor Frecuencias (B) únicamente mostró significancia estadística a los 30 días, mientras que en el resto de los días evaluados no evidenció significancia estadística, manteniéndose los valores de p por encima del umbral de 0,05. La interacción entre Dosis y Frecuencia ($A \times B$) no alcanzó significancia estadística durante ninguno de los días evaluados. Al final, Testigo vs Resto no fue significativa estadísticamente en ninguno de los días. El coeficiente de variación correspondientes a la variable largo de hoja a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días posteriores, fueron 14,21 %; 11,50 %; 10,65 %; 9,48 %; 10,38 %; 10,30 %; 10,43 % y 10,84 % respectivamente.

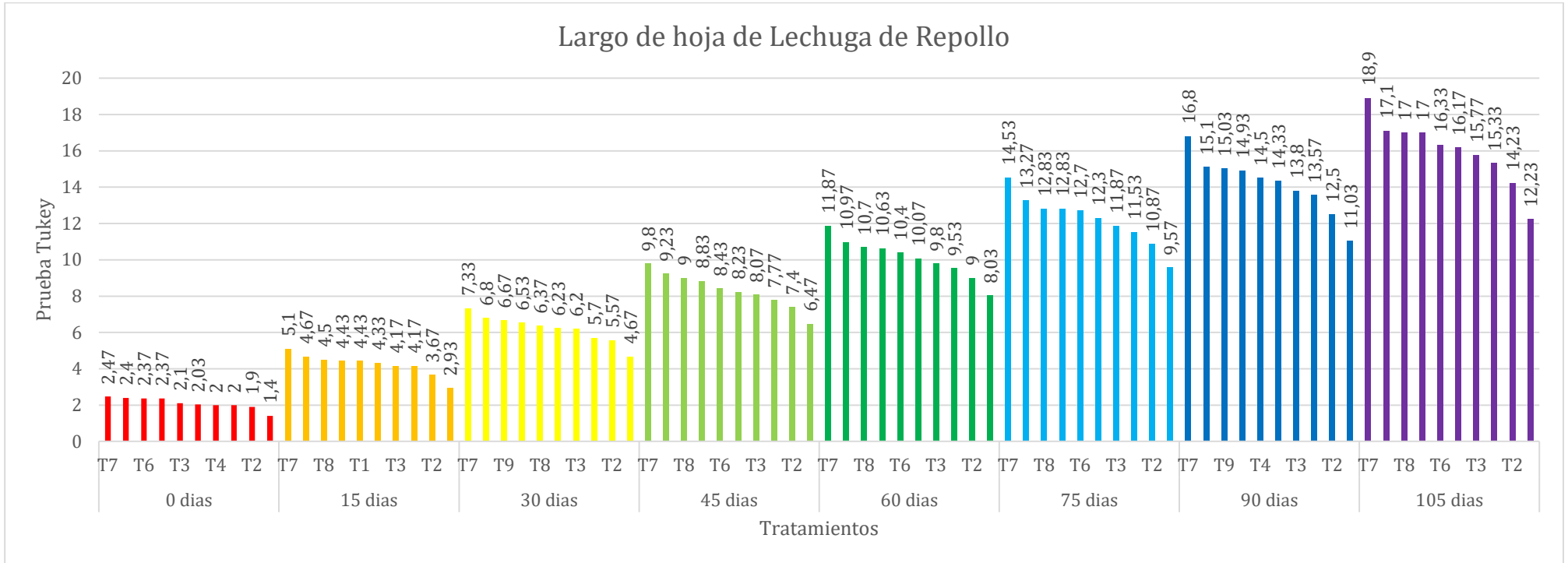
Tabla 48 Prueba Tukey al 5% para la variable largo de hoja de la planta en el cultivo de lechuga de repollo.

0 días			15 días			30 días			45 días			60 días			75 días			90 días			105 días		
Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias		Tratamientos	Medias	
T7	A	2,47	T7	A	5,10	T7	A	7,33	T7	A	9,80	T7	A	11,87	T7	A	14,53	T7	A	16,80	T7	A	18,90
T9	A	2,40	T9	A B	4,67	T1	A	6,80	T9	A B	9,23	T9	A B	10,97	T9	A B	13,27	T1	A B	15,10	T1	A B	17,10
T6	A	2,37	T8	A B	4,50	T9	A	6,67	T8	A B	9,00	T8	A B	10,70	T8	A B C	12,83	T9	A B	15,03	T8	A B	17,00
T1	A	2,37	T6	A B	4,43	T6	A B	6,53	T1	A B	8,83	T1	A B	10,63	T1	A B C	12,83	T8	A B	14,93	T9	A B	17,00
T3	A B	2,10	T1	A B	4,43	T8	A B	6,37	T6	A B C	8,43	T6	A B	10,40	T6	A B C	12,70	T4	A B	14,50	T6	A B	16,33
T8	A B	2,03	T5	A B C	4,33	T4	A B	6,23	T4	A B C	8,23	T4	A B	10,07	T4	A B C	12,30	T6	A B	14,33	T4	A B	16,17
T4	A B	2,00	T3	A B C	4,17	T3	A B	6,20	T3	A B C	8,07	T3	A B	9,80	T3	A B C	11,87	T3	A B	13,80	T3	A B	15,77
T5	A B	2,00	T4	A B C	4,17	T5	A B	5,70	T5	A B C	7,77	T5	A B	9,53	T5	A B C	11,53	T5	A B	13,57	T5	A B	15,33
T2	A B	1,90	T2	B C	3,67	T2	A B	5,57	T2	B C	7,40	T2	A B	9,00	T2	B C	10,87	T2	B	12,50	T2	A B	14,23
T0	B	1,40	T0	C	2,93	T0	B	4,67	T0	C	6,47	T0	B	8,03	T0	C	9,57	T0	B	11,03	T0	B	12,23

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 48. Según la prueba de Tukey, a los 0 días el tratamiento T7 presentó la media más alta (2,47) ubicándose en el grupo A, mientras que el testigo T0 registró la media más baja (1,40) en el grupo B. A los 15 días, T7 volvió a presentar la mayor media (5,10) en el grupo A y T0 la menor (2,93) en el grupo C. A los 30 días, T7 alcanzó 7,33 (grupo A) y T0 4,67 (grupo B). A los 45 días, T7 presentó 9,80 (A) y T0 6,47 (C). A los 60 días, T7 registró 11,87 (A) y T0 8,03 (B). A los 75 días, T7 presentó 14,53 (A) y T0 9,57 (C). A los 90 días, T7 alcanzó 16,80 (A) y T0 11,03 (B). Finalmente, a los 105 días, T7 registró la media más alta con 18,90 (A) y T0 la más baja con 12,23 (B), evidenciando que T7 mostró consistentemente los mayores valores y el testigo los menores durante todo el período evaluado.

Gráfico 25 Prueba Tukey al 5% para el Factor Tratamientos en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Figura 24. Según la prueba de Tukey al 5 % para la variable largo de hoja (cm) de lechuga de repollo, se observó lo siguiente: A los 0 días, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) presentó la media más alta (2,47), mientras que T1 (D1F1: 2 litros a los 14 días) registró la más baja (1,40). A los 15 días, T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) mostró la mayor media (5,10) y T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) la menor (3,67). A los 30 días, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) alcanzó la media más alta (7,33), mientras que T2 presentó la menor (4,67). A los 45 días, T7 registró la mayor media (9,80) y T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) la menor (6,47). A los 60 días, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) presentó la media más alta (11,87), mientras que T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) registró la más baja (8,03). A los 75 días, T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) mostró la mayor media (14,53) y T2 la menor (9,57). A los 90 días, el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) alcanzó la media más alta (16,80), mientras que T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) presentó la menor (11,03). Finalmente, a los 105 días, T7 (D3F1: 4 litros de biol a los 14 días) registró la mayor media (18,90), mientras que T2 (D1F2: 2 litros de biol a los 28 días) presentó la más baja (12,23).

El Tratamiento 7 (A3B1: 4 litros cada 14 días) presentó el mayor valor (18,90), mientras que el Testigo (T0: sin aplicación de biol) registró el menor valor (12,23), demostrando el efecto positivo de la aplicación del biol en el desarrollo del cultivo durante todo el ciclo de evaluación.

