

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica)*, EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de

Ingeniera Agrónoma

Autora:

Andrango Andrango Norma Fernanda

Tutora:

Tapia Borja Alexandra Isabel

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Andrango Andrango Norma Fernanda, con cédula de ciudadanía No. 0550454078, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica)*, EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."**, siendo la Ing. Mg. Tapia Borja Alexandra Isabel, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Norma Fernanda Andrango Andrango

C.C: 0550454078

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 **ANDRANGO ANDRANGO NORMA FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550454078** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica*), EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."**, 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: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutora: Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg.

Tema: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica),* EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."

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

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

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

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de agosto del 2026.

Norma Fernanda Andrango Andrango	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

"**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica),* EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026.",** de Andrango Andrango Norma Fernanda, 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, 5 de agosto del 2026

Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg.

C.C: 0502661754

DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Andrango Andrango Norma Fernanda, con el título del Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica),* EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."**, 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, 5 de agosto del 2026

Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, M.Sc	Ing. Diana Elizabeth Toapanta Gallegos, Mg.
C.C: 0501604409	C.C: 1002749800
LECTOR 1 (PRESIDENTE)	**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.

CC: 0502329238

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por ser el guía fundamental en este proceso de mi vida, gracias por sostenerme en cada caída, por renovar mis fuerzas cuando sentía cansancio y por permitirme llegar hasta este momento que hoy representa una de las metas más importantes de mi vida. A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y poder prepararme para ser una profesional con principios y valores, también doy gracias a todos los que conforman la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por su motivación a seguir creciendo.

En especial, a mi tutora de tesis, la Ing. Alexandra Tapia, que me ha brindado su conocimiento y, sobre todo, ha estado pendiente de cómo vamos avanzando día a día y de tenerme paciencia, gracias por la confianza y la seguridad.

También le agradezco a mi primo Edwin Andrango por brindarme su amistad y confianza y siempre darme esos ánimos en los momentos difíciles; mi amiga Deisy Salazar, por sus consejos, a pesar de la distancia, siempre apoyándome y no dejándome sola en este proceso.

Norma Fernanda Andrango Andrango

DEDICATORIA

Hoy quiero dedicar mi logro primeramente a Dios y a las personas que siempre creyeron en mí, como son mi papá, Alberto Andrango. Gracias por creer y confiar en mí, aun cuando ni yo misma lo hacía, y por estar ahí apoyándome y dándome fuerzas para continuar y nunca rendirme. Siempre me decía: «Vas a ser una profesional», y en estos momentos lo estoy cumpliendo, y ese logro también lo es para usted. Mi mamá Marina Andrango, mi reina, su hija lo logró, gracias por ser mi mejor amiga y mamá a la vez, porque me ha ayudado a superarme y a ser una mejor persona, valoro mucho su apoyo y su paciencia por siempre darme ese empujoncito. A mis hermanos Walter, Edwin y Jhony, muchas gracias por creer en su única hermana ustedes siempre estuvieron conmigo y nunca me dejaron sola los quiero mucho. Y a todas las personas que han estado conmigo brindándome su cariño y motivación en este hermoso proceso de culminar mi carrera: mi tesis no ha sido fácil, pero tampoco imposible, un sueño hecho realidad con la ayuda de mi Dios y mi familia.

Norma Fernanda Andrango Andrango

TÍTULO: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. italica), EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."

Autora:

Andrango Andrango Norma Fernanda

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar el efecto de tres bioles elaborados a partir de estiércol bovino, cuy y ovino, aplicados en diferentes dosis, como bioestimulantes sobre el crecimiento del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica), en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo factorial 3 × 3 + 1, conformado por tres tipos de bioles, tres dosis de aplicación y un tratamiento testigo, con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron las variables agronómicas, un análisis fisicoquímico de los bioles y un análisis económico mediante la relación beneficio/costo. Los resultados evidenciaron que el factor Dosis presentó diferencias estadísticamente significativas en el largo y el ancho de la hoja, así como en el peso de cosecha, destacándose la dosis de 1 L de biol por 10 L de agua. El Factor vs. Testigo mostró diferencias altamente significativas, demostrando que la aplicación de bioles favoreció el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo en comparación con el tratamiento sin aplicación. Por el contrario, el factor Biol y la interacción Biol × Dosis no presentaron diferencias estadísticas significativas durante la etapa vegetativa del cultivo. El análisis fisicoquímico determinó que el biol de cuy presentó los mayores contenidos de nitrógeno (1,38 %), fósforo (0,64 % de P_2O_5), potasio (0,59 % de K_2O) y materia orgánica (14,17 %), además de valores de pH entre 6,49 y 7,03, considerados adecuados para la estabilidad y aplicación de biofertilizantes líquidos. En el análisis económico, el tratamiento T5 (Biol de cuy + 2 L) presentó la mayor relación beneficio/costo (1,87), seguido del tratamiento T1 (Biol bovino + 1 L) con 1,61.

Palabras clave: bioles; rendimiento; análisis fisicoquímico.

THEME: "EVALUATION OF THE EFFECT OF THREE BIOLES AS BIOSTIMULANTS ON THE GROWTH OF BROCCOLI CROP (Brassica oleracea var. italica), IN THE TOACASO PARISH, COTOPAXI PROVINCE, 2026."

Author:

Andrango Andrango Norma Fernanda

ABSTRACT

This research was developed to evaluate the effect of three biofertilizers made from bovine, guinea pig and ovine manure, applied in different doses, as bio stimulants on the growth of broccoli (Brassica oleracea var. italica) in the parish of Toacaso, Cotopaxi province, using a Completely Randomized Block Design (CRBD) with a 3 × 3 + 1 factorial arrangement, consisting of three types of bio-based treatments, three application doses and a control treatment, with three repetitions per treatment. Agronomic variables, a physicochemical analysis of the biofertilizers, and an economic analysis using the benefit/cost ratio were evaluated. The results showed that the Dosage factor presented statistically significant differences in leaf length and width, as well as in harvest weight, with the dose of 1 L of biofertilizer per 10 L of water standing out. The Factor vs. Control showed highly significant differences, demonstrating that the application of biofertilizers favored vegetative growth and crop yield compared to the treatment without application. Conversely, the Biofertilizer Factor and the Biofertilizer × Dose interaction did not show statistically significant differences during the vegetative stage of the crop. The physicochemical analysis determined that the guinea pig biofertilizer presented the highest contents of nitrogen (1.38%), phosphorus (0.64% of P_2O_5), potassium (0.59% of K_2O), and organic matter (14.17%), in addition to pH values between 6.49 and 7.03, considered adequate for the stability and application of liquid biofertilizers. In the economic analysis, treatment T5 (Cuy Biol + 2 L) presented the highest benefit/cost ratio (1.87), followed by treatment T1 (Bovine Biol + 1 L) with 1.61.

Keywords: biol; yield; physicochemical analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... iii

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... v

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN vi

AGRADECIMIENTO..... vii

DEDICATORIA..... viii

RESUMEN..... ix

ABSTRACT x

ÍNDICE DE CONTENIDOS..... xi

ÍNDICE DE TABLAS..... xviii

1. INFORMACIÓN GENERAL 1

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 2

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 3

3.1 Beneficiarios directos 3

3.2 Beneficiarios indirectos 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

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA..... 7

7.1 Generalidades del cultivo de brócoli 7

7.2 Descripción botánica 7
7.2.1. Hojas 8
7.2.2. Inflorescencia 8
7.2.3. Semilla 8
7.2.4. Tallo 8
7.2.5. Raíz 8
7.3. Requerimientos edafoclimáticos y suelo 8
7.4. Requerimientos nutricionales 9
7.5 Bioles como bioestimulantes agrícolas 9
7.6. Materiales utilizados para la preparación de los tres Bioles 10
7.6.1. Alfalfa 10
7.6.2. Melaza 10
7.6.3. Levadura 11
7.6.4. Suero 12
7.6.5. Ceniza 12
7.6.6. Estiércol de vaca 12
7.6.7. Estiércol de cuy 13
7.6.8. Estiércol de oveja 14
7.7 Los tres bioles evaluados y sus beneficios específicos 14
7.7.1 Biol Bovino 14
7.7.2 Biol de cuy 15
7.7.3 Biol Ovino 15
7.8. Ventajas y desventajas de los bioles 15

7.9. Propiedades químicas de los bioles 16
7.10. Trasplante y establecimiento del cultivo 17
7.11. Producción y manejo agronómico del cultivo de brócoli 17
7.12. Cosecha y calidad comercial del brócoli 17
7.13. Plagas y enfermedades 18
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS 18
8.1 Hipótesis nula 18
8.2 Hipótesis alternativa 18
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL 18
9.1 Ubicación del área de estudio 18
9.2 Materiales y Equipos 19
9.3 Tipo de investigación 20
9.3.1 Experimental 20
9.3.2 Cuantitativa 20
9.4 Modalidad básica de investigación 20
9.4.1 Campo 20
9.4.2 Bibliográfica documental 20
9.5 Técnica e instrumentos para la recolección de datos 21
9.5.1 Observación de campo 21
9.5.2 Registro de datos 21
9.6 Diseño experimental 21
9.6.1. Análisis estadístico 21
9.7 ADEVA 21

9.7.1 Factores en estudio 22
9.7.2 Tratamientos 22
9.7.3 Variables de estudio 23
9.7.4 Operaciones de variables 23
9.8.2 Largo de hoja 24
9.8.3 Ancho de hoja 24
9.8.4 Número de hojas 24
9.8.5 Diámetro de la pella 25
9.8.6 Peso de la cosecha 25
9.9 Diseño del ensayo 25
9.9.1 Croquis 26
9.9.2 Manejo del ensayo 26
9.9.2.1 Análisis Inicial del suelo 26
9.9.2.2 Preparación del terreno y manejo del ensayo 27
9.9.2.3 Delimitación y distribución del área del ensayo 28
9.9.2.4 Aplicación del diseño experimental 28
9.9.2.5 Adquisición de las hortalizas 28
9.9.2.6 Trasplante 28
9.9.2.7 Riego 29
9.9.2.8 Procedimiento de la elaboración de los bioles 29
9.9.2.8.1 Materiales utilizados 29
9.9.2.8.2 Procedimiento 30
9.9.2.9 Dosis de aplicación de los bioles 30

9.9.2.10 Aplicación de bioles 31
9.9.2.11 Registro de datos 31
9.9.2.12 Deshierbe 32
9.9.2.13 Cosecha 32
9.9.2.14 Tabulación de los resultados 32
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 33
10.1 Altura 33
10.1.1 Altura de planta durante el crecimiento inicial (30 días) 33
10.1.2 Altura de planta durante el crecimiento vegetativo activo (45 días) 34
10.1.3 Altura de planta al final del periodo de evaluación (60 días) 36
10.1.4 altura de planta al final del periodo de evaluación (75 días) 38
10.2 Largo de hoja 42
10.2.1 Largo de hoja durante el crecimiento vegetativo inicial (30 días) 42
10.2.2 Largo de hoja durante el crecimiento vegetativo activo (45 días) 44
10.2.3 Largo de hoja (60 días) 46
10.2.4 Largo de hoja al final del periodo de evaluación (75 días) 47
10.2.5 Largo de hoja: respuesta a la bioestimulación 49
10.3 Anchura de hoja 51
10.3.1 Anchura de hoja durante el crecimiento a los 30 días 51
10.3.2 Anchura de hoja durante el crecimiento vegetativo activo (45 días) 52
10.3.3 Anchura de hoja de la evaluación (60 días) 53
10.3.4 Anchura de hoja a los 75 días de evaluación 55
10.3.5 Resumen del Análisis de Varianza (ADEVA) para la anchura de hoja 56

10.4 Número de hojas 58
10.4.1 Número de hojas durante el crecimiento vegetativo inicial (30 días) 58
10.4.2 Número de hojas durante el crecimiento vegetativo (45 días) 59
10.4.3 Número de hojas al final del periodo de evaluación (60 días) 61
10.4.4 Número de hojas a los 75 días de evaluación 62
10.5 Diámetro de pella 65
10.5.1 Comparación de medias de los tratamientos 65
10.5.2 Comparación de medias de los factores principales 66
10.5.3 Comparación de medias de la interacción Biol × Dosis 68
10.5.4 Comparación del contraste Factores vs. Testigo 69
10.5.5 Comportamiento del diámetro de pella por tratamiento 70
10.5.6 Discusión del diámetro de la pella 70
10.6 Peso de la cosecha 72
10.6.1 Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0,05$) 72
10.6.2 Comparación del contraste Factores vs. Testigo 73
10.6.3 Comportamiento del peso de cosecha por tratamiento 74
10.7 Discusión del peso de la cosecha 74
10.8 Caracterización fisicoquímica de los bioles 75
10.8.1 Biol bovino 75
10.8.2 Biol de cuy 76
10.8.3 Biol ovino 77
10.9 Beneficio costo de producción 78
10.9.1 Costos totales de producción por tratamiento 78