Los resultados obtenidos con el tratamiento T7 coinciden con lo reportado por (Kuroki et al., 2017), investigadores que resaltaron que el uso de abonos orgánicos en estado líquido favorece un aumento progresivo del desarrollo vegetativo en cultivos de lechuga. Según estos autores, los nutrientes que posee estos biofertilizantes favorecen la toma y aprovechamiento de compuestos esenciales que hacen posible la expansión de las capas foliadas y la generación de nuevas estructuras. La diferencia significativa observada en este estudio entre el tratamiento T7 y grupo control, indica que una provisión regular y equilibrada de biol promueve la formación de hojas de mayor tamaño y un crecimiento foliar robusto durante todo el período de cultivo.

El biol análisis mostró que el tratamiento T7 (4 Litros cada 14 días), contenía los nutrientes necesarios para favorecer el crecimiento de las hojas. La presencia de potasio,

que se encontró a una concentración de 207,43 mg/100 g, participó del equilibrio osmótico y el alargamiento de las células, generando láminas foliares más anchas. El fósforo (23,41 mg / 100 g) está involucrado en los mecanismos de energía y multiplicación celular, favoreciendo la formación de nuevos tejidos vegetales. El nitrógeno total a pesar de su pequeña proporción (<0,3 %), fue entregado de manera gradual, lo que ayudó en la fabricación de proteínas y pigmentos de la fotosíntesis, estos son dos compuestos esenciales para la fortaleza y amplitud del follaje. El calcio (155,82 mg/100 g) ayuda a dar consistencia a la membrana celular, que da firmeza y soporte a las hojas. El magnesio (35,54 mg/100 g) mejoró la fotosíntesis, asegurando crecimiento permanente de la superficie de las hojas durante toda la etapa productiva. Esta mezcla equilibrada de elementos mayores y menores, aportada de forma ininterrumpida a través del biol, estableció las condiciones fisiológicas óptimas para un crecimiento vegetal uniforme y prolongado.

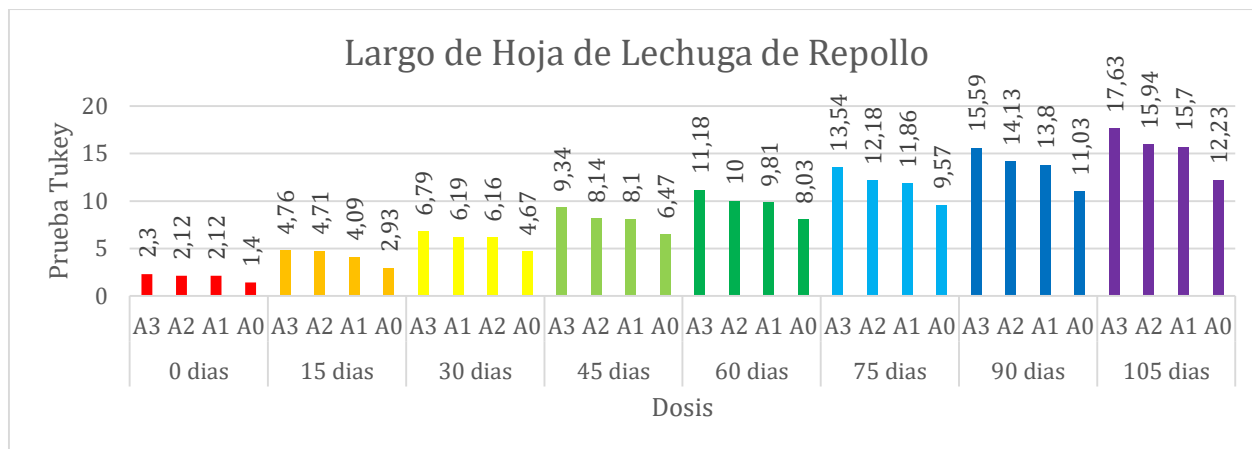
Tabla 49 Prueba Tukey al 5% para la variable Numero de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Dosis.

Largo de Hoja de Lechuga de repollo en Dosis																							
0 días			15 días			30 días			45 días			60 días			75 días			90 días			105 días		
A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango	A (Dosis)	Medias	Rango
A3	2,30	A	A3	4,76	A	A3	6,79	A	A3	9,34	A	A3	11,18	A	A3	13,54	A	A3	15,59	A	A3	17,63	A
A2	2,12	A	A2	4,71	A	A1	6,19	A	A2	8,14	A	A2	10,00	A	A2	12,18	A	A2	14,13	A	A2	15,94	A
A1	2,12	A	A1	4,09	A	A2	6,16	A	A1	8,10	A	A1	9,81	A	A1	11,86	A	A1	13,80	A	A1	15,70	A
A0	1,40	B	A0	2,93	B	A0	4,67	B	A0	6,47	B	A0	8,03	B	A0	9,57	B	A0	11,03	B	A0	12,23	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

Conforme a la prueba de Tukey para el factor Dosis, a los 0 días, la dosis A3 presentó la media más alta, siendo esta 2,30 por lo que se ubica en el grupo A. Por su parte, la dosis A0 presenta la media más baja, siendo esta 1,40, por lo que se ubica en el grupo B. A los 15 días, A3 presentó de nuevo la mayor media (4,76); y A0 la menor (2,93) en el grupo B. Al cabo de 30 días, A3 llegó 6,79 (grupo A) y A0 4,67 (grupo B). Al cabo de 45 días, A3 dio 9,34(A) y A0 6,47(B). A los 60 días, A3 mostró un 11,18 (A) y A0 8,03 (B). A los 75 días, A3 se presentó a 13,54 (A) y A0 a 9,57 (B). A los 90 días, A3 se encontraba a 15,59 (A) y A0 a 11,03 (B). Finalmente, a los 105 días, el A3 tuvo la media más alta con 17,63 (A) y el A0 la más baja con 12,23 (B), observándose que la mayor dosis mostró siempre los mayores valores y la dosis sin aplicación los menores durante todo el periodo evaluado. La dosis A3 (4 litros de biol) mostró la mayor longitud de hoja (17,63 cm), equanto a la dosis A0 (0 litros de biol) mostró la menor longitud de hoja (12,23 cm) indicando que el incremento de dosis tuvo efecto en el cultivo.

Gráfico 26 Prueba Tukey al 5% para el Factor Dosis en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Figura 25. Según la prueba de Tukey al 5 % para el factor Dosis en la variable largo de hoja (cm) de lechuga de repollo, se observó lo siguiente: A los 0 días, la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (2,30), mientras que A0 (0 litros de biol) registró la más baja (1,40). A los 15 días, A3 (4 litros de biol) mostró la mayor media (4,76) y A0 (0 litros de biol) la menor (2,93). Luego de 30 días, la dosis A3 (4 litros de biol) tuvo la media más alta (6,79) y A0 (0 litros de biol), la más baja (4,67). Después de 45 días, la aplicación A3 (4 L biol) tuvo el P60 más alto (9.34) y A0 (0 L biol) el más bajo (6.47). A los 60 días, se observó que la dosis A3 (4 litros de biol) presentó la media más alta (11,18), mientras que la A0 (0 litros de biol) mostró la más baja (8,03). La media obtenida a los 75 días, A3 (4 litros de biol) fue el que presentó la mayor media (13,54) y A0 (0 litros de biol) el menor (9,57). La dosis A3 (4 litros de biol) a los 90 días resultó la más alta entre las dosis con media de 15,59. Mientras que la dosis A0 (0 litros de biol) dio como resultado la más baja con media de 11,03. Finalmente, a los 105 días, A3 (4 litros de biol) registró la mayor media (17,63), mientras que A0 (0 litros de biol) presentó la más baja (12,23).

Los hallazgos registrados en cuanto a la longitud foliar coinciden con lo reportado por (Kuroki et al., 2017), autores que indican que los abonos orgánicos líquidos potencian el desarrollo vegetativo gracias a una mayor disponibilidad de elementos primarios como el nitrógeno y el potasio. Estos investigadores explican que el nitrógeno impulsa la formación de proteínas y pigmentos fotosintéticos, promoviendo la generación y el alargamiento de los tejidos de la hoja, mientras que el potasio interviene en la regulación

de procesos enzimáticos y en el mantenimiento de la presión interna de las células, facilitando un crecimiento longitudinal más pronunciado. En la presente investigación, la dosis A3 (4 litros de biol) mantuvo de manera constante los valores superiores de largo de hoja desde el inicio hasta los 105 días, lo cual demuestra que la abundancia de estos elementos nutritivos estimuló un desarrollo foliar más acentuado y prolongado en contraste con el grupo control que no recibió biol. De esta manera, la elevada efectividad del tratamiento A3 confirma que la fertilización con abonos orgánicos líquidos tiene impacto directo en la extensión y consolidación estructural de las hojas durante todo el ciclo del cultivo.

En el análisis químico de biol en la dosis A3 (4 litros) se evidenció que dicha composición nutricional favoreció directamente el aumento largo de hoja en lechuga de repollo. El nitrógeno (<0,3 %) uno de los elementos más influyentes, ya que estimula la síntesis de proteínas y clorofila, así como la formación y alargamiento de tejidos foliares. Por su parte, el potasio (207,43 mg/100 g) ayuda a la regulación osmótica y a la activación enzimática, favoreciendo la expansión celular y el crecimiento longitudinal de la hoja. El fósforo (23,41 mg/100 g) participó en la transferencia de energía (ATP), favoreciendo la división celular y el desarrollo estructural de los tejidos. El calcio (155,82 mg/100 g) también endureció las paredes celulares proporcionando soporte estructural a la elongación, mientras que el magnesio (35,54 mg/100 g) mejoró la fotosíntesis al garantizar la producción de carbohidratos necesarios para el crecimiento. En conjunto, estos nutrientes permitieron que las plantas tratadas con 4 litros de biol desarrollaran un mayor largo de hoja de manera progresiva y sostenida durante todo el ciclo de evaluación.

Tabla 50 Prueba Tukey al 5% para la variable Numero de hojas de la planta en el cultivo de lechuga de repollo en Frecuencias.

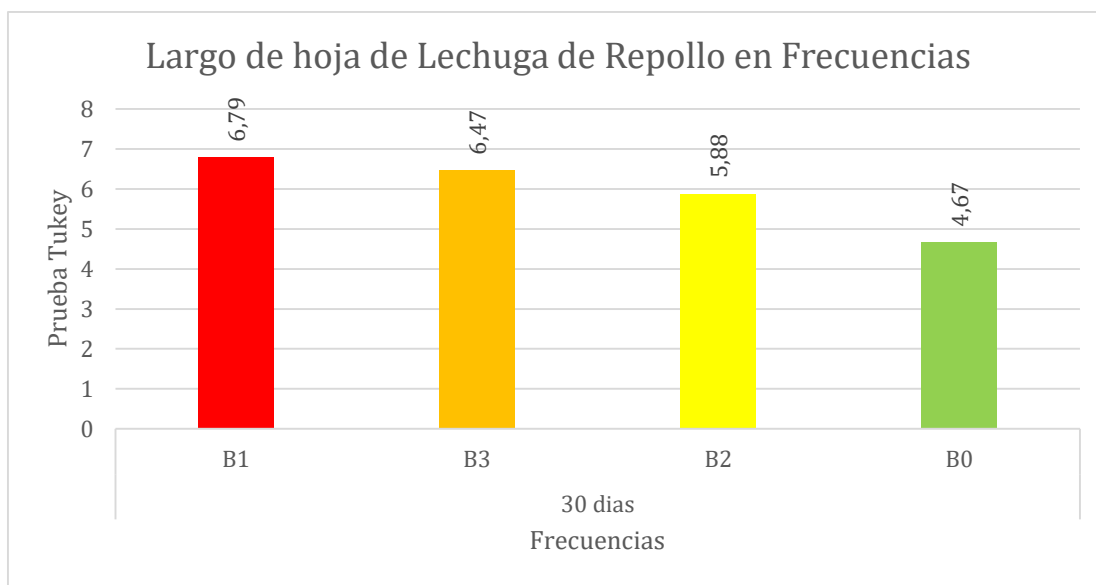
30 días		
Largo de hoja de Lechuga de Repollo en Frecuencias		
B (Dosis)	Medias	Rango
B1	6,79	A
B3	6,47	A
B2	5,88	A
B0	4,67	B

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 50. Según la prueba de Tukey para el factor Frecuencias, a los 30 días la frecuencia B1 (aplicación cada 14 días) presentó la media más alta (6,79) ubicándose en el grupo A, mientras que la frecuencia B0 (sin aplicación) registró la media más baja

(4,67) en el grupo B. La frecuencia B1 presentó el mayor largo de hoja (6,79 cm), mientras que la frecuencia B0 registró el menor largo de hoja (4,67 cm), evidenciando el efecto de la aplicación frente al testigo sin aplicación.

Gráfico 27 Prueba Tukey al 5% para el Factor Frecuencias en el Largo de la hoja en el cultivo de lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

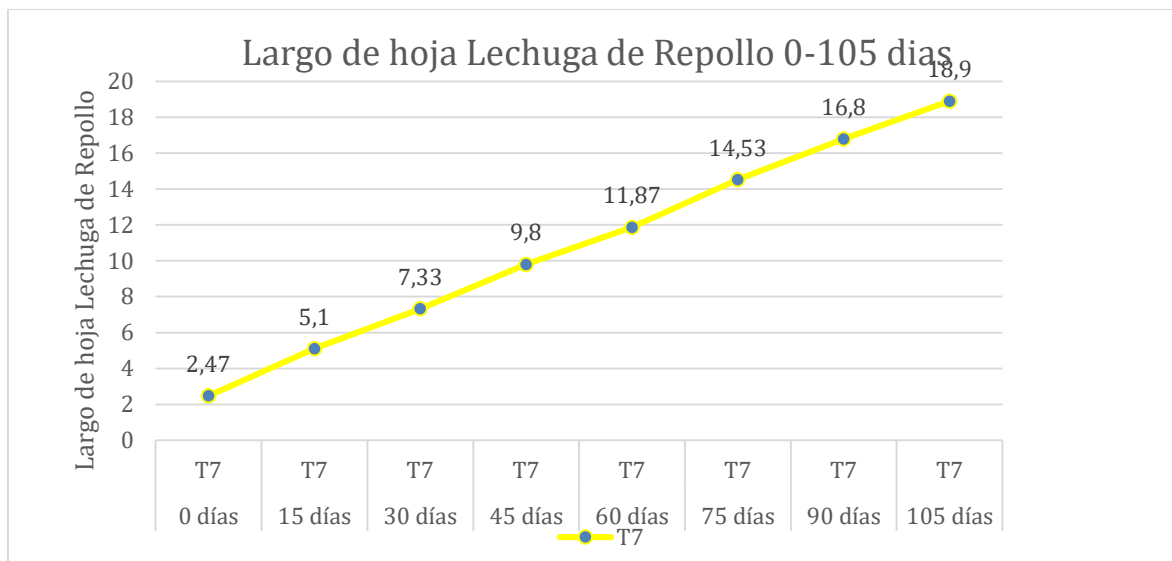
En la gráfica 26. Según la prueba de Tukey para el factor Frecuencias, a los 30 días la frecuencia B1 (aplicación cada 14 días) presentó la media más alta (6,79), mientras que la frecuencia B0 (sin aplicación) registró la media más baja (4,67). La frecuencia B1 presentó el mayor largo de hoja (6,79 cm), mientras que la frecuencia B0 registró el menor largo de hoja (4,67 cm), evidenciando el efecto de la aplicación frente al testigo sin aplicación.