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) 79
11.1. Impactos Ambientales 79
11.2. Impactos Técnicos 79
11.3. Impactos Sociales 79
11.4. Impactos Económicos 80
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO 80
12.1. Presupuesto del Biol bovino 81
12.2. Presupuesto del Biol de cuy 81
12.3. Presupuesto del Biol ovino 82
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 83
13.1 Conclusiones 83
13.2 Recomendaciones 84
14. BIBLIOGRAFIA 85
15. Anexos……

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados 5

Tabla 2 Clasificación taxonómica del brócoli 7

Tabla 3 Valor nutricional de la alfalfa 10

Tabla 4 Valor nutricional de la melaza 11

Tabla 5 Valor nutricional de la levadura 11

Tabla 6 Valor nutricional del suero 12

Tabla 7 Valor nutricional del estiércol de vaca 13

Tabla 8 Valor nutricional del estiércol de cuy 13

Tabla 9 Valor nutricional del estiércol de oveja 14

Tabla 10 Características y beneficios de los bioles 15

Tabla 11 Ventajas y desventajas del uso de bioles como bioestimulantes 15

Tabla 12 Importancia agronómica de las propiedades químicas de los bioles 16

Tabla 13 Coordenadas del lugar de estudio 19

Tabla 14 Esquema de ADEVA 21

Tabla 15 Tratamientos del ensayo experimental 22

Tabla 16 Variables 23

Tabla 17 Diseño del ensayo en campo 25

Tabla 18 Análisis de suelo 27

Tabla 19 Dosis de aplicación por tratamiento 30

Tabla 20 Análisis de varianza de la altura de planta durante la fase de desarrollo vegetativo a los 30 días después del trasplante 33

Tabla 21 Análisis estadístico de la altura de planta durante el crecimiento vegetativo activo 35

Tabla 22 Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días después del trasplante37

Tabla 23 Análisis de varianza de la altura de planta a los 75 días después del trasplante39

Tabla 24 Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 39

Tabla 25 Resumen del análisis de varianza (ADEVA) de la altura de planta de 0 a 75 días 41

Tabla 26 Análisis de varianza del largo de hoja durante el desarrollo vegetativo inicial43

Tabla 27 Análisis de varianza del largo de hoja durante la fase de crecimiento vegetativo activo 45

Tabla 28 Análisis de varianza del largo de hoja durante la etapa avanzada de desarrollo vegetativo 46

Tabla 29 Análisis de varianza del largo de hoja (75 días)..... 48

Tabla 30 Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 48

Tabla 31 Resumen del análisis de varianza (ADEVA) para el largo de hoja..... 50

Tabla 32 Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 30 días de evaluación..... 51

Tabla 33 Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 45 días de evaluación..... 53

Tabla 34 Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 60 días de evaluación..... 54

Tabla 35 Análisis de varianza (ADEVA) para la variable anchura de hoja 55

Tabla 36 Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 56

Tabla 37 Resumen del análisis de varianza (ADEVA) para la anchura de hoja 57

Tabla 38 Análisis de varianza del número de hojas a los 30 días de evaluación 58

Tabla 39 Comparación de medias para la interacción Biol × Dosis..... 59

Tabla 40 Análisis de varianza del número de hojas a los 45 días de evaluación 60

Tabla 41 Análisis de varianza del número de hojas a los 60 días de evaluación 61

Tabla 42 Análisis de varianza (ADEVA) para la variable número de hojas del cultivo de brócoli a los 75 días del trasplante..... 63

Tabla 43 Análisis de varianza (ADEVA) para el número de hojas..... 64

Tabla 44 Análisis de varianza (ADEVA) para la variable diámetro de pella (cm)..... 65

Tabla 45 Comparación de medias del diámetro de pella (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05) para los tratamientos evaluados 66

Tabla 46 Comparación de medias para el factor Biol (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 67

Tabla 47 Comparación de medias para el factor Dosis (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 67

Tabla 48 Comparación de medias para la interacción Biol × Dosis (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05) 69

Tabla 49 Comparación de medias para el contraste Factores vs. Testigo (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05) 70

Tabla 50 Análisis de varianza (ADEVA) para la variable peso de cosecha (kg)..... 72

Tabla 51 Comparación de medias para el factor Dosis (kg) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)..... 73

Tabla 52 Comparación de medias para el contraste Factores vs. Testigo (kg) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05) 73

Tabla 53 Análisis del Biol bovino 76

Tabla 54 Análisis del Biol de cuy..... 77

Tabla 55 Análisis del Biol ovino 78

Tabla 56 Análisis de costos, rendimiento e indicadores económicos por tratamiento .. 78

Tabla 57 Costos de implementación del huerto experimental..... 80

Tabla 58 Costo de producción del biol bovino 81

Tabla 59 Costo de producción del biol de cuy 82

Tabla 60 Costo de producción del biol ovino 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Biofertilizante luego de la fermentación 9

Figura 2 Plántula de brócoli 17

Figura 3 Ubicación del área de estudio 19

Figura 4 Croquis del diseño experimental 26

Figura 5 Plántulas de brócoli adquiridas para el establecimiento del ensayo 28

Figura 6 Trasplante de plántulas de brócoli en las parcelas experimentales 29

Figura 7 Preparación y delimitación del área experimental para el establecimiento del cultivo de brócoli 29

Figura 8 Aplicación de biol en las plantas de brócoli 31

Figura 9 Registro de variables agronómicas en el cultivo de brócoli 31

Figura 10 Deshierbe y aporque de las parcelas experimentales 32

Figura 11 Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 30 días . 34

Figura 12 Evolución de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 45 días después del trasplante 36

Figura 13 Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 60 días . 38

Figura 14 Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 75 días . 40

Figura 15 Evolución de la altura de planta del brócoli de 0 a 75 días 42

Figura 16 Evolución del largo de hoja en el cultivo de brócoli a los 30 DDT 44

Figura 17 Evolución del largo de hoja del brócoli a los 45 días 45

Figura 18 Dinámica del largo de hoja en plantas de brócoli a los 60 días 47

Figura 19 Largo de hoja en el cultivo de brócoli a los 75 días..... 48

Figura 20 Variación de la anchura de hoja en el cultivo de brócoli a los 30 DDT 52

Figura 21 Evolución de la anchura de hoja del brócoli a los 45 días 53

Figura 22 Respuesta de la anchura de hoja del brócoli a los 60 días 55

Figura 23 Comportamiento final de la anchura de hoja del brócoli a los 75 días 56

Figura 24 Evolución del número de hojas a los 30 días 59

Figura 25 Evolución del número de hojas a los 45 días 61

Figura 26 Comportamiento del número de hojas a los 60 días 62

Figura 27 Respuesta final del número de hojas a los 75 días 63

Figura 28 Diámetro de pella (cm) del cultivo de brócoli 70

Figura 29 Peso de cosecha (kg) del cultivo de brócoli 74

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES BIOLES COMO BIOESTIMULANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI *(Brassica oleracea var. italica),* EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2026."

Fecha de inicio:

Abril 2026

Fecha de finalización:

Agosto 2026

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Toacaso.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Agronomía

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Norma Fernanda Andrango Andrango

Tutora: Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg.

Lector 1: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, M.Sc

Lector 2: Ing. Diana Elizabeth Toapanta Gallegos, Mg

Lector 3: Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.

Coordinador del Proyecto:

Nombre/s: Norma Fernanda Andrango Andrango

Teléfonos: 0995064125

Correo electrónico: norma.andrango4078@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura- Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuaria

Línea de investigación:

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

Línea de vinculación de la carrera: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El interés por el uso de biofertilizantes en la horticultura se ha ido incrementando, ya que estos productos favorecen el desarrollo vegetal, mejorando el aprovechamiento de nutrientes y reduciendo el uso de fertilizantes sintéticos (Demir et al., 2023). El aumento en la demanda de cultivos ecológicos de brócoli se debe principalmente a cómo los consumidores lo ven, ya que lo consideran más saludable, más seguro para consumir y amigable con el medio ambiente en comparación con los métodos tradicionales (Srinieng & Thapa, 2018). Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos, el deterioro progresivo de los suelos y las condiciones climáticas variables propias de las zonas altoandinas afectan el rendimiento y la calidad comercial del cultivo (FAO, 2022).

La agricultura tradicional cada día se vuelve más contaminante, no solo por el daño que causa a la tierra o a la ecología, sino también por el daño que causa al ser humano que consume productos alimenticios que son tratados químicamente. La mayoría de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos hortícolas han desarrollado resistencia, por lo que para un mejor control el productor aplica mayor cantidad de químicos, causando un gran daño a la salud del consumidor. (Catota Ramos & Ramírez Sabando, 2020).

Esta investigación es necesaria para generar información científica sobre el impacto de tres bioles creados a partir de estiércol de cuy, ovino y bovino, que se usan como bioestimulantes en la producción de brócoli. Múltiples investigaciones han evidenciado que los biofertilizantes

tienen el potencial de aumentar sustancialmente la calidad, el crecimiento y la productividad de los cultivos hortícolas, a la vez que contribuyen a mejorar las condiciones biológicas del suelo (Mohamed et al., 2021).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios directos

Docentes y estudiantes de la Carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2 Beneficiarios indirectos

Pequeños agricultores

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, la producción de brócoli constituye una actividad relevante dentro del sector agropecuario por su aporte económico y social en distintas provincias. Este cultivo tiene demanda en mercados tanto internos como externos, por su valor nutricional y posibilidad de exportar (FAO, 2021).

Los fertilizantes químicos aumentan la producción, pero tiene efectos indudablemente negativos sobre el suelo. Esto es evidente en el rendimiento de los cultivos. La imagen de que se tiene que utilizar insumos químicos para tener buenos rendimientos en la producción está tan implantada en el agricultor, que se hace un uso indiscriminado de los insumos. En insumos, el mercado agrícola ha promovido el uso de insumos químicos, que tienen la ventaja de incrementar la producción de los cultivos, controlar plagas y enfermedades, por lo que en la comercialización de insumos, los productos químicos han desplazado a los orgánicos, tales como abonos líquidos (Catota Ramos & Ramírez Sabando, 2020).

La producción convencional de brócoli se basa en agroquímicos y los agricultores intentan aumentar el rendimiento mediante el uso de más fertilizantes, lo que provoca la contaminación del suelo. Por otro lado, los agricultores que no están familiarizados con la producción orgánica no buscan otras alternativas a la producción convencional. Según el último censo realizado por el (INEC, 2024), en el Ecuador el 74,3% de la superficie agrícola del país son manejadas de

manera convencional, usando plaguicidas químicos, de este porcentaje más de la mitad corresponde a la producción de pastos y forrajes, mientras el 25,7% corresponde a la agricultura orgánica.

Contra la corriente, un producto que se obtiene a partir del estiércol bovino, de cuy y ovino, los bioles constituyen una factible alternativa agroecológica, ya que estos poseen microorganismos benéficos y nutrientes minerales que activan procesos fisiológicos, generando el impulso del crecimiento de las plantas. Además, contribuyen al mejoramiento de la actividad microbiológica del suelo y a la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo. Esta alternativa ha mostrado efectos favorables sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo (Mohamed et al., 2021).

5. OBJETIVOS:

5.1. General

Evaluar el efecto de tres bioles como bioestimulantes sobre el crecimiento del cultivo de brócoli *(Brassica oleracea var. italica)* en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi.

5.2. Específicos

- Determinar el efecto de diferentes dosis de tres bioles sobre el crecimiento del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica), mediante la evaluación de variables agronómicas.
- Evaluar las propiedades químicas de los bioles elaborados mediante análisis de laboratorio.
- Realizar un análisis costo-beneficio de los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli, considerando los costos de producción y el rendimiento obtenido.

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

Tabla 1

Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar el efecto de diferentes dosis de tres bioles sobre el crecimiento del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica), mediante variables agronómicas.	- Preparación del área experimental. - Trasplante de plántulas. - Elaboración y aplicación de bioles. - Evaluación de variables agronómicas. - Registro de datos de campo. -Análisis estadístico de los datos obtenidos. -Interpretación de resultados para determinar cuál biol es óptimo para el cultivo.	La evaluación se realizó mediante un diseño de (DBCA), con tres tipos de biol y diferentes dosis aplicadas al cultivo de brócoli. La dosis de los bioles se aplicará directamente al suelo, respetando una frecuencia definida durante el ciclo del cultivo. Se evaluarán variables agronómicas como la altura de la planta, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de hojas, diámetro y peso en cosecha Los datos obtenidos serán sometidos a un análisis estadístico (ADEVA)	- Determinación del efecto de los bioles sobre el crecimiento del cultivo. - Identificación del tratamiento con mejor respuesta agronómica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Evaluar las propiedades químicas de los bioles elaborados mediante análisis de laboratorio.	- Recolección de muestras. - Preparación y etiquetado. - Análisis químico en laboratorio.	Se realizarán análisis de laboratorio para determinar pH, conductividad eléctrica, macro y micronutrientes presentes en los bioles evaluados.	- Determinación de las propiedades químicas de los bioles. - Identificación de diferencias nutricionales entre tratamientos.
Realizar un análisis costo-beneficio de los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli.	- Registro de costos de producción. - Evaluación del rendimiento. - Cálculo de ingresos y egresos.	El análisis económico se llevará a cabo de forma complementaria, con cada tratamiento como unidad de análisis. Todos los costos directos de la aplicación de los violes (materias primas, mano de obra para la elaboración y uso de equipos) . Los ingresos se calcularán en función del rendimiento por tratamiento y del precio medio del brócoli en el mercado durante el periodo de cosecha.	Determinación del costo total de producción para cada tratamiento con biol. - Identificación de la alternativa económicamente más viable.