Los resultados obtenidos para el factor Frecuencias concuerdan con lo señalado por (Kuroki et al., 2017), quienes indican que la aplicación periódica de fertilizantes orgánicos líquidos mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes y mantiene activos los procesos fisiológicos responsables del crecimiento vegetativo. A los 30 días, la frecuencia B1 (aplicación cada 14 días) presentó la media más alta (6,79 cm), mientras que la frecuencia B0 (sin aplicación) registró la más baja (4,67 cm), evidenciando que la continuidad en el suministro de nutrientes favorece la elongación foliar. Según los autores, la aplicación frecuente permite mantener una disponibilidad constante de

elementos esenciales en el suelo, lo que estimula la división celular y el desarrollo estructural de la hoja. De esta manera, la superioridad de la frecuencia B1 confirma que intervalos de aplicación más cortos contribuyen a un crecimiento más vigoroso y sostenido del largo de hoja en comparación con la ausencia de fertilización.

La respuesta superior de la frecuencia B1 (aplicación cada 14 días) en cuanto a la longitud foliar se atribuye al aporte permanente de elementos nutritivos que ofreció el biol. Esta periodicidad en la fertilización mantuvo una presencia constante de nitrógeno (<0,3 %), componente fundamental para la producción y extensión de los tejidos vegetales, al participar en la formación de proteínas y compuestos fotosintéticos. Igualmente, el potasio (207,43 mg/100 g) impulsó la regulación del balance hídrico y la ampliación de las células, condiciones que permiten el desarrollo en sentido longitudinal de la superficie foliar. El fósforo (23,41 mg/100 g) intervino en las reacciones metabólicas que soportan la reproducción celular, favoreciendo una organización estructural más activa. Por otra parte, el calcio (155,82 mg/100 g) reforzó las membranas celulares durante la etapa de alargamiento, y el magnesio (35,54 mg/100 g) mejoró el proceso fotosintético, asegurando la generación de azúcares necesarios para un crecimiento ininterrumpido. La aplicación cada 14 días evitó lapsos de insuficiencia nutricional, permitiendo una expansión más pareja y continua de la longitud de la hoja, a diferencia de las plantas no fertilizadas.

Gráfico 28 Línea de tiempo para la variable largo de hoja de la lechuga de repollo en el tratamiento 7 a los 0 hasta 60 días.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En el gráfico 27. En la línea de tiempo el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) coincide el tratamiento 7 desde el día 0 hasta los 105 días. Al día 0, en el Largo de hoja de lechuga de repollo fue de 2,47 cm; a los 15 días 5,10 cm; a los 30 días 7,33 cm; a los 45 días 9,80 cm; a los 60 días 11,87 cm; a los 75 días 14,53 cm; a los 90 días 16,80 cm y a los 105 días 18,90 cm, evidenciando un incremento progresivo durante todo el período de evaluación.

La evolución del tratamiento D3F1 4 l cada 14 días durante el período evaluado muestra que fue la más efectiva desde el comienzo y hasta los 105 días, mostrando un aumento en la longitud de la hoja, que pasó de 2,47 cm a 18,90 cm. Estos hallazgos son coherentes con lo que se estableció en Kyriacou, Colla y Tanou (2017), donde expone que la fertilización regular con abonos orgánicos líquidos mejora el flujo de nutrientes en el suelo y permite un desarrollo vegetal uniforme. De acuerdo con estos investigadores, el nitrógeno resulta ser uno de los factores más influyentes en el alargamiento foliar, dado que interviene directamente en la generación de proteínas y en la creación de nuevas estructuras vegetales, en tanto que el potasio controla la presión interna de las células y viabiliza el crecimiento en extensión de la hoja. La frecuencia de aplicación cada 14 días garantizó una presencia ininterrumpida de estos elementos, impidiendo lapsos de carencia y asegurando que el tratamiento T7 conservara las cifras más elevadas durante toda la fase experimental. Por consiguiente, la trayectoria temporal confirma que una dosis

elevada acompañada de una periodicidad pertinente impulsa un crecimiento foliar ininterrumpido y sobresaliente en comparación con el resto de las variantes evaluadas.

10.2.5. Diámetro del repollo

Tabla 51 : ADEVA para la variable Diámetro de repollo en el cultivo de lechuga de repollo.

F.V.	g.l	CM	p-valor
Repeticiones	2	1,01	0,7813
Tratamientos	9	4,42	0,3873 ns
A (Dosis)	2	11,76	0,0619 ns
B (Frecuencias)	2	3,84	0,4035 ns
A (Dosis)*B (Frecuencias)	4	6,73	0,1287 ns
TESTIGO VS RESTO	1	6,73	0,1287 ns
Error	18	4,02	
Total	29		
CV	20,18		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 51. El análisis ADEVA para la variable diámetro de repollo en el cultivo de lechuga de repollo mostró que el factor Tratamientos, con valores de p inferiores a 0,05. De igual manera, los factores Dosis (A), Frecuencias (B), la interacción $A \times B$ y la comparación Testigo vs Resto no evidenciaron significancia estadística. El coeficiente de variación fue 20,18 %, indicando una precisión experimental aceptable.

10.2.6 Peso

Tabla 52 ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga de repollo.

F.V.	g.l	CM	p-valor
Repetición	2	0,01	0,1059 ns
Tratamientos	9	0,01	0,0092 **
Error	18	3,5E-03	
Total	29		
CV	29,13		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la tabla 52. El análisis ADEVA para la variable peso en cosecha en el cultivo de lechuga de repollo mostró que el factor Tratamientos mostro significancia estadística ($p > 0,05$). El Coeficiente de Variación (CV) para la variable analizada fue de 29.13%.

Tabla 53 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo de lechuga de repollo.

Prueba Tukey al 5% para la variable peso de Lechuga de Repollo				
A (Dosis)	B (Frecuencias)	Tratamientos	Medias	Rango
A3	B1	T7	0,34	A
A1	B2	T2	0,26	A B
A2	B1	T4	0,22	A B
A1	B3	T3	0,21	A B
A3	B2	T8	0,21	A B
A3	B3	T9	0,19	A B
A1	B1	T1	0,18	A B
A2	B3	T6	0,16	B
A2	B2	T5	0,14	B
A0	B0	T0	0,11	B

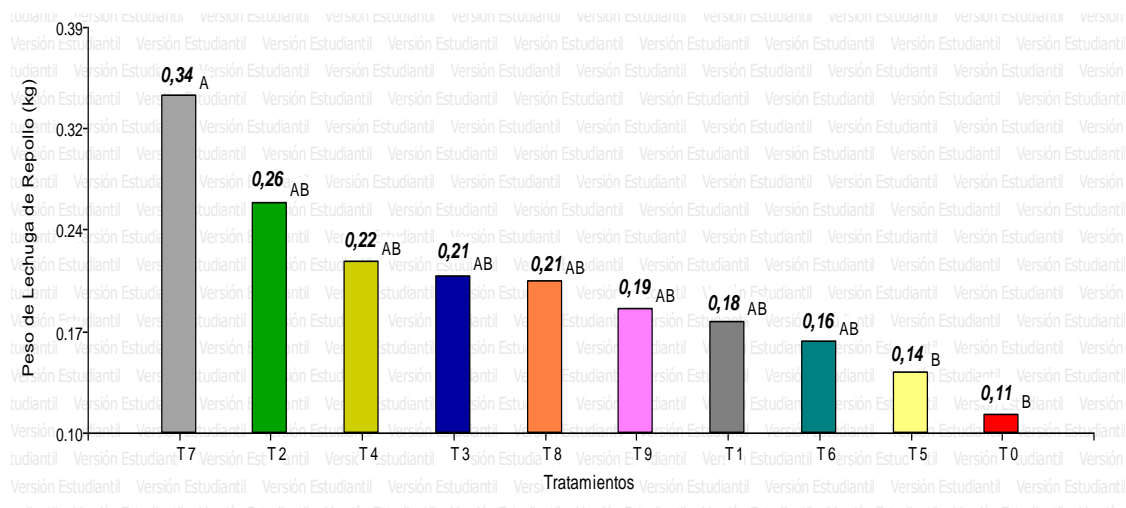
Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 53. Según la prueba de Tukey para el factor tratamiento, para la variable peso fresco de lechuga de repollo, donde el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) obtuvo el mayor promedio con 0.34 kg por planta, ubicándose en el rango estadístico A. Le siguen los tratamientos T2 (D1F2: 2 litros cada 28 días) con 0.26 kg y T4 (D2F1: 3 litros cada 14 días) con 0.22 kg, ambos en el rango A–B. Por otro lado, los tratamientos con menores dosis y/o frecuencias, como T5 (D2F2: 3 litros cada 28 días) con 0.14 kg y el testigo T0 (D0F0: sin aplicación de biol) con 0.11 kg, presentaron los valores más bajos, agrupados en el rango B. Estos resultados indican que la combinación de una dosis alta (4 litros) con una frecuencia más frecuente (14 días) favoreció el mayor peso fresco en lechuga de repollo.