Fuente:. Elaboración propia.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Generalidades del cultivo de brócoli

El brócoli (Brassica oleracea var. italica) es una hortaliza de la especie brassica, forma parte de la familia de las crucíferas. La palabra brócoli surge del italiano brocco, que quiere decir rama de brazo y se refiere a considerables brotes de la forma de Brassica oleracea (Ichpas Yauri, 2025). Sin embargo, su producción enfrenta limitaciones derivadas del uso intensivo de fertilizantes químicos, lo que ha generado degradación de suelos y aumento de costos (FAO, 2023), (UNEP, 2022).

Tabla 2

Clasificación taxonómica del brócoli

Categoría	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	Brassica oleracea var. italica

Fuente: Adaptado de Vázquez-González et al. (Manual técnico para el manejo taxonómico y agronómico del cultivo de brócoli, 2020).

7.2 Descripción botánica

El cultivo del brócoli *(Brassica oleracea var. itálica)* con una altura que oscila entre 0,60 y 1 m ; está conformado de una pella, que está compactada de flores inmaduras con un diámetro de 15 cm, generalmente son de color verde (OCTAVIO, 2020). Presenta una raíz pivotante de donde nacen muchas raicillas ramificadas y superficiales, tallo carnoso, hojas alternas lobuladas de color verde intenso (Gallo, 2023).

7.2.1. Hojas

Las hojas del brócoli son grandes, de color verde oscuro, de disposición alterna, de bordes lobulados u ondulados y de nervadura central prominente. Se desarrollan formando una roseta alrededor del tallo y constituyen el principal órgano fotosintético de la planta (Bióloga, 2020).

7.2.2. Inflorescencia

La inflorescencia del brócoli consiste en un conjunto de botones florales inmaduros sostenidos por un tallo grueso. Esta estructura constituye la parte comestible de la planta y debe cosecharse antes de que las flores se abran para conservar su calidad comercial (Paredes-Gavilánez & Oña-Pérez, 2021).

7.2.3. Semilla

La semilla constituye el material de propagación del brócoli y desempeña un papel clave en la germinación, el establecimiento y el rendimiento del cultivo. Su calidad se determina por el vigor, la pureza genética, la viabilidad y la capacidad para generar plántulas sanas y homogéneas; estos atributos influyen directamente en la productividad (FAO, 2020).

7.2.4. Tallo

El tallo es de color verde grueso, erguido y ramificado, con densos racimos comestibles de botones florales. Las flores y los tallos superiores forman la cabeza del brócoli, que constituye el órgano comúnmente consumido (Rodríguez-Palleres & Rojas-González, 2022).

7.2.5. Raíz

El brócoli posee una raíz pivotante que puede penetrar hasta 0,40 m. De ella se origina una red de raicillas secundarias, ramificadas y superficiales, que se extienden entre 20 y 30 cm alrededor del tallo y proporcionan anclaje y capacidad de absorción de agua y nutrientes (Shan et al., 2022).

7.3. Requerimientos edafoclimáticos y suelo

Los principales requerimientos climáticos para el crecimiento óptimo del brócoli son los siguientes: (a) temperatura entre 13 y 15 °C; (b) precipitación anual de 800 a 1.200 mm; (c)

altitud entre 2.600 y 3.000 m s. n. m.; y (d) humedad relativa entre 70 % y 80 % (Chiluisa Andrade, 2022).

Para cultivar el brócoli, el suelo debe ser profundo, la textura media franca para una estructura friable, de fácil drenaje, pero con la capacidad de retener nutrientes, con alto porcentaje de materia orgánica para evitar problemas de crecimiento radicular, el pH adecuado para este cultivo es de 6 a 6,8 (Chiluisa Andrade, 2022).

7.4. Requerimientos nutricionales

El brócoli es una hortaliza de alto valor nutricional porque aporta vitaminas C, B1, B2, B3 y B6, además de provitamina A en forma de betacarotenos. También contiene minerales como calcio, potasio, selenio, hierro y magnesio (Sánchez Toapanta, 2022).

7.5 Bioles como bioestimulantes agrícolas

El uso de los biostimulantes se ha ido desarrollando en las últimas décadas debido a que, los cambios de los factores ambientales como la temperatura, luz y humedad afectan considerablemente los procesos de producción de cultivos, al generarle niveles de estrés a la planta. Los bioestimulantes son una herramienta que permite obtener beneficios como reducir el estrés, mejorar la calidad del producto cosechado y proveer mayor resistencia a plagas y enfermedades (Torres et al., 2019).

Figura 1

Biofertilizante luego de la fermentación



Fuente: *Adaptado de Villca y Mendoza* (Elaboración y aplicación de biofertilizantes fermentados en la agricultura andina, 2022).

7.6. Materiales utilizados para la preparación de los tres Bioles

Para la elaboración de los bioles se emplearon materiales orgánicos que aportan nutrientes esenciales y microorganismos, favoreciendo la fermentación y el equilibrio biológico del preparado. Los principales suministros fueron alfalfa, melaza, levadura, suero, ceniza y estiércol de vaca, cuy y oveja.

7.6.1. Alfalfa

La alfalfa ayuda a incorporar nitrógeno al suelo mediante fijación biológica mejorando la fertilidad y reduciendo el uso de los fertilizantes químicos (Issah et al., 2020). Además, mejora el contenido proteico del biol y promueve la descomposición de la materia orgánica.

Tabla 3

Valor nutricional de la alfalfa

Elemento	Valor nutricional (%)
Proteína cruda	20–23
Calcio (Ca)	1,5–2,2
Potasio (K)	1,7–3,0
Fósforo (P)	0,36–0,41
Magnesio (Mg)	0,35–0,46

Fuente: Adaptado de Çaçan y Kökten (2024).

7.6.2. Melaza

La melaza es un líquido de color negro viscoso producido a través del procesado del azúcar, sirve como fuente de energía para las bacterias y hongos beneficiosos mejorando la descomposición de la materia orgánica (Stephen et al., 2024).

Tabla 4

Valor nutricional de la melaza

Elemento	Valor nutricional (%)
Azúcares totales	46–56 %
Proteína	3–4 %
Potasio (K)	3,5 %
Calcio (Ca)	0,7 %
Fósforo (P)	0,1 %
Magnesio (Mg)	0,35 %
Cenizas	8–12 %

Fuente:. *Adaptado de Pérez-Sánchez et al.* (Caracterización química y valor nutricional de subproductos agroindustriales para la elaboración de bioinsumos, s. f.).

7.6.3. Levadura

Las levaduras han sido atraídas por su alto potencial para mejorar el crecimiento de las plantas y contribuir a la agricultura sostenible, especialmente Saccharomyces cerevisiae, que ayuda en la fermentación gracias a la producción de enzimas y compuestos orgánicos que enriquecen al biol (Vargas et al., 2024).

Tabla 5

Valor nutricional de la levadura

Materia Seca	Cantidad (porcentaje)
Carbohidratos	18% - 44%
Proteína	36% - 60%
Ácidos nucleicos	4% - 8%
Lípidos	4% - 7%
Inorgánicos Totales	6% - 10%
Fósforo	1% - 3%
Potasio	1% - 3%
Azufre	0.4%
Vitaminas	Trazas

Fuente:. Adaptado de Yıldırım (2021).

7.6.4. Suero

El suero contiene lactosa, proteína y minerales que sirven como fuentes de energía para las bacterias y hongos beneficiosos, incrementando la actividad enzimática del suelo y mejorando el proceso de mineralización de nutrientes (Ntalli et al., 2019).

Tabla 6

Valor nutricional del suero

Elemento	**Valor nutricional (%)**
Agua	93,0 – 95,0 %
Proteína	0,8 – 1,0 %
Lactosa (carbohidratos)	4,5 – 5,0 %
Grasa	0,1 – 0,5 %
Sales minerales	0,5 – 0,8 %
Calcio (Ca)	0,04 – 0,06 %
Fósforo (P)	0,04 – 0,05 %
Potasio (K)	0,13 – 0,17 %

Fuente: Adaptado de Vela-Gutiérrez (Composición fisicoquímica y valor nutricional del suero de queso como subproducto agroindustrial, 2020).

7.6.5. Ceniza

La ceniza es rica en nutrientes esenciales, demostrando ser una alternativa efectiva y sostenible a los fertilizantes químicos, mejorando las propiedades químicas del suelo, reduciendo el aluminio tóxico y aumentando el pH (Menacé-Almea et al., 2024).

7.6.6. Estiércol de vaca

El uso del estiércol bovino como abono orgánico es una excelente alternativa para disminuir la utilización de los fertilizantes químicos, su aplicación brinda importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico (Peralta & Brito, 2024).

Tabla 7

Valor nutricional del estiércol de vaca

Elemento	Valor nutricional (%)
Nitrógeno (N)	2,3 – 4,7 %
Fósforo (P_2O_5)	0,9 – 2,1 %
Potasio (K_2O)	4,2 – 7,6 %
Calcio (Ca)	1,0 – 4,2 %
Magnesio (Mg)	0,6 – 1,1 %
Materia orgánica	18 – 80 %

Fuente: Adaptado de Chimbo Cabascango (Caracterización bromatológica y aportes de macronutrientes en estiércoles orgánicos de la zona andina, 2023).

7.6.7. Estiércol de cuy

El estiércol de cuy es utilizado para la elaboración de abonos orgánicos, principalmente por su alto contenido de nutrientes de elementos menores, mantiene la fertilidad del suelo, no contamina y permite obtener cosechas sanas (Sinche Villafuerte, 2022).

Tabla 8

Valor nutricional del estiércol de cuy

Elemento	Valor nutricional (%)
Materia seca	14 %
Nitrógeno (N)	0,6 – 0,7 %
Fósforo (P)	0,03 – 0,05 %
Potasio (K)	0,18 – 0,31 %
Calcio (CaO)	0,55 %
Magnesio (MgO)	0,18 %
Sulfatos (SO_4)	0,10 %

Elemento	Valor nutricional (%)
pH	10,0

Fuente:. Adaptado de Ortiz Ruiz (Análisis bromatológico y valor nutricional de subproductos orgánicos de origen pecuario, 2022).

7.6.8. Estiércol de oveja

El estiércol de oveja es un abono orgánico que mejora la estructura y fertilidad del suelo, favoreciendo el crecimiento de plantas utilizadas en fitorremediación (Salazar, 2024).

Tabla 9

Valor nutricional del estiércol de oveja

Elemento	Valor nutricional (%)
Nitrógeno (N)	2,0 – 3,5 %
Fósforo (P_2O_5)	1,0 – 1,5 %
Potasio (K_2O)	2,0 – 3,0 %
Calcio (Ca)	1,0 – 2,0 %
Magnesio (Mg)	0,3 – 0,6 %
Materia orgánica	60 – 80 %

Fuente: Adaptado de Ortiz Freire (Composición química y evaluación bromatológica de abonos orgánicos de origen ovino en la región andina, 2023).

7.7 Los tres bioles evaluados y sus beneficios específicos

7.7.1 Biol Bovino

Destacado por su alto contenido de nitrógeno y materia orgánica. Favoreciendo un rápido crecimiento vegetativo, mayor altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas (Rouphael & Colla, 2020a). Además, favorece la retención de humedad y la estabilización de la materia orgánica en el suelo, aspectos fundamentales en sistemas agrícolas sometidos a fluctuaciones térmicas y déficit hídrico.

7.7.2 Biol de cuy

Es rico en nitrógeno y mejora el desarrollo radicular, los compuestos orgánicos producidos durante la fermentación anaeróbica contribuyen a incrementar la tolerancia fisiológica de las plantas frente a estrés térmico e hídrico, favoreciendo la absorción eficiente de nutrientes en condiciones agroecológicas (Alcázar et al., 2024).

7.7.3 Biol Ovino

El contenido de fósforo, calcio y potasio presente en el biol ovino contribuye a mejorar procesos fisiológicos relacionados con la formación de tejidos, compactación de la pella y resistencia estructural de la planta (Soto et al., 2021).