Los datos de peso fresco de la lechuga de repollo muestran que el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días) alcanzó el mayor promedio con 0,34 kg por planta. Este resultado concuerda con lo reportado por (Gunawan et al., 2021)), donde la aplicación de biol líquido permitió obtener incrementos en el peso fresco de la lechuga, con valores que se ubicaron alrededor de 0,30 a 0,35 kg por planta. En este sentido, los valores obtenidos

en el presente estudio se encuentran dentro del rango productivo reportado, lo que valida el efecto positivo del biol sobre el rendimiento del cultivo de lechuga de repollo.

Gráfico 29 Prueba Tukey al 5% para la variable Peso de la lechuga de repollo.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

10.2.7 Rendimiento por hectárea

Tabla 54 Rendimiento por hectárea.

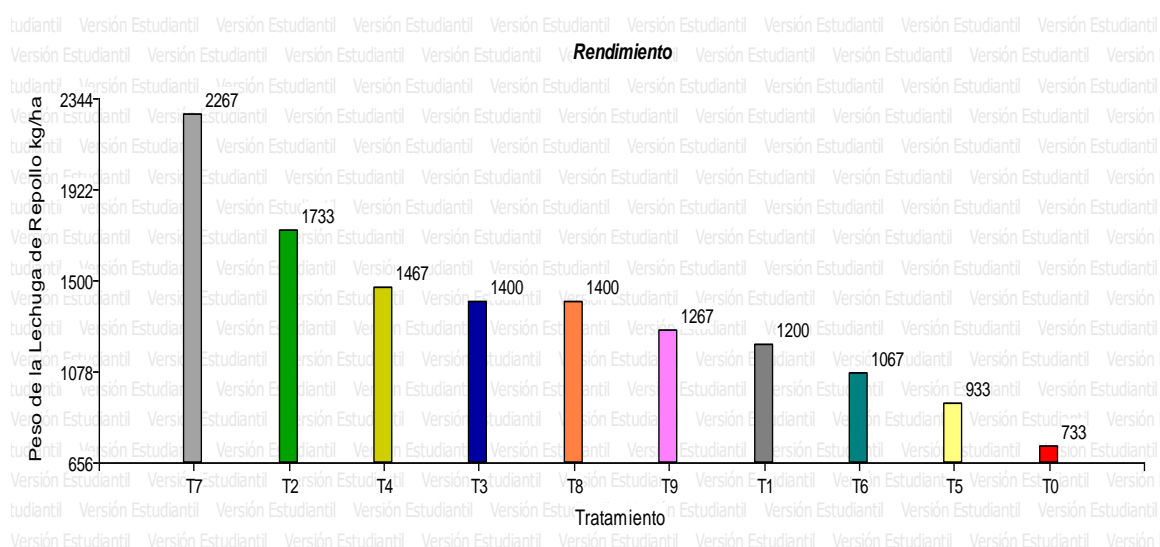
Tratamiento	Peso
T7	2267
T2	1733
T4	1467
T3	1400
T8	1400
T9	1267
T1	1200
T6	1067
T5	933
T0	733

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la tabla 54. Los rendimientos obtenidos en el presente estudio para el cultivo de lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *capitata*) oscilaron entre 733 y 2 267 kg/ha,

evidenciándose diferencias productivas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T7 registró el mayor rendimiento con 2 267 kg/ha, seguido por T2 (1 733 kg/ha) y T4 (1 467 kg/ha). En contraste, el tratamiento T0 (testigo) presentó el menor rendimiento, con 733 kg/ha, lo que demuestra la influencia del manejo aplicado sobre la productividad del cultivo. Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado por (Giannini et al., 2020), quienes evaluaron abonos orgánicos en lechuga de repollo bajo condiciones de campo y obtuvieron rendimientos entre 1 500 y 2 500 kg/ha en sistemas de pequeña escala. La similitud entre ambos estudios valida la respuesta productiva obtenida en los tratamientos con mayor rendimiento y confirma el potencial del manejo orgánico en este cultivo.

Gráfico 30 Rendimiento por hectárea



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

10.3. Apio (*Apium graveolens*)

10.3.1 Altura de planta en el cultivo de apio

Tabla 55 ADEVA para la variable altura de planta en el cultivo de Apio.

Fuentes de Variación.	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días		105 días									
	g.l	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor								
REPETICIÓN	2	0,0141	9,36	0,711	23,93	0,0225	43,64	0,0202	71,22	0,0151	101,51	0,0203	146,82	0,0195	187,82	0,0152								
TRATAMIENTO	9	0,3975	ns	5,50	0,1364	ns	5,49	0,4202	ns	10,78	0,3497	ns	18,29	0,2716	ns	25,17	0,3484	ns	33,47	0,3943	ns	56,74	0,1865	ns
A (DOSIS)	2	0,4133	ns	4,18	0,3579	ns	6,36	0,4520	ns	12,83	0,3990	ns	21,21	0,3691	ns	31,91	0,3706	ns	44,89	0,3787	ns	93,25	0,1714	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,9224	ns	0,72	0,8243	ns	0,36	0,9493	ns	1,47	0,8886	ns	2,49	0,8785	ns	3,54	0,8854	ns	3,40	0,9215	ns	12,43	0,7842	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,4532	ns	8,89	0,0825	ns	7,41	0,3995	ns	13,90	0,3750	ns	23,99	0,3207	ns	30,93	0,3972	ns	39,94	0,4487	ns	51,52	0,4210	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,6402	ns	5,50	0,2159	ns	5,49	0,6291	ns	10,78	0,5670	ns	18,29	0,5023	ns	25,17	0,5652	ns	33,47	0,6146	ns	56,74	0,3917	ns
ERROR TOTAL	18			3,05			5,07			8,94			13,35			20,83			29,72			35,26		
CV	21,33			21,62			20,47			20,23			20,32			20,79			21,42			20,75		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 55. El análisis ADEVA para la variable altura de la planta en el cultivo de apio reveló que el factor Tratamientos no mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días, presentando valores de p superiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este tampoco resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, manteniéndose los valores de p por encima del nivel de significancia establecido. Asimismo, el factor Frecuencias (B) no registró significancia estadística en ninguno de los días evaluados. La interacción Dosis \times Frecuencia (A \times B) no fue significativa en ninguna de las evaluaciones realizadas. Finalmente, la comparación del testigo contra el resto no mostró significancia estadística en ninguno de los días.

La inexistencia de diferencias entre tratamientos para la variable altura de planta se puede explicar por la baja heterogeneidad experimental que se registró en el trabajo, lo cual indica que esta variable no fue sensible a las distintas dosis y frecuencias. En términos fisiológicos, el crecimiento vertical del apio está asociado a procesos de división y elongación celular, los cuales están determinados principalmente por la carga genética, el régimen hídrico y las condiciones del entorno; por consiguiente, la aplicación de biol no generó un impacto relevante que excediera la variabilidad inherente al experimento.

El coeficiente de variación correspondientes a la variable altura de planta a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días posteriores fueron 21,33 %; 21,62 %; 20,47 %; 20,23 %; 20,32 %; 20,79 %; 21,42 % y 20,75 % respectivamente.