Tabla 10

Características y beneficios de los bioles

Biol	Materia prima principal	Nutrientes destacados	Beneficios principales en brócoli
Bovino	Estiércol bovino	Nitrógeno alto	Crecimiento vegetativo (altura y follaje)
Cuy	Estiércol de cuy	Diversidad microbiana	Desarrollo radicular y tolerancia a estrés abiótico
Ovino	Estiércol ovino	potasio, fósforo y calcio	Calidad y compactación de la pella

Fuente: Adaptado de Vignoni et al. (Evaluación de bioles como bioestimulantes y su impacto en las propiedades fitosanitarias de cultivos hortícolas, 2023).

7.8. Ventajas y desventajas de los bioles

Tabla 11

Ventajas y desventajas del uso de bioles como bioestimulantes

Aspecto	Ventajas	Desventajas

Económico	Bajo costo, elaboración local con recursos disponibles	Tiempo de fermentación (15-45 días)
Agronómico	Mejoras variables de crecimiento y fertilidad del suelo	Efecto más gradual que fertilizantes sintéticos
Ambiental	Reduce contaminación y dependencia de químicos	Riesgo de fitotoxicidad si no se diluye correctamente
Fitosanitario	Fortalece defensas naturales de la planta	Variabilidad en composición según manejo

Fuente: Adaptado de Vignoni et al. (Evaluación de bioles como bioestimulantes y su impacto en las propiedades fitosanitarias de cultivos hortícolas, 2023).

7.9. Propiedades químicas de los bioles

Las propiedades químicas de los bioles influyen directamente en la eficiencia agronómica del cultivo, debido a que parámetros como pH, conductividad eléctrica, nitrógeno amoniacal y actividad microbiológica determinan la disponibilidad de nutrientes y la respuesta fisiológica de las plantas (Apaez Becerril, 2023).

Tabla 12

Importancia agronómica de las propiedades químicas de los bioles

Propiedad química	**Importancia agronómica en el cultivo de brócoli**
pH	Regula la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiológica del suelo.
Conductividad eléctrica (CE)	Indica concentración de sales solubles y eficiencia nutricional del biol.
Nitrógeno amoniacal	Favorece síntesis de clorofila, proteínas y crecimiento vegetativo.
Materia orgánica líquida	Mejora actividad biológica y retención de humedad del suelo.
Microorganismos benéficos	Estimulan mineralización, absorción de nutrientes y resistencia vegetal.

Fuente: Adaptado de Ramírez et al. (Importancia agronómica y parámetros de calidad química de bioles aplicados en hortalizas de pella, 2023).

7.10. Trasplante y establecimiento del cultivo

El trasplante es una etapa clave en el cultivo de brócoli que incluye la aclimatación de las plántulas al campo, el enraizamiento y la absorción temprana de nutrientes por las plántulas. El trasplante mal realizado puede causar estrés, retraso en el crecimiento y debilitamiento vegetativo de la planta que afecta de forma negativa su producción y calidad comercial (Ramírez et al., 2023).

Figura 2

Plántula de brócoli



Fuente:. Adaptado de Cultivo de Brócoli (Morfología y fases de desarrollo de las plántulas de Brassica oleracea, 2024).

7.11. Producción y manejo agronómico del cultivo de brócoli

La producción de brócoli en el alto andino, requiere condiciones edafoclimáticas y manejo agronómico que le permitan tener un buen desarrollo vegetativo y una buena calidad comercial de la pella; para ello, el cultivo debe estar en condiciones de temperatura entre 15 y 20 °C, en suelos francos y con buen drenaje, tiene que haber una buena cantidad de materia orgánica, desarrollo radicular y absorción de nutrientes (Sánchez Toapanta, 2022).

7.12. Cosecha y calidad comercial del brócoli

La cosecha se debe realizar en el momento adecuado para garantizar calidad comercial, compactación de pella y uniformidad del producto. El retraso en la cosecha puede provocar apertura floral, pérdida de coloración y disminución del valor comercial. También, factores

relacionados con nutrición, disponibilidad hídrica y manejo agronómico influyen directamente sobre las características físicas y fisiológicas del cultivo (Conversa et al., 2020).

7.13. Plagas y enfermedades

Las principales enfermedades son el mildiu velloso (Peronospora parasitica), alternaria (Alternaria brassicicola) y bacteriosis (Xanthomonas campestris pv. campestris). Entre las plagas más importantes destacan la polilla del brócoli (Plutella xylostella), además de pulgones y trips (INIAP, 2021; MAG, 2020).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis nula

La aplicación de tres tipos de bioles en diferentes dosis no produce diferencias significativas en el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica).

8.2 Hipótesis alternativa

La aplicación de tres tipos de bioles en diferentes dosis produce diferencias significativas en el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica).

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la, parroquia de Toacaso, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Figura 3

Ubicación del área de estudio



Fuente: Adaptado de Google Earth (Google Earth, 2026).

Tabla 13

Coordenadas del lugar de estudio

Coordenadas S	**0° 44' 23.15''**
Coordenadas O	78° 42' 21.46"
Elevación	3327 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Materiales y Equipos

a. Biol

b. Plántulas de brócoli

c. Piola

d. Flexómetro

e. Calibrador

f. Balde

g. Balanza
h. Clavos
i. Martillo
j. Rótulos

Equipos

a. Cámara
b. Laptop

9.3 Tipo de investigación

9.3.1 Experimental

Es una investigación experimental, ya que se realiza la utilización de variables experimentales. Se aplicaron tres bioles en tres diferentes dosis: en un rango bajo de 1 litro en 10 litros de agua, un rango medio de 2 litros en 10 litros de agua y rango alto de 3 litros en 10 litros de agua, dentro de las mismas condiciones. Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA).

9.3.2 Cuantitativa

Se trata de una investigación o metodología encargada de recoger datos numéricos de las distintas variables en estudio.

9.4 Modalidad básica de investigación

9.4.1 Campo

La investigación de campo interviene en la recolección de datos de las diferentes variables a evaluar directamente en el lugar donde se realizó el experimento.

9.4.2 Bibliográfica documental

El material bibliográfico y documental tiene estrecha relación con el contexto del marco teórico y la discusión de los resultados.

9.5 Técnica e instrumentos para la recolección de datos

9.5.1 Observación de campo

Lo anterior ha hecho que la recolección de datos por tratamiento se realice de forma directa, es decir, se registró el crecimiento del cultivo a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después de la primera aplicación en 3 observaciones.

9.5.2 Registro de datos

Los datos fueron registrados en un documento de Excel separando cada sección dependiendo de las fechas para cada tratamiento.

9.6 Diseño experimental

Se implementando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, donde el factor (B) con un arreglo factorial de 3x3+1 corresponde a los tres bioles aplicados por cada tratamiento y el factor (D) representa las dosis, dando como resultado 3*10=30 unidades experimentales. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico por medio del programa InfoStat.

9.6.1. Análisis estadístico

Para las fuentes de variación que indicaron significación se realizó un test de Tukey al 5 %, mientras que para las que no representaron diferencia se hicieron tablas promedio.

9.7 ADEVA

Tabla 14

Esquema de ADEVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	
TOTAL	(t*r)- 1	29
REPETICIONES	(r -1)	2
TRATAMIENTOS	(t -1)	9
FACTOR (B)	(a-1)	2

FACTOR (D)	(b-1)	2
FACTOR Bx D	(a-1) * (b-1)	4
ERROR	(T-1) * (R-1)	18

Fuente:. Elaboración propia.

9.7.1 Factores en estudio

Factor A: Tipos de Bioles

- B1: Biol Bovino
- B2: Biol Cuy
- B3: Biol Ovino

Factor B: Dosis

- D1: (1 L biol en 10 L agua)
- D2: (2 L biol en 10 L agua)
- D3: (3 L biol en 10 L agua)

Tratamiento Adicional

- Testigo

9.7.2 Tratamientos

Tabla 15

Tratamientos del ensayo experimental

TRATAMIENTO	CODIFICACION	DESCRIPCION
T1	B1DI	Biol bovino (1 L biol en 10 L agua)
T2	B1D2	Biol bovino (2 L biol en 10 L agua)
T3	B1D3	Biol bovino (3 L biol en 10 L agua)
T4	B2D1	Biol cuy (1 L biol en 10 L agua)
T5	B2D2	Biol cuy (2 L biol en 10 L agua)
T6	B2D3	Biol cuy (3 L biol en 10 L agua)

T7	B3D1	Biol ovino (1 L biol en 10 L agua)
T8	B3D2	Biol ovino (2 L biol en 10 L agua)
T9	B3D1	Biol ovino (3 L biol en 10 L agua)
T10	Testigo	Sin aplicación de biol

Fuente: Elaboración propia.

9.7.3 Variables de estudio

a. **Variable Independiente**

- Biol
- Dosis

b. Variable Dependiente

- Altura de planta (cm)
- Numero de Hojas ()
- Largo de hoja (cm)
- Ancho de hoja (cm)
- Peso de la cosecha (kg)
- Diámetro de la pella (cm)

9.7.4 Operaciones de variables

Tabla 16

Variables

TIPO DE VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES CATEGORIAS	INDICE
INDEPENDIENTE **Biol:** Es un abono orgánico que se obtiene mediante el fermentado compuesto por el	Tipo de Bioles	Biol de estiércol bovino Biol de estiércol de cuy Biol de estiércol de ovino	.
	Dosis	1L,2L,3L de biol /10 L de agua	L
	Frecuencia		días

estiércol fresco de los animales, agua, melaza, restos vegetales que ayuda a mejor el suelo.		Aplicación cada 15 días	
DEPENDIENTE	Crecimiento	Altura de planta	cm
Producción: Es una variable que presenta resultados a través de los tratamientos que se aplica en los cultivos	Desarrollo	Número de hojas	# cm
	Rendimiento	Diámetro de la pella	kg
		Peso de la cosecha	

9.8 Datos registrados

9.8.1 Altura

Para la altura, se tomaron en cuenta para los datos 6 plantas por parcela de cada tratamiento, cada 15 días después de la siembra hasta la cosecha.

9.8.2 Largo de hoja

Para el largo de hoja, se tomaron en cuenta las 6 plantas por parcela de cada tratamiento, cada 15 días después de la siembra utilizando un flexómetro.

9.8.3 Ancho de hoja

Para el ancho de la hoja, se tomaron en cuenta 6 plantas por parcela de cada tratamiento, cada 15 días después de la siembra utilizando un flexómetro.

9.8.4 Número de hojas

Para el número de hojas, se tomaron en cuenta 6 plantas por parcela de cada tratamiento, cada 15 días después de la siembra.

9.8.5 Diámetro de la pella

Para el diámetro de la pella, de igual manera se tomaron en cuenta 6 plantas por parcela para cada tratamiento a los 105 días después de la siembra

9.8.6 Peso de la cosecha

Para el peso de la pella, se tomaron datos de 6 plantas por parcela para cada tratamiento. La cosecha se realizó a los 105 días después de la siembra y se utilizó una balanza.

9.9 Diseño del ensayo

Tabla 17

Diseño del ensayo en campo

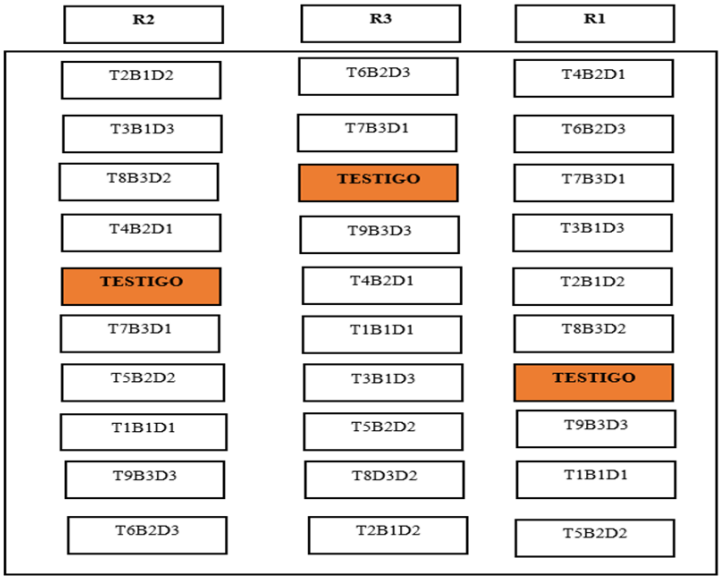
Descripción	**Cantidad**
Área de parcela	1,25 m^2
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	10
Número de unidades experimentales	30
Distancia entre parcelas	0,30
Ancho de la parcela	1 m
Largo de la parcela	15,5 m2
Número de plantas por parcela	12
Distancia entre planta	0,30
Número de plantas de la parcela neta	6
Área total de trabajo	46,5

Fuente:. Elaboración propia.