10.3.2. Número de hojas

Tabla 56 ADEVA para la variable número de hojas en el cultivo de Apio

Fuentes de Variación.	0 días		15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días		105 días									
	g.l	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor								
REPETICIÓN	2	0,0019	1,81	0,0784	6,64	0,0013	11,67	0,0116	23,57	0,0034	42,90	0,0010	63,02	0,0007	38,65	0,0354								
TRATAMIENTO	9	0,3265	ns	0,75	0,3432	ns	1,45	0,0795	ns	19,90	0,2466	ns	4,59	0,2067	ns	6,05	0,2316	ns	9,55	0,1585	ns	9,90	0,4505	ns
A (DOSIS)	2	0,3894	ns	0,46	0,6087	ns	0,28	0,8836	ns	19,99	0,2200	ns	2,19	0,7308	ns	4,54	0,6422	ns	5,92	0,6716	ns	19,99	0,2200	ns
B (FRECUENCIAS)	2	0,5369	ns	1,36	0,1827	ns	3,20	0,1053	ns	0,27	0,9785	ns	7,85	0,2347	ns	8,92	0,3470	ns	16,07	0,2651	ns	0,27	0,9785	ns
A (DOSIS)* B (FRECUENCIAS)	4	0,7738	ns	0,66	0,4815	ns	1,45	0,3652	ns	0,57	0,6855	ns	4,76	0,4579	ns	5,75	0,5887	ns	9,00	0,5421	ns	7,14	0,6855	ns
TESTIGO VS RESTO	1	0,8211	ns	0,62	0,7964	ns	0,67	0,9923	ns	22,91	0,2749	ns	2,97	0,9704	ns	4,12	0,9837	ns	5,74	0,9881	ns	9,78	0,7886	ns
ERROR	18			0,62			0,67			22,97			2,97			4,11			5,58			9,56		
TOTAL	29																							
CV	16,79			12,4			12,70			15,63			16,97			18,38			19,35			18,83		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la Tabla 56. El análisis ADEVA para la variable número de hojas en el cultivo de apio reveló que el factor Tratamientos no mostró significancia estadística a los días evaluados 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días, presentando valores de p superiores a 0,05 en cada caso. En cuanto al factor Dosis (A), este tampoco resultó estadísticamente significativo durante todo el período experimental, manteniéndose los valores de p por encima del nivel de significancia establecido. De igual manera, el factor Frecuencias (B) no evidenció significancia estadística en ninguno de los días evaluados. La interacción entre Dosis y Frecuencia ($A \times B$) no alcanzó significancia estadística en ninguna de las evaluaciones realizadas. Finalmente, se observó que la comparación Testigo vs Resto no mostraba significancia estadística en ninguno de los días analizados.

La no existencia de diferencias estadísticamente significativas en la variable número de hojas, se debe a la baja heterogeneidad experimental entre los tratamientos lo que muestra que no es una variable sensible a las dosis ni a la frecuencia. Con base en el estudio fisiológico, el surgimiento de hojas en el apio ha sido en razón al ritmo de crecimiento vegetativo, así como a la regulación genética del cultivo; lo anterior debido a que se da por la influencia del ambiente y de los recursos con los que se cuenta, por lo cual el suministro de biol no generó un efecto que sobrepase la variabilidad del experimento.

El coeficiente de variación correspondientes a la variable número de hojas a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días posteriores fueron 16,79 %; 12,43 %; 12,70 %; 15,63 %; 16,97 %; 18,38 %; 19,35 % y 18,83 % respectivamente.

10.3.3. Peso

Tabla 57 ADEVA para la variable Peso en cosecha en el cultivo de apio.

F.V.	g.l	CM	p-valor
Repetición	2	0,03	0,1059
Tratamientos	9	0,01	0,0075 **
Error	18	2,1E-03	
Total	29		
CV	26,96		

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la tabla 57. El análisis ADEVA para la variable peso en cosecha en el cultivo de apio mostró que el factor Tratamientos mostro significancia estadística ($p > 0,05$). El Coeficiente de Variación (CV) para la variable analizada fue de 26,96%.

Tabla 58 Prueba Tukey al 5 % para la variable Peso en cosecha en el cultivo del apio.

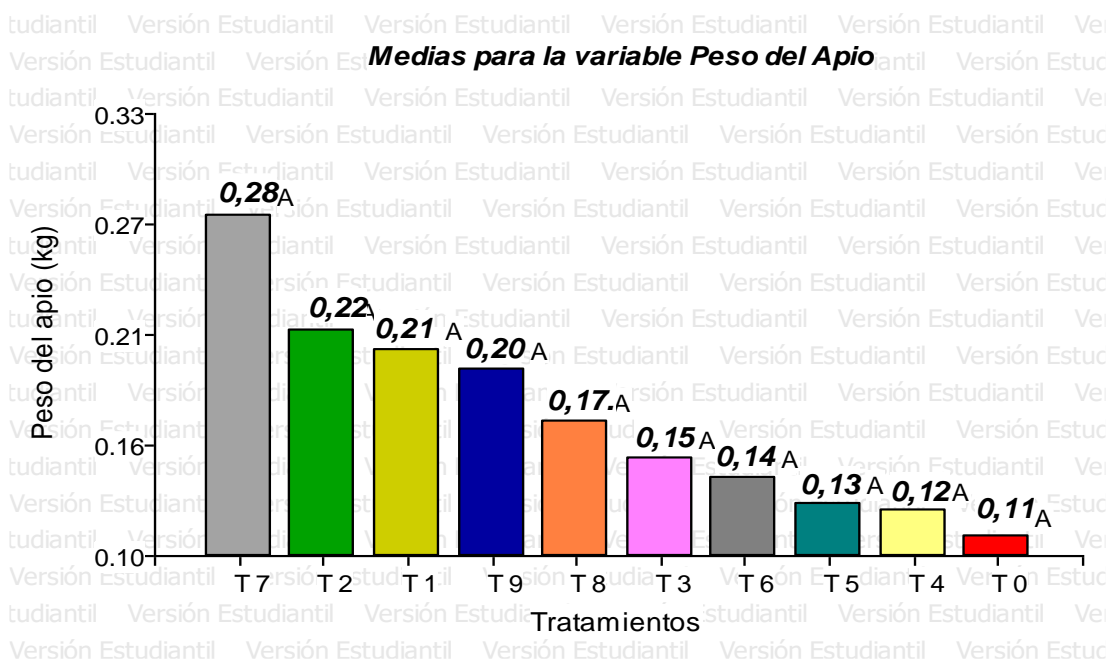
Media para la variable peso del Apio				
A (Dosis)	B (Frecuencias)	Tratamientos	Medias	Rango
A3	B1	T7	0,28	A
A1	B2	T2	0,22	A
A1	B1	T1	0,21	A
A3	B3	T9	0,20	A
A3	B2	T8	0,17	A
A1	B3	T3	0,15	A
A2	B3	T6	0,14	A
A2	B2	T5	0,13	A
A2	B1	T4	0,12	A
A0	B0	T0	0,11	A

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

En la tabla 58. El peso fresco del apio fue superior con el tratamiento T7 (D3F1: 4 litros de biol cada 14 días), registrando 0,28 kg por planta y superando a los demás tratamientos. Este resultado se alinea con lo observado por (Suryana et al., 2025), quienes al aplicar biol líquido documentaron pesos frescos en apio entre 0,25 y 0,32 kg por planta, variando según la dosis empleada. La comparación entre ambos estudios muestra que el valor obtenido en esta investigación se encuentra dentro del

intervalo productivo reportado en la literatura, confirmando que la aplicación frecuente de biol en dosis elevadas promueve el aumento del peso fresco en el cultivo de apio.