9.9.1 Croquis

Figura 4

Croquis del diseño experimental



Fuente: Elaboración propia.

9.9.2 Manejo del ensayo

9.9.2.1 Análisis Inicial del suelo

El análisis inicial del suelo muestra características adecuadas para el establecimiento del cultivo del brócoli, mostrando un pH de 6,26 que corresponde a un suelo ligeramente ácido, condición favorable para la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo del cultivo según (Barrow & Hartemink, 2023). El contenido de nitrógeno (155 ppm) y fósforo (16,6 ppm) se encuentra en niveles altos; estudios realizados por Ekbic y Kose (2024) mencionan que ayudan al crecimiento y desarrollo radicular.

Mientras que el azufre presentó un valor de (14,29 ppm) y el boro (1,04 ppm), los dos están en niveles medios adecuados, investigaciones recientes en brócoli han demostrado que el azufre mejora la síntesis de compuestos orgánicos como aminoácidos azufrados, y el boro es fundamental para el crecimiento de tejidos meristemáticos, siendo ambos elementos clave para el desarrollo normal de las brássicas (Ekbic & Kose, 2024).

Los cationes intercambiables mostraron concentraciones altas de potasio (0,70 meq/100 g), calcio (5,67 meq/100 g) y magnesio (1,30 meq/100 g), evaluando una buena fertilidad y equilibrio nutricional, influyendo directamente en el crecimiento y rendimiento de cultivos (Shabala & Zörb, 2024). La materia orgánica registró un valor de (1,71 %) considerando que indica una moderada capacidad de retención de humedad, estudios señalan que la materia orgánica mejora la estructura del suelo, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes, especialmente en suelos franco-arenosos (Lehmann & Kleber, 2015).

Las relaciones catiónicas Ca/Mg (4,35), Mg/k (1,87) y (Ca+ Mg) / K (10,00) reflejan un adecuado balance entre bases intercambiables; el equilibrio catiónico mejora la eficiencia nutricional y la respuesta de los cultivos a la fertilización orgánica. (Rengel et al., 2022). En cuanto a la textura, el suelo presentó 71% de arena,24% de limo y 5% de arcilla, clasificándose como franco-arenoso, característica que favorece la aireación y el drenaje, aunque requiere un manejo eficiente de riego y la fertilización debido a la posible pérdida rápida de nutrientes (de Oliveira, 2025).

Tabla 18

Análisis de suelo

Análisis inicial	**PH**	**N**	**P**	**S**	**B**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Zn**	**Cu**	**Fe**	**MO**	**TEXTURA**
Unidad	6,26	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Meq/100g	Meq/100g	Meq/100g	Ppm	Ppm	Ppm	%	FRANCO ARENOSO
		19,77	84,28	14,29	1,04	0,7	5,67	1,3	11	4,5	155	1,71	

Fuente:. *Adaptado de INIAP* (Manejo sostenible de cultivos hortícolas en Ecuador, 2021). *Véase el Anexo 2.*

9.9.2.2 Preparación del terreno y manejo del ensayo

Se realizó manualmente como la ayuda de un azadón, rastrillos y palas para poder dar forma al lugar de la siembra. También hubo un levantamiento de las platabandas con el fin de aplicar el fertilizante líquido sin ningún inconveniente.

9.9.2.3 Delimitación y distribución del área del ensayo

Las parcelas se fueron diseñando con la ayuda de un flexómetro y se midió el área establecida. Utilizando estacas de 0.50 cm y piolas, para cada tratamiento con su respectivo rotulado para evitar confusiones al momento de aplicar el fertilizante líquido.

9.9.2.4 Aplicación del diseño experimental

Se realizó un (DBCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones.

9.9.2.5 Adquisición de las hortalizas

Las plántulas de brócoli se obtuvieron en Múlalo de los PILONES LA VICTORIA S.A. PILVICSA

Figura 5

Plántulas de brócoli adquiridas para el establecimiento del ensayo



Fuente: *Plántulas de brócoli (Brassica oleracea var. italica) adquiridas en Pilones La Victoria S. A., ubicada en Mulaló, provincia de Cotopaxi. Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.6 Trasplante

Se regó agua un día antes de la siembra en todas las parcelas con el propósito de que se mantengan húmedas para que las plántulas tengan una mayor adaptabilidad. Se procedió a sembrar a una distancia entre plantas de 0,30 cm y la de hilera fue de 0,30 cm.

Figura 6

Trasplante de plántulas de brócoli en las parcelas experimentales



Fuente: *Trasplante manual de plántulas de brócoli (Brassica oleracea var. italica) en el área experimental, con una distancia de 0,30 m entre plantas y 0,30 m entre hileras. Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.7 Riego

El tipo de riego que se utilizó es por aspersión con una frecuencia de 2 días a la semana.

Figura 7

Preparación y delimitación del área experimental para el establecimiento del cultivo de brócoli



Fuente: *Área experimental acondicionada en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi. Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.8 Procedimiento de la elaboración de los bioles

9.9.2.8.1 Materiales utilizados

- 10 kg de Estiércol de (Bovino, Cuy, Ovino)

- 1 L de melaza
- 1 L suero de leche
- 1.5 kg de alfalfa
- 0.75 kg de ceniza
- Agua
- 200 g de levadura
- Tanque de 30 litros de capacidad

9.9.2.8.2 Procedimiento

En el tanque de 30 l se colocan 20 l de agua, alfalfa, melaza, levadura, suero de leche, ceniza de leña y estiércol (Bovino, Cuy, Ovino) en las cantidades arriba indicadas, se tapa el tanque, se perfora la parte superior del mismo, se coloca la manguera para que el biol tenga respiración anaeróbica y se deja fermentar durante 25 días.

9.9.2.9 Dosis de aplicación de los bioles

Los bioles se utilizaron en todas las parcelas excepto en el testigo. La dosis son las siguientes:

Tabla 19

Dosis de aplicación por tratamiento

BIOL	DOSIS 1	DOSIS 2	DOSIS 3	FRECUENCIA
Bovino	1L de Biol + 10 L Agua	2L de Biol + 10 L Agua	3L de Biol + 10 L Agua	15,30 ,45, 60 Y 75 días
Cuy	1L de Biol + 10 L Agua	2L de Biol + 10 L Agua	3L de Biol + 10 L Agua	15,30 ,45, 60 Y 75 días
Ovino	1L de Biol + 10 L Agua	2L de Biol + 10 L Agua	3L de Biol + 10 L Agua	15,30 ,45, 60 Y 75 días

Fuente: Elaboración propia.

9.9.2.10 Aplicación de bioles

La aplicación de los bioles se realizó en cada uno de los tratamientos respectivos y se aplicó únicamente al suelo

Figura 8

Aplicación de biol en las plantas de brócoli



Fuente: *Aplicación directa del biol al suelo en cada uno de los tratamientos experimentales. Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.11 Registro de datos

Se registró partir de la primera fecha con una frecuencia de 30, 45,60 y 75 días hasta dar fin la investigación.

Figura 9

Registro de variables agronómicas en el cultivo de brócoli



Fuente: *Recolección de datos de las variables agronómicas evaluadas durante el desarrollo del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica). Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.12 Deshierbe

Se realizó el deshierbe y aporques cada 20 días o a su vez cuando ya presentaba malezas y así evitar que no afecte en el desarrollo de la planta durante todo el periodo.

Figura 10

Deshierbe y aporque de las parcelas experimentales



Fuente: *Labores manuales de deshierbe y aporque realizadas después de los 30 días de establecido el cultivo. Fotografía de la autora (2026).*

9.9.2.13 Cosecha

La cosecha se realizó a los 105 días después de haber realizado la siembra.

9.9.2.14 Tabulación de los resultados

Los resultados se analizaron mediante análisis estadístico y uso de programas.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Altura

10.1.1 Altura de planta durante el crecimiento inicial (30 días)

El análisis de varianza para la altura de planta a los 30 días registró un coeficiente de variación de 10,16%, lo que representa una variabilidad experimental aceptable y control adecuado del error en las condiciones de campo. Las fuentes de variación evaluadas, los factores principales Biol (p = 0,23) y Dosis (p = 0,49), junto con la interacción Biol × Dosis (p = 0,61), presentaron valores superiores al nivel crítico de significancia (p > 0,05). Ninguna mostró diferencias estadísticas significativas. El contraste Factores vs. Testigo (p = 0,6985) tampoco fue significativo (p > 0,05): no hubo diferencia entre el desarrollo longitudinal de las plantas bajo manejo bioestimulante y el testigo absoluto a las cuatro semanas del trasplante.

La falta de significancia en los factores, la interacción y el contraste indica que, a los 30 días después del trasplante, el estímulo de las fuentes orgánicas y sus concentraciones aún no se traducen en cambios en la elongación caulinar del brócoli. Fisiológicamente, esto sugiere que la fertilización basal o la fertilidad propia del suelo cubre la demanda nutricional en esta fase, lo que diluye el efecto de los aminoácidos y fitohormonas aplicados por vía foliar.

Esta homogeneidad coincide con (Andrade-Hoyos, P., & Martínez-Castro, C., 2020), quien observó que en el primer mes de desarrollo de crucíferas las respuestas vegetativas se mantienen uniformes porque el cultivo prioriza el desarrollo de tejidos conductores antes de entrar en la fase de expansión. Por su lado, afirma que en el caso de cambios asociados al volumen y a la procedencia, se requieren aumentos en la biomasa y demandas metabólicas más altas, condición que comúnmente se manifiesta en el transcurso de los 45 días.

Tabla 20

Análisis de varianza de la altura de planta durante la fase de desarrollo vegetativo a los 30 días después del trasplante

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia

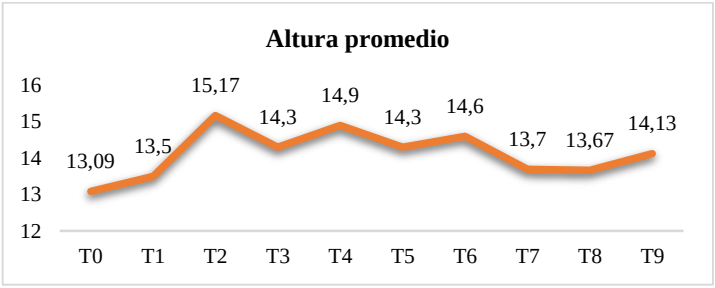
Total	93.25	29				
Biol	6.55	2	3.27	1.58	0.23	ns
Dosis	3.09	2	1.54	0.74	0.49	ns
Biol*Dosis	5.68	4	1.42	0.69	0.61	ns
Factores vs testigo	0.32	1	0.32	0.15	0.6985	ns
Error	37.22	18	2.07			
CV	10.16					

Fuente:. Elaboración propia.

A los 30 días, la tendencia de crecimiento longitudinal se consolidó, con el tratamiento T2 registrando el valor promedio más alto por encima de los demás grupos experimentales. El error estándar siguió mostrando una variación amplia, sobre todo en T2 y T4, lo que indica que las respuestas a los bioestimulantes todavía son heterogéneas, posiblemente por diferencias en la eficiencia nutricional y hormonal de cada formulación para sostener el crecimiento vegetativo en esta fase.

Figura 11

Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 30 días



10.1.2 Altura de planta durante el crecimiento vegetativo activo (45 días)

El coeficiente de variación del ANDEVA 45 días en altura de planta fue de 10,42%, lo que indica que el experimento tuvo buena precisión y buen control de error en los tratamientos de campo. Las fuentes de variación Biol (p = 0,72), Dosis (p = 0,69) y Biol × Dosis (p = 0,87) fueron muy superiores a 0,05 en su nivel de significancia, lo que indica que estas fuentes de variación no presentaron diferencia estadística. Sin embargo, en contraste, la componente

ortogonal Factores vs. Testigo fue muy significativa, lo que indica que el grupo de plantas tratadas con bioestimulantes se comporta diferente de lo que lo hace el testigo absoluto en cuanto al crecimiento longitudinal.

La significancia en el contraste de Factores x Testigo, sugiere que a 45 dpt la siembra responde a la bioestimulación foliar, independientemente del biol y su concentración. Esta mayor producción se explica fisiológicamente, porque en la etapa final de crecimiento vegetativo y la etapa inicial reproductiva del brócoli, se necesita mayor cantidad de nitrógeno amínico, macroelementos solubles y reguladores hormonales, que son mejor absorbidos por las parcelas tratadas, que el testigo que depende solo del suelo. Esto coincide con (Velasco-Méndez, Respuestas morfológicas y asignación de biomasa en Brassicas bajo esquemas de fertilización orgánica foliar, 2021), quien encontró que el suministro exógeno de abonos orgánicos líquidos evita la desaceleración del crecimiento caulinar en crucíferas al mejorar el transporte de asimilados hacia los puntos de crecimiento.