Gráfico 31 Medias para la variable Peso del Apio



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

10.3.4. Rendimiento por hectárea

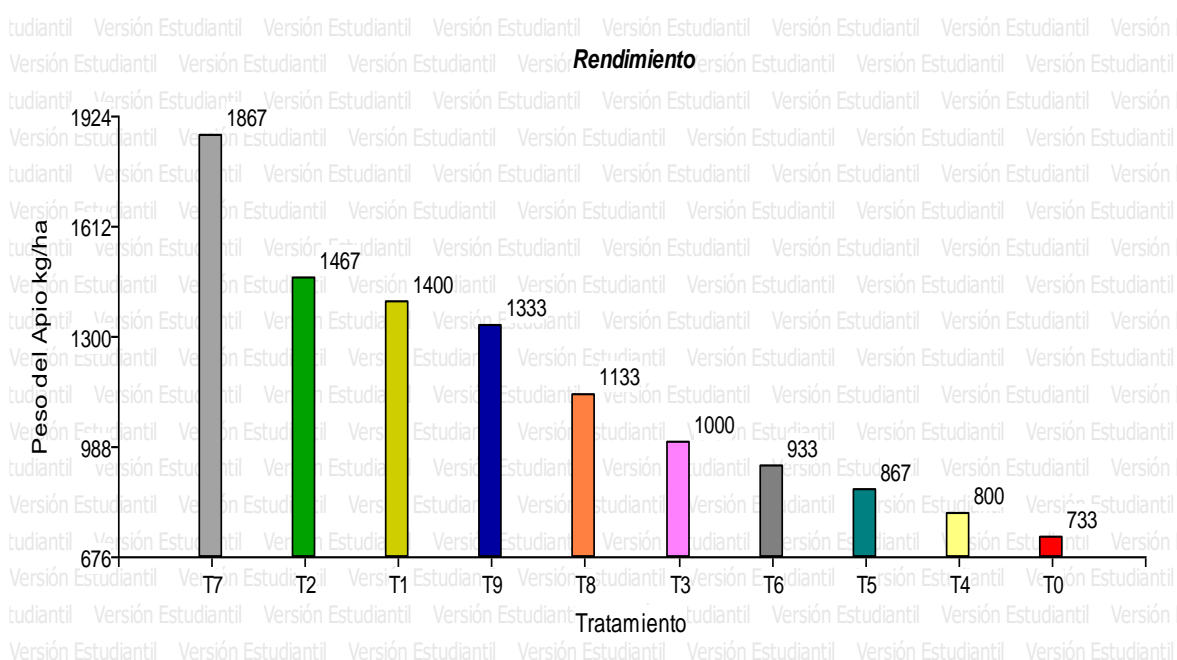
Tabla 59 Rendimiento por hectárea

TRATAMIENTO	PESO
T7	1867
T2	1467
T1	1400
T9	1333
T8	1133
T3	1000
T6	933
T5	867
T4	800
T0	733

Elaborado por: (Quishpe, 2026)

Gráfico 32 Rendimiento por hectárea el apio

En la tabla 59. Los rendimientos de apio (*Apium graveolens* L.) en este estudio variaron entre 733 y 1 867 kg/ha, siendo el tratamiento T7 el de mayor producción (1 867 kg/ha) y el testigo T0 el de menor (733 kg/ha). Estos valores se alinean con los hallazgos de (Casas Romero, 2018), quienes documentaron rendimientos entre 1 200 y 2 300 kg/ha en apio bajo distintos manejos agronómicos. La coincidencia entre ambos estudios sitúa los resultados obtenidos dentro del rango productivo reportado en la literatura, respaldando así la validez experimental y la respuesta favorable del cultivo a los tratamientos aplicados.



Elaborado por: (Quishpe, 2026)

11. IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO, MEDIOAMBIENTAL O CULTURAL.

11.1. Consecuencias Técnicas.

El proyecto resulta un aporte técnico al validar el biol en hortalizas y fijar las dosis y frecuencia que optimizan su desarrollo y productividad para las hortalizas lechuga cresa, lechuga de repollo y apio. Los hallazgos obtenidos permiten optimizar el manejo agronómico, proporcionando una herramienta técnica en la toma de

decisiones en el área de la nutrición orgánica, y por lo tanto, sistemas de producción más eficaces y sostenibles.

11.2. Impactos Sociales

La posibilidad de utilizar el biol como un nutricionista orgánico en las prácticas agrícolas promueve el fortalecimiento de estas prácticas sostenibles, así como el conocimiento y uso de tecnologías de fácil acceso a los productores. Asimismo, la iniciativa promueve el intercambio de conocimientos técnicos entre estudiantes, productores y comunidades rurales, lo que mejora su capacidad productiva e incentiva a los productores a adoptar prácticas de agricultura sostenible.

11.3. Impactos Ambientales

La utilización de biol como enmienda orgánica líquida tiene un impacto benéfico en el ambiente ya que disminuye la dependencia de insumos químicos sintéticos, así desacelera la contaminación de suelos y de recursos hídricos. Además, ayuda a mejorar la fertilidad del suelo y a fomentar la actividad biológica, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales y favoreciendo sistemas agrícolas sostenibles.

11.4. Impactos Económicos

El proyecto tendrá un impacto económico positivo al disminuir los costos de producción, dado que el biol se puede producir con recursos y materiales locales y de bajo costo. El aumento en el rendimiento y la calidad de los cultivos permite mejorar la rentabilidad de los productores, mejorar la economía local y hacer más viable y competitiva la producción de hortalizas.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó que en el cultivo de lechuga cressa, el Tratamiento 9 (D3F3) presentó la mayor altura de planta con 23,79 cm a los 60 días, superando a los demás tratamientos; en cuanto al número de hojas a los 30 días, el Tratamiento 9 (D3F3) obtuvo 13 hojas, siendo superior a los otros tratamientos evaluados; para el largo de hoja, se observó que a los 0 días el Tratamiento 7 registró 1,73 cm, mientras que a los 15 días el Testigo alcanzó los mejores resultados 11,67; Para el ancho de hoja no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos

estudiados. Finalmente, en el peso fresco a la cosecha, la dosis A3 produjo el valor más elevado (0,28 kg por planta), confirmando que esta dosis promueve de manera sistemática tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento del cultivo de apio.

En el cultivo de lechuga de repollo, el Tratamiento 7 presentó el mayor número de hojas con 26 a los 105 días, superando a los demás tratamientos; así mismo, en ancho de hoja el Tratamiento 7 registró 3,14 a los 0 días, en largo de hoja alcanzó 18,90 a los 105 días y en diámetro de repollo obtuvo 12,89 a los 105 días, siendo superior a las demás dosis y frecuencias evaluadas; para las variables evaluadas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados. Finalmente, en el peso fresco, el tratamiento T7 presentó el valor mayor (0,34 kg.planta), confirmando que esta dosis y frecuencia promueven sistemáticamente el crecimiento vegetativo y rendimiento de lechuga de repollo.

En el cultivo de apio, no hay significancia estadística entre los tratamientos evaluados para la altura de planta, número de hojas, largo de hoja y ancho de hoja, indicando que alguno de los tratamientos no afecta de forma diferenciada al comportamiento agronómico en el cultivo de apio en ese periodo. Finalmente, en el peso fresco, el tratamiento T7 registró el valor más elevado (0.28 kg por planta), confirmando que esta combinación de dosis y frecuencia promueve de forma sistemática tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento del cultivo de apio.

Se determinó que, en el cultivo de lechuga crespa, el Tratamiento (D3F3: 4 litros cada 7 días) presentó la mayor altura de planta, superando a los demás tratamientos; en cuanto al número de hojas, el Tratamiento (D3F3: 4 litros cada 7 días) obtuvo el valor más alto, siendo superior a los otros tratamientos evaluados. Para el largo de hoja, se observó que el Tratamiento (D3F1: 4 litros cada 14 días) registró el mayor valor en la evaluación inicial, mientras que el Testigo (D0F0: sin aplicación de biol) alcanzó los mejores resultados en la siguiente evaluación. Para el ancho de hoja no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados. Finalmente, en el peso fresco a la cosecha, la dosis A3 (4 litros de biol) produjo el valor más elevado, confirmando que esta dosis promueve de manera sistemática el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo.

En el cultivo de lechuga de repollo, el Tratamiento (D3F1: 4 litros cada 14 días) presentó el mayor número de hojas, superando a los demás tratamientos; asimismo, en ancho de hoja registró el mayor valor en la evaluación inicial, en largo de hoja alcanzó el mayor valor en la evaluación final y en diámetro de repollo obtuvo el valor más alto, siendo superior a las demás dosis y frecuencias evaluadas. Para las variables analizadas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados. Finalmente, en el peso fresco, el Tratamiento (D3F1: 4 litros cada 14 días) presentó el valor mayor, confirmando que esta dosis y frecuencia promueven sistemáticamente el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de lechuga de repollo.

En el cultivo de apio, no se evidenció significancia estadística entre los tratamientos evaluados para altura de planta, número de hojas, largo de hoja y ancho de hoja, indicando que las diferentes dosis y frecuencias no afectaron de forma diferenciada el comportamiento agronómico en el periodo evaluado. Finalmente, en el peso fresco, el Tratamiento (D3F1: 4 litros cada 14 días) registró el valor más elevado, confirmando que esta combinación de dosis y frecuencia promueve de forma sistemática tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento del cultivo de apio.