Tabla 21

Análisis estadístico de la altura de planta durante el crecimiento vegetativo activo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	438.65	29				
Biol	5.11	2	2.55	0.34	0.72	ns
Dosis	5.67	2	2.83	0.37	0.69	ns
Biol*Dosis	9.49	4	2.37	0.31	0.87	ns
Factores vs testigo	153.53	1	153.53	20.17	0.0003	**
Error	137.04	18	7.61			
CV	10.42					

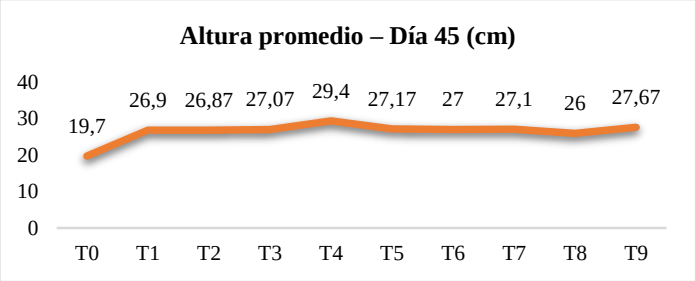
Fuente: Elaboración propia.

A los 45 días, todos los tratamientos con bioestimulantes superaron de forma consistente al grupo control T0 en la altura del dosel foliar. El T4 mantuvo los valores más altos de desarrollo vertical, aunque con dispersión notable en los datos. Esto coincide con el resultado del análisis

de varianza: las distintas fuentes de biol parecen favorecer una mayor tasa de elongación del tallo frente al testigo absoluto.

Figura 12

Evolución de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 45 días después del trasplante



10.1.3 Altura de planta al final del periodo de evaluación (60 días)

El análisis de varianza para la altura de planta a los 60 días registró un coeficiente de variación de 9,81%, lo que indica buena precisión experimental y control adecuado del error en las condiciones de campo. Los factores individuales Biol (p = 0,60) y Dosis (p = 0,22), junto con su interacción Biol × Dosis (p = 0,49), se mantuvieron por encima del límite crítico establecido (p > 0,05). Ninguna de esas fuentes de variación era significativamente diferente. Ortogonal Factor vs. Testigo, fudge < 0.0001 Contrast, sin embargo, contrast, the F2 Factores vs. Testigo Component Orthogonal Contraste reportó diferencias altamente significativas: las alternativas bioestimulantes promovieron un desarrollo longitudinal superior al del testigo absoluto.

La significancia encontrada solo en el contraste Factores vs. Testigo a 60 días de evaluación sugiere que en las etapas finales del desarrollo vegetativo el brócoli tiene una respuesta homogénea a la bioestimulación foliar, sin importar la fuente o la dosis. Fisiológicamente, puede explicarse por el efecto acumulativo de los aminoácidos libres, nutrientes en forma soluble y metabolitos secundarios de bioles que estimulan la fotosíntesis y el alargamiento del tallo en la etapa prefloral de mayor demanda energética, antes de que se produzca la inducción floral.

Esto coincide con Andrade-Hoyos (Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante, 2020), quien encontró que el suministro continuo de abonos líquidos fermentados retrasa la senescencia de las hojas basales y mantiene activo el

crecimiento caulinar en crucíferas frente al testigo sin tratar. Por su parte, confirma que la homogeneidad entre dosis y fuentes orgánicas ocurre porque todos los tratamientos cubren el umbral metabólico que necesita el cultivo, lo que impide una segregación morfológica de la planta (Gavilánez-Luna, M., & Castro-Molina, J., 2024).

Tabla 22

Análisis de varianza de la altura de planta a los 60 días después del trasplante

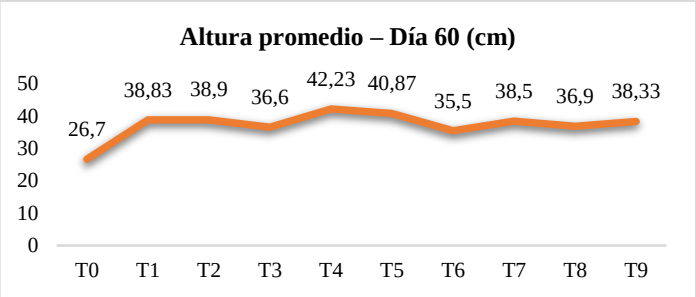
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	**Significancia**
Total	1340.17	29				
Biol	14.08	2	7.04	0.53	0.60	Ns
Dosis	43.56	2	21.78	1.65	0.22	Ns
Biol*Dosis	47.37	4	11.84	0.90	0.49	Ns
Factores vs testigo	595.56	1	595.56	45.08	<0.0001	**
Error	237.79	18	13.21			
CV	9.81					

Fuente: Elaboración propia.

A los 60 días, se mantiene una diferencia marcada entre los tratamientos bioestimulados y el testigo absoluto T0, coherente con el resultado significativo del contraste en el análisis de varianza. El T4 conserva la primacía en altura promedio, con una tendencia a mayor elongación del tallo que podría relacionarse con una mejor disponibilidad de nutrientes y reguladores de crecimiento aportados por esta fuente, frente al crecimiento más limitado del testigo sin bioestimulación.

Figura 13

Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 60 días



10.1.4 altura de planta al final del periodo de evaluación (75 días)

El coeficiente de variación del ANOVA para la altura a los 75 días fue de 8,22 %, lo que puede considerarse una buena precisión experimental y un control de error en campo aceptable. De las fuentes de variación el factor Dosis ($p = 0,03$) tuvo diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$), lo que indica que la dosis aplicada influenció la altura alcanzada por el cultivo. Aunque el factor Biol ($p = 0,38$) y la interacción Biol × Dosis ($p = 0,45$) no fueron significativos ($p > 0,05$), el contraste Factores vs. Testigo sí que mostró diferencias altamente significativas.

La significancia del factor D entre los días 75 a <año> sugiere que a partir de antecos echa el comportamiento del brócoli es heterogéneo entre tratamientos y es sensible a la dosis de nutriente aplicado a las hojas. Las dosis altas de bioestimulante incrementan la concentración de N orgánico y K soluble, que son nutrientes relacionados con el llenado de pella y el alargamiento de la raíz principal.

Este surgir tardío de efectos por dosis es consistente con Castro-Mendoza (2022), quien menciona que la carga macro nutricional de los bioles se manifiesta al fin del ciclo cuando la demanda del cultivo excede la disponibilidad en el suelo. La superioridad sostenida del contraste, por otro lado, concuerda con Andrade-Hoyos (Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante, 2020), quien señala que cualquier régimen de bioestimulación orgánica supera al testigo mediante un aporte constante de aminoácidos esenciales (Gavilánez-Luna, M., & Castro-Molina, J., 2024).

Tabla 23

Análisis de varianza de la altura de planta a los 75 días después del trasplante

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Total	1774.85	29				
Biol	25.82	2	12.91	1.01	0.38	ns
Dosis	105.65	2	52.82	4.13	0.03	*
Biol*Dosis	49.83	4	12.46	0.97	0.45	ns
Factores vs testigo	899.09	1	899.09	70.29	<0.0001	**
Error	230.24	18	12.79			
CV	8.22					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

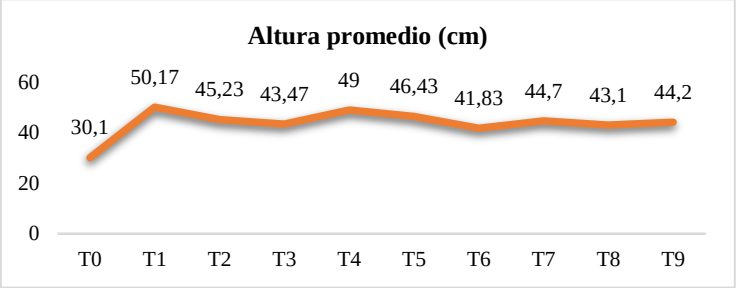
Dosis	Media	n	E.E.	Grupo
D1	47,96	9	1,88	A
D2	44,92	9	1,88	A
D3	43,17	9	1,88	A

Fuente:. Elaboración propia.

Al cierre del ciclo de evaluación, a los 75 días, la diferencia en altura entre las plantas tratadas con bioles y el testigo T0 se mantuvo, en línea con el resultado significativo del contraste. Los tratamientos T1 y T4 registraron los valores más altos, lo que sostiene la tendencia observada desde los 45 días: una respuesta positiva y continua a la fertilización orgánica líquida, con una estructura foliar más desarrollada frente al crecimiento más limitado del grupo sin aplicación.

Figura 14

Comportamiento de la altura de planta del cultivo de brócoli a los 75 días



El análisis longitudinal de la altura de planta mostró buen control del error de campo, con coeficientes de variación entre 4,48% y 10,42% a lo largo de las evaluaciones. En las primeras mediciones (0, 15 y 30 días), no hubo diferencias estadísticas significativas en los factores principales, la interacción ni el contraste: el crecimiento fue homogéneo entre tratamientos. Esto cambió a partir de los 45 días y se mantuvo a los 60 y 75, cuando el contraste Factores vs. Testigo se volvió estadísticamente significativo y separó el crecimiento de las parcelas tratadas del testigo. También, a los 75 días, por primera vez se encontró un efecto significativo del factor Dosis ($p = 0,03$), siendo este el único factor de variación individual que pudo influir en la elongación caulinar en el término del ciclo.

La falta de significancia inicial y la posterior distinción en el contraste Factores vs. Testigo sugieren que el efecto de los bioles es acumulativo. En las primeras etapas (0 a 30 días), la planta de brócoli presenta un crecimiento homogéneo al depender de los nutrientes del semillero para la formación de raíces, en tanto que en la etapa de crecimiento vegetativo rápido y formación de pella (45 a 75 días).

El factor Dosis a los 75 días se debe a la carga macro nutricional de las concentraciones orgánicas, que se expresa fenotípicamente cuando el cultivo satura los nutrientes del suelo (Monitoreo fenológico inicial y respuesta de Brassicas a la aplicación de bioinsumos líquidos interandinos, 2022). Según (Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante, 2020), la bioestimulación foliar sostenida revierte la respuesta plana del testigo, debido a un suministro continuado de aminoácidos que retrasan la senescencia celular.

Tabla 25

Resumen del análisis de varianza (ADEVA) de la altura de planta de 0 a 75 días

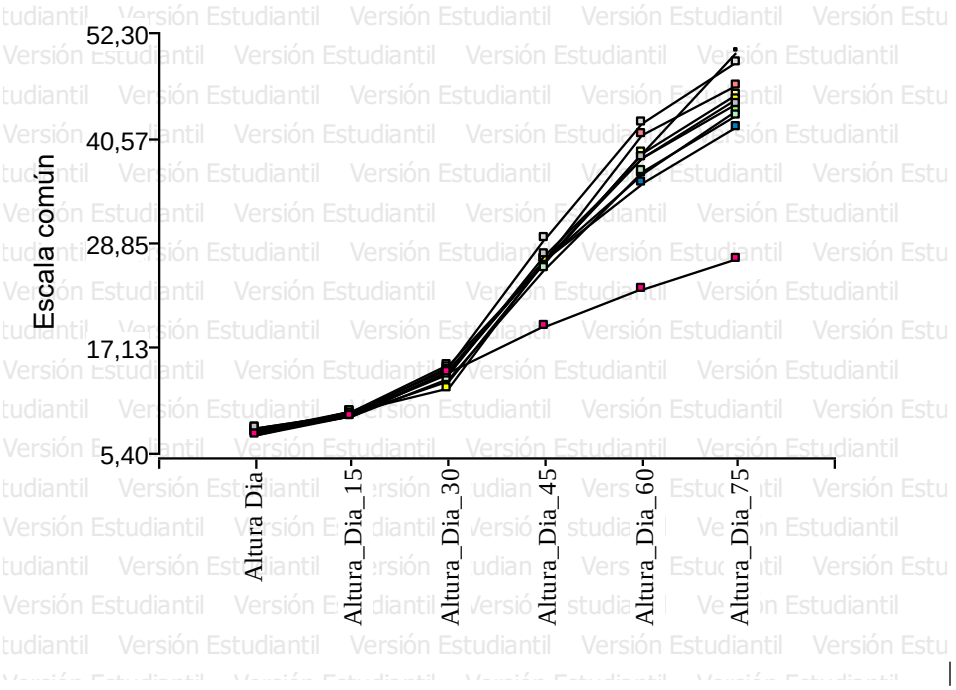
FV	GL	0 días (CM)	p-valor	15 días (CM)	p-valor	30 días (CM)	p-valor	45 días (CM)	p-valor	60 días (CM)	p-valor	75 días (CM)	p-valor
Biol	2	0,36	0,08	0,08	0,7	3,27	0,23	2,55	0,72	7,04	0,60	12,91	0,38
Dosis	2	0,06	0,61	0,01	1,0	1,54	0,49	2,83	0,69	21,78	0,22	52,82	0,03
Biol × Dosis	4	0,12	0,43	0,13	0,6	1,42	0,61	2,37	0,87	11,84	0,49	12,46	0,45
Factores vs Testigo	1	0,38	0,097	0,27	0,2578	0,32	0,6985	153,53	0,0003	595,56	< 0,0001	899,09	< 0,0001
Error	18	0,12		0,2		2,07		7,61		13,21		12,79	
CV (%)		4,48		4,52		10,16		10,42		9,81		8,22	

Fuente: Elaboración propia.

La altura de las plantas mostró un incremento progresivo desde el día 0 hasta los 75 días después del trasplante en todos los tratamientos. Durante las primeras evaluaciones el crecimiento fue similar; sin embargo, a partir de los 45 días se observaron diferencias más marcadas, destacando algunos tratamientos con mayor desarrollo respecto al testigo (T0), el cual registró los menores valores de altura al final del período de evaluación. Esto sugiere una respuesta favorable del cultivo a la aplicación de los bioles conforme avanzó el crecimiento vegetativo.

Figura 15

Evolución de la altura de planta del brócoli de 0 a 75 días



10.2 Largo de hoja

10.2.1 Largo de hoja durante el crecimiento vegetativo inicial (30 días)

El ANOVA del largo de hojas a los 30 días presenta un CV de 8,45%, que es aceptable para condiciones de campo. Se encontró que los efectos principales Biol (p = 0,5), Dosis (p = 1,0) y la interacción Biol × Dosis (p = 0,6), fueron estadísticamente no significativos. Sin embargo, al comparar ortogonalmente Factores vs Testigo, se mostró una diferencia altamente

significativa porque las plantas que recibieron bioestimulantes fueron diferentes en longitud de hoja con el testigo absoluto a las cuatro semanas después del trasplante.Que la significancia sólo aparezca en esta comparación y solamente a los 30 días sugiere que el brócoli tiene un comportamiento binario ante la fertilización orgánica en el inicio de su crecimiento vegetativo, es decir, hay diferencia entre la aplicación de biol o su ausencia, pero no entre dosis o fuentes. Esto es esperado, ya que los bioles aportan aminoácidos libres, macro elementos y fitohormonas que favorecen la división celular y el crecimiento foliar, cosa que el testigo no recibe por la limitación nutrimental basal del suelo. En crucíferas, se ha observado un patrón similar, con un aumento rápido del área foliar en el primer mes de evaluación, después de la aplicación de foliares de fermentos.

Atribuye la uniformidad entre dosis y fuentes orgánicas a que los requerimientos metabólicos foliares en esta etapa se cubren de forma similar con cualquiera de los regímenes ensayados, y que las diferencias entre tratamientos solo se manifiestan en fases fenológicas más avanzadas (Paredes-Gavilánez & Oña-Pérez, 2021).

Tabla 26

Análisis de varianza del largo de hoja durante el desarrollo vegetativo inicial

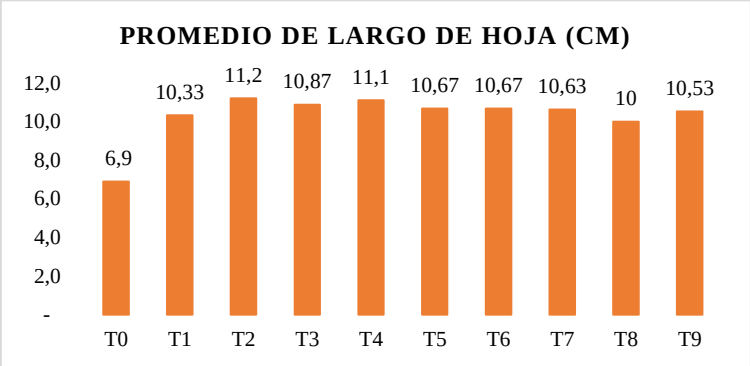
F.V.	**SC**	**GL**	**CM**	**F**	**p-valor**	**Significancia**
Total	84.52	29				
Biol	1.04	2	0.52	0.69	0.5	Ns
Dosis	0.03	2	0.01	0.01	1.0	Ns
Biol*Dosis	2.19	4	0.55	0.73	0.6	Ns
Factores vs testigo	51.48	1	51.48	68.82	<0.0001	**
Error	13.47	18	0.75			
CV	8.45					

Fuente: Elaboración propia.

A los 30 días después del trasplante, la longitud foliar aumentó en todos los tratamientos respecto a la medición anterior. T2, T4 y T8 registraron los promedios más altos. Los errores estándar de T2 y T4 siguen siendo amplios, lo que indica una respuesta variable al biol entre plantas dentro de estos tratamientos. En general, el crecimiento foliar fue más vigoroso que en el testigo absoluto T0, que se mantuvo con un desarrollo limitado.

Figura 16

Evolución del largo de hoja en el cultivo de brócoli a los 30 DDT



10.2.2 Largo de hoja durante el crecimiento vegetativo activo (45 días)

El análisis de varianza para el largo de hojas a los 45 días registró un coeficiente de variación de 8,55%, dentro del rango aceptable para condiciones de campo. Los efectos principales de Biol ($p = 0,85$), Dosis ($p = 0,12$) y la interacción Biol por Dosis ($p = 0,62$) no fueron significativos, sin embargo, el contraste ortogonal entre Factores y Testigo fue altamente significativo, al ser mayor la longitud foliar en plantas tratadas con bioestimulantes que el testigo absoluto.

La significancia solamente en el contraste a los 45 días, sugiere que el uso de bioles favoreció el crecimiento foliar del brócoli sobre el testigo en su periodo vegetativo, ya que el biol aporta nutrientes y bioactivos que estimulan la mitosis y la expansión celular de las hojas. Esto sumado a que no se encontraron diferencias entre biol y dosis, sugiere que a esta edad los tratamientos tienen respuestas similares (Mora-Alvarado & Vallejo-Torres, 2023).

Tabla 27

Análisis de varianza del largo de hoja durante la fase de crecimiento vegetativo activo

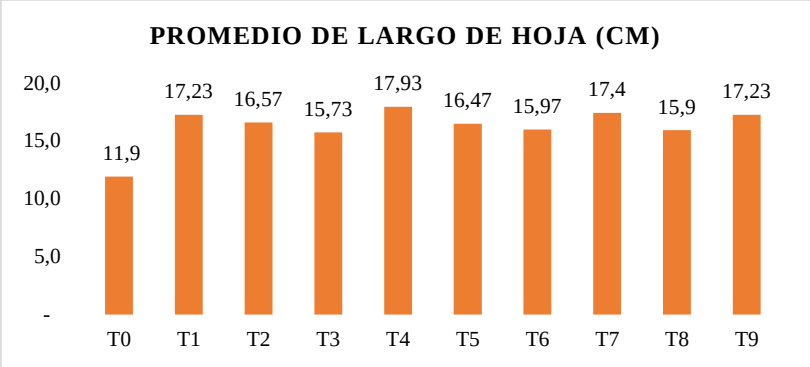
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Total	334.51	29				
Biol	0.57	2	0.29	0.16	0.85	ns
Dosis	8.8	2	4.4	2.42	0.12	ns
Biol*Dosis	4.91	4	1.23	0.68	0.62	ns
Factores vs testigo	244.44	1	244.44	134.46	<0.0001	**
Error	32.72	18	1.82			
CV	8.55					

Fuente: Elaboración propia.

A los 45 Días, el testigo T0 se diferencia claramente de los tratamientos bioestimulados, que alcanzan mayor longitud foliar. T4, T1 y T7 registran los valores más altos. El error estándar de T4 sigue siendo amplio, lo que indica una respuesta variable entre repeticiones en la expansión foliar durante esta etapa (Mora-Alvarado & Vallejo-Torres, 2023).

Figura 17

Evolución del largo de hoja del brócoli a los 45 días



10.2.3 Largo de hoja (60 días)

El análisis de varianza para el largo de hojas a los 60 días dio un coeficiente de variación de 8,16%, dentro del rango aceptable para campo, los factores individuales Biol (p = 0,84) y Dosis (p = 0,14), así como su interacción Biol × Dosis (p = 0,44), no fueron significativos. Sin embargo, el contraste Factores vs. Testigo volvió a ser significativo: las plantas bioestimuladas mantienen láminas foliares más largas que el testigo absoluto.

El mismo patrón observado a los 30 y 45 días se repite a los 60: la diferencia está entre aplicar biol o no, no entre las dosis o fuentes evaluadas. Cerca de la madurez vegetativa, el aumento en longitud foliar puede explicarse por el efecto acumulado de giberelinas, aminoácidos libres y macroelementos solubles que aportan los bioles, los cuales favorecen la división celular y aumentan la superficie foliar disponible para la fotosíntesis. Sobre por qué las distintas dosis y fuentes orgánicas no generan diferencias entre sí: todas alcanzan el umbral nutricional mínimo que necesita el cultivo en esta etapa (Sánchez-Gómez & Castro-Valle, 2021).

Tabla 28

Análisis de varianza del largo de hoja durante la etapa avanzada de desarrollo vegetativo

F.V.	**SC**	**GL**	**CM**	**F**	**p-valor**	**Significancia**
Total	807.31	29				
Biol	1.1	2	0.55	0.17	0.84	ns
Dosis	14.26	2	7.13	2.21	0.14	ns
Biol*Dosis	12.8	4	3.2	0.99	0.44	ns
Factores vs testigo	609.6	1	609.6	189.25	<0.0001	**
Error	57.98	18	3.22			
CV	8.16					

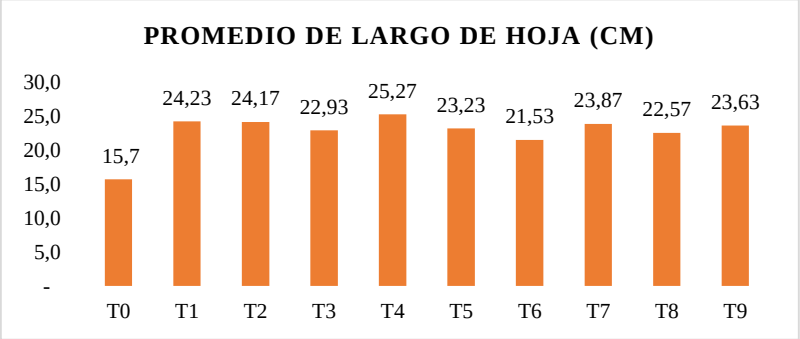
Fuente: Elaboración propia.

A los 60 días del trasplante, la longitud foliar aumentó en todos los tratamientos respecto a la evaluación previa, y la diferencia con el testigo T0 se hizo mayor. T1, T2, T4, T5, T6, T7, T8

y T9 tuvieron valores similares entre sí y superiores a T0, lo que muestra una respuesta consistente del cultivo a las distintas formulaciones de biol.

Figura 18

Dinámica del largo de hoja en plantas de brócoli a los 60 días



10.2.4 Largo de hoja al final del periodo de evaluación (75 días)

El análisis de varianza para el largo de hojas a los 75 días dio un coeficiente de variación de 7,22%, dentro del rango aceptable para esta fase del cultivo. La dosis ($p = 0,01$) fue el solo efecto significativo, a diferencia de Biol ($p = 0,31$) y Biol × Dosis ($p = 0,43$), siendo el contraste Factores en estado de interacción, el p con mayor valor. El testigo mantuvo su significancia, con las plantas tratadas por encima del testigo.

Es el único corte en que el efecto de la dosis es significativo, ya que hasta los 60 días la única diferencia es si se aplica biol o no, y a los 75 la dosis tiene efecto al ser aplicado. Al final del ciclo podría deberse a las dosis más altas de biol, que aportan más nitrógeno orgánico amínico y más potasio soluble, el retraso en senescencia y la continuidad de la división celular en el tejido intercalar de la hoja. De forma similar, la carga macro nutricional de los bioles termina separando los tratamientos entre sí una vez que el cultivo ya saturó los nutrientes del suelo. El comportamiento de los tratamientos bioestimulados sobre el testigo, que se mantiene en todos los cortes, es similar al observado por (Mora-Alvarado & Vallejo-Torres, 2023).

Tabla 29

Análisis de varianza del largo de hoja (75 días)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Total	1040.01	29				
Biol	9.1	2	4.55	1.25	0.31	ns
Dosis	43.95	2	21.97	6.02	0.01	**
Biol*Dosis	14.81	4	3.7	1.01	0.43	ns
Factores vs testigo	793.62	1	793.62	217.5	<0.0001	**
Error	65.68	18	3.65			
CV	7.22					

Fuente:Elaboración propia.