Rendimiento de lechuga crespa varió entre 667 y 2 267 kg/ha, registrándose el mayor valor en el tratamiento T9. La lechuga de repollo osciló entre 733 y 2 267 kg/ha, siendo el tratamiento T7 el de mayor producción. Y en apio se ubicó entre 6 600 y 16 800 kg/ha, con el tratamiento T7.

13. RECOMENDACIONES

La combinación de 4 litros de biol (A3) cada 14 días (B1) (tratamiento T7) presentó en los tres cultivos de lechuga crespa, lechuga de repollo y apio, consistentemente los más altos valores en altura, número de hojas/tallos, diámetro de repollo y peso fresco.

Se sugiere promover el uso de biofertilizantes líquidos como el biol, que aumentan el crecimiento vegetal, así como su uso como una alternativa para disminuir el uso de insumos químicos.

14. BIBLIOGRAFÍA

- León Cayo, M. E. (2015). Respuesta de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) y remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) a la aplicación al suelo del consorcio de microalgas (*Chlorella* sp.) y (*Scenedesmus* sp.). Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5e42aa00-6100-4d85-a022-f195386e366c/content>
- (BCCL), T. T. (2019). Cabbage, What's the difference between Lettuce and. Obtenido de <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/food-news/difference-btw-lettuce-vs-cabbage/photostory/69595484.cms?picid=69595498>
- AgroEs. (2005). Lechuga, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas,. *AgroEs*.
- AgroEs. (2005). Lechuga, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. En AgroEs (Ed.). Obtenido de <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Aguirre, G. E. (2019). Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2057>
- Ayala, G. M. (2023). Evaluacion de la produccion de dos variedades del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/717685266/T-3212>
- Borrego, J. &. (2001). Horticultura general. Obtenido de <https://cultivodelalechuga.blogspot.com/2011/03/descripcion-botanica.html>
- Casaca, Á. D. (2005). Documento técnico N.º 11: Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12828/6/UPS-CT006698.pdf>

Casaca, Á. D. (2005). Documento técnico N° 11: Guías tecnológicas de frutas y vegetales – Apio. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12828/6/UPS-CT006698.pdf>

Casaca, Á. D. (2005). Documento técnico N° 11: Guías tecnológicas de frutas y vegetales — Apio. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12828/6/UPS-CT006698.pdf>

Chafla, M. L. (2022). Evaluación agronómica y morfológica de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con cuatro niveles de fertilización en sector de Granja Totorillas, cantón Guamote, provincia Chimborazo. Obtenido de <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4578>

Cherlinka, V. (2023). “Agricultura orgánica: beneficios, desventajas y prácticas”. *EOS Data Analytics*.

Cherlinka, V. (2024). Cultivo de lechuga: pasos de la siembra a la cosecha. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-lechuga/>

Consumer, E. (2023). Lechuga – Introducción. Obtenido de <https://verduras.consumer.es/lechuga/introduccion>

Cunaru. (2023). Lechuga crespa verde. Obtenido de <https://cunaru.com/producto/lechuga-crespa-verde/#:~:text=Valor%20nutricional:,ayuda%20a%20controlar%20el%20peso.>

Davis, D. J. (2024). Organic Production. *NC State Extension – Horticultural Science, de la North Carolina State University (NCSU)*.

Earth, G. (2025). Ubicacion area de estudio. Obtenido de <https://earth.google.com/web/search/Salache,+Latacunga/@-1.00001765,-78.61891216,2703.52279045a,312.97947782d,34.99999999y,-0h,0t,0r/data=CiwiJgokCWFJvXnsiu->

_EXb5qf5nGvC_GQ2DkS5op1PAIUgedGLyqFPAQgIIAToDCgEwQgII
AEoNCP_____wEQAA

FAO. (2002). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2002. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

Fao. (2010). Cultivos hortícolas: repollo (*Brassica oleracea*) y sus variedades. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

FAO. (2010). *GUIA*. FAO.

FAO. (2010). *Guía técnica de cultivos hortícolas: lechuga (*Lactuca sativa* L.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FSO. (2010). *Guía técnica de cultivos hortícolas: lechuga (*Lactuca sativa* L.* Romma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Gamboa, I. A. (2022). Guía didáctica: cultivo y manejo del apio (*Apium graveolens*). Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/115507/mod_folder/content/0/APIO2022.pdf

Garcés, C. E. (2022). Biofortificación del cultivo de apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de Yodo agrícola. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/9f4c1493-9721-4843-805d-1abb12ab5403>

George Gordon. (1992). Enciclopedia de plantas: horticultura y botánica. Obtenido de <https://cultivodelalechuga.blogspot.com/2011/03/descripcion-botanica.html>

Gonzalo, M. (2021). Lechugas: muchas para elegir. Obtenido de <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/lechugas-muchas-para-elegir/#:~:text=La%20lechuga%20es%20una%20hortaliza,B3%20y%20ta>

mbi%C3%A9n%20vitamina%20K.&text=%C2%BFA%20qui%C3%A9n%20conviene%20la%20lechuga%20y%20a%20qui%C3%A9n%20no?

Guerra Delgado, G. J. (2022). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique). Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f535ac23-d40b-4687-ba9b-819f7b7b8dea/content>

Horticultura, o. d. (2005). Lechuga, taxonomía y descripción botánica. *Boletín de Horticultura en Línea*.

INEC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*.

InfoAgro. (2011). El cultivo del apio (*Apium graveolens*). Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.asp>

InfoAgro Systems, S. (2016). El cultivo del apio. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.asp>

InfoAgro, S. (2016). Cultivo del apio. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>

INIAP. (2024). Análisis de suelo. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/Analisis%20inicial%20diego.pdf>

INIAP. (2024). Análisis del suelo inicial. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/Analisis%20inicial%20diego.pdf>

Japón Quintero, J. (1977). En M. d. Agricultura (Ed.). España: Ministerio de Agricultura. Obtenido de <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclo>

Mendoza, A. &. (2020). Impacto del uso de fertilizantes químicos en cultivos hortícolas. *Revista Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 12(3), 45–53.

Paredes, J. (2020). El biol como alternativa sostenible en la producción agrícola. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 78–85.

- Paredes, J. L. (2021). Efecto del biol enriquecido en la fertilidad del suelo y el desarrollo vegetal. *Revista de Producción Orgánica y Sustentable*, 9(1), 23–31.
- Pino, M. D. (2022). Guía didáctica: cultivo y producción de apio (*Apium graveolens* L.). Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/101152/mod_folder/content/0/Guia%20apio%20y%20lechuga%20222.pdf
- Quintero, J. J. (1977). La lechuga (Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Núm. 10177). En M. d. Agricultura (Ed.). España. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf?utm_source.com
- Quintero, J. J. (1977). La lechuga (Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Núm. 10177). En M. d. Agricultura (Ed.). España: Ministerio de Agricultura. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf?utm_source.com
- Salazar, F. A. (2004). Producción de hortalizas . Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/dcec9bd5-529a-43b6-a384-a873859249b6/download>
- Santos Aguirre, G. E. (2019). Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2057>
- Valdivieso, M. B. (2003). Producción orgánica de hortalizas en la Sierra norte y central del Ecuador. *Universidad Central del Ecuador*.
- Vries, I. M. (1997). Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008611200727>
- Welbaum, G. E. (2015). Origen y domesticación de la lechuga (*Lactuca sativa*). Obtenido de https://welbaum.spes.vt.edu/vegetable-crops/lessons/lettuce/lettuce_page01.html

- Zambrano, C. V. (2018). Uso de bioles en la agricultura orgánica: una alternativa sustentable para pequeños productores. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 45-52.
- Zamora, E. (2016). El cultivo del repollo. Obtenido de <https://dagus.unison.mx/Zamora/COL%20O%20REPOLLO-DAG-HORT-011.pdf>
- Zegers M., C. G. (2021). Elaboración y usos del biol como abono natural en la agricultura sostenible. *PortalFrutícola.com*.