Tabla 30

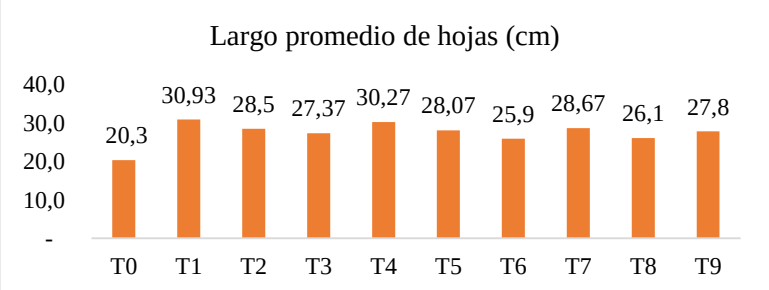
Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Dosis	Media	n	E.E.	Grupo
D1	29,96	9	0,97	A
D2	27,56	9	0,97	A
D3	27,02	9	0,97	A

Al cierre de la evaluación, a los 75 DDT, todos los tratamientos bioestimulados superan al testigo absoluto T0. T1 registra la mayor longitud foliar. Estos resultados indican que las aplicaciones de biol aumentaron el área foliar de forma sostenida durante todo el ciclo, lo que sugiere un mayor potencial fotosintético en las plantas tratadas.

Figura 19

Largo de hoja en el cultivo de brócoli a los 75 días



10.2.5 Largo de hoja: respuesta a la bioestimulación

El monitoreo del largo de hojas a lo largo del ciclo mostró coeficientes de variación estables, entre 5,51% y 8,55%. Al trasplante (0 días) no hubo diferencias significativas en ninguna fuente de variación ($p > 0,05$), lo que confirma que las plántulas partieron de condiciones morfológicas similares. Esto cambió a partir de los 15 días: desde entonces y hasta los 75 días, el contraste Factores vs. En todos los casos, el testigo fue mejor que el testigo biol. A la cosecha (75 días) , el Dosis fue significativo solo y fue la única vez en el ensayo en que la dosis aplicada (y no el testigo biol) tuvo un efecto significativo en la longitud del follaje.

En el caso del trasplante, no hay diferencias porque las plántulas aún dependen de las reservas del semillero. Este patrón sugiere que el efecto del biol sobre la longitud de la hoja se acumula a lo largo de todo el ciclo. En la etapa prefloración de 15 a 75 días, el suministro foliar de aminoácidos libre, minerales quelados y precursores hormonales que superan la limitación del suelo y que inducen la división celular en el tejido intercalar, es mayor que en el testigo. Que la Dosis sólo sea significativa en la fase final, a 75 días, es consistente: la carga macro nutricional de los abonos fermentados se hace presente en el momento de mayor demanda, pleno de cosecha.

Tabla 31

Resumen del análisis de varianza (ADEVA) para el largo de hoja

FV	GL	0 días (CM)	p-valor	15 días (CM)	p-valor	30 días (CM)	p-valor	45 días (CM)	p-valor	60 días (CM)	p-valor
Biol	2	0,06	0,2	0,15	0,18	0,52	0,5	0,29	0,85	0,55	0,84
Dosis	2	0,02	0,6	0,11	0,28	0,01	1,0	4,40	0,12	7,13	0,14
Biol × Dosis	4	0,02	0,7	0,01	0,97	0,55	0,6	1,23	0,62	3,20	0,44
Factores vs Testigo	1	0,12	0,0982	1,08	0,0016	51,48	< 0,0001	244,44	< 0,0001	609,60	< 0,0001
Error	18	0,04		0,08		0,75		1,82		3,22	
CV (%)		5,51		5,66		8,45		8,55		8,16	

Fuente:. Elaboración propia.

10.3 Anchura de hoja

10.3.1 Anchura de hoja durante el crecimiento a los 30 días

El análisis de varianza para la anchura de hojas a los 30 días dio un coeficiente de variación de 11,72%, dentro del rango aceptable para campo. Ni Biol (p = 0,45) ni Dosis (p = 0,90) fueron significativos, y tampoco su interacción (p = 0,69). Mientras que el contraste Factores vs. Testigo fue significativo: los tratamientos bioestimulantes aumentaron el ancho foliar respecto al testigo absoluto.

El patrón es similar al de la longitud de la hoja, salvo que biol se aplica o no, sin diferenciar la dosis o el origen. Una posible explicación es que los bioles aportan citoquininas y aminoácidos solubles que promueven la división celular lateral de la lámina, mientras que el testigo se nutre de la reserva del suelo. Andrade-Hoyos (Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante, 2020) y Castro-Mendoza (Monitoreo fenológico inicial y respuesta de Brassicas a la aplicación de bioinsumos líquidos interandinos, 2022) observaron el mismo efecto en el ancho de dosel de crucíferas un mes después del trasplante: La falta de diferencia entre dosis se debe a que un mes después, toda fuente orgánica cubre las necesidades de expansión foliar de forma similar. (Mendoza-Castro, 2025).

Tabla 32

Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 30 días de evaluación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total						
Biol	1.53	2	0.76	0.84	0.45	ns
Dosis	0.2	2.0	0.1	0.11	0.90	ns
Biol*Dosis	2.07	4	0.52	0.57	0.69	ns
Factores vs testigo	9.52	1	9.52	10.51	0.0045	**
Error	16.31	18	0.91			
CV	11.72					

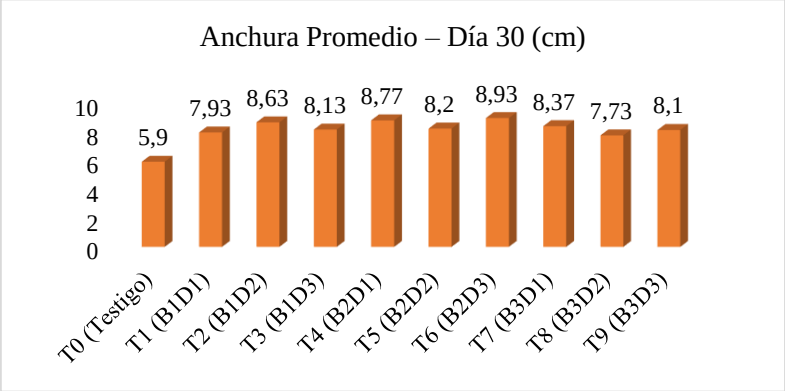
Fuente:. Elaboración propia.

A los 30 días, el ancho de hoja aumentó en todos los tratamientos bioestimulados respecto al testigo T0, que se mantuvo con menor desarrollo. T6, T4 y T2 tuvieron los promedios más altos.

Los errores estándar de T6 y T4 siguen siendo amplios, lo que indica una respuesta variable a la fertilización orgánica líquida en esta etapa.

Figura 20

Variación de la anchura de hoja en el cultivo de brócoli a los 30 DDT



10.3.2 Anchura de hoja durante el crecimiento vegetativo activo (45 días)

El análisis de varianza para la anchura de hoja a los 45 días dio un coeficiente de variación de 8,99%, dentro del rango aceptable. El factor Biol ($p = 0,78$), la dosis ($p = 0,19$) y su interacción ($p = 0,85$) no fueron significativos. Sin embargo, el contraste de Factores vs. Testigo se volvió a hacer prominent: los bioestimulantes mantuvieron un ancho de hoja superior al del testigo absoluto.

El patrón es similar al de la longitud de la hoja a esa edad. Lo que varía no es la dosis o el origen, sino la aplicación biol o no. La constante aplicación de aminoácidos y precursores hormonales de los bioles explica la diferencia en favor de la división celular en la lámina foliar, frente al testigo limitado en su nutrición. Esto concuerda con lo que reporta Andrade-Hoyos (Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante, 2020) en crucíferas durante etapas de mayor exigencia metabólica, y con la explicación de Castro-Mendoza (Monitoreo fenológico inicial y respuesta de Brassicas a la aplicación de bioinsumos líquidos interandinos, 2022) sobre por qué las distintas dosis y fuentes no se diferencian entre sí en esta fase (Castillo-Rojas & Medina, 2024)

Tabla 33

Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 45 días de evaluación

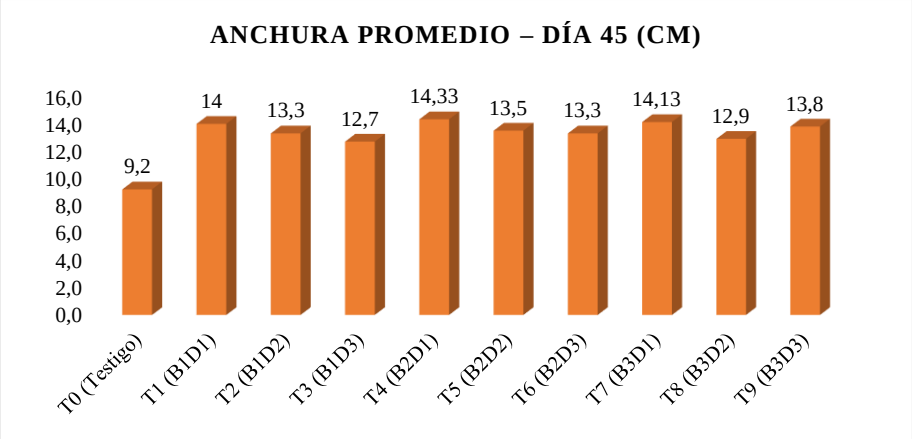
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	126.65	29				
Biol	0.69	2	0.34	0.25	0.78	ns
Dosis	4.93	2	2.46	1.80	0.19	ns
Biol*Dosis	1.86	4	0.46	0.34	0.85	ns
Factores vs testigo	78.3	1	78.3	57.21	<0.0001	**
Error	24.64	18	1.37			
CV	8.99					

Fuente:. Elaboración propia.

A los 45 días, los tratamientos bioestimulados superan de forma consistente al testigo absoluto T0 en altura de planta. T4 tiene los valores más altos. Su error estándar, junto con el de otros tratamientos, sigue siendo amplio, lo que indica una respuesta variable a las distintas fuentes y dosis de biol en esta etapa.

Figura 21

Evolución de la anchura de hoja del brócoli a los 45 días



10.3.3 Anchura de hoja de la evaluación (60 días)

El análisis de varianza para la anchura de hoja a los 60 días dio un coeficiente de variación de 6,80%, dentro del rango aceptable. El Factor Biol (p = 0,56) y el factor Dosis (p = 0,31), así como su interacción (p = 0,33) no presentaron significación. Sin embargo, el contraste

Factores vs. Testigo es significativo: los tratamientos bioestimulantes tienen mayor anchura de hoja que el testigo absoluto.

Como en experiencias anteriores, es la aplicación de biol y no su dosis o fuente, la que hace la diferencia. El permanente ofrecimiento de moléculas orgánicas y macro elementos en los bioles, hace que las células foliares continúen su expansión ante la condición testigo limitante en nutrientes, como se ha visto en crucíferas en etapas de máxima demanda. Y la homogeneidad de dosis y fuentes se debe al mismo motivo que en los cortes anteriores. (Andrade-Chávez & Solórzano, 2025).

Tabla 34

Análisis de varianza de la anchura de hoja a los 60 días de evaluación

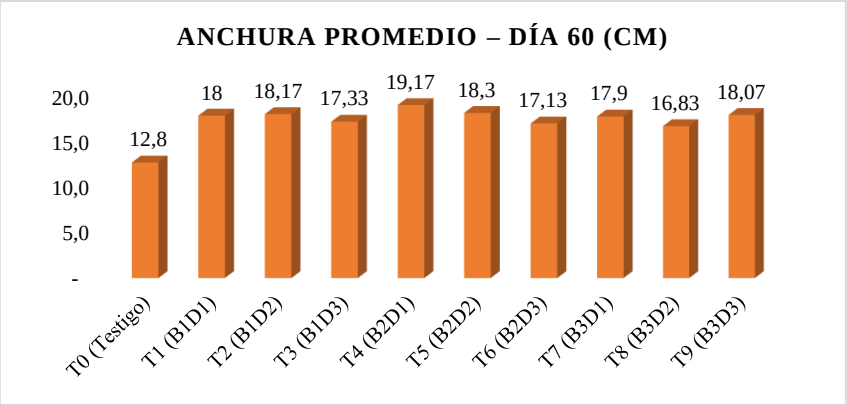
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	**Significancia**
Total	220.04	29				
Biol	1.65	2	0.82	0.61	0.56	ns
Dosis	3.38	2	1.69	1.25	0.31	ns
Biol*Dosis	6.72	4	1.68	1.24	0.33	ns
Factores vs testigo	8772.3	1	8772.3	6486.79	<0.0001	**
Error	24.34	18	1.35			
CV	6.80					

Fuente: Elaboración propia.

A los 60 días, los tratamientos bioestimulados superan al testigo T0 en anchura de hoja. T4 sigue teniendo el promedio más alto. Su error estándar continúa siendo amplio, lo que indica una respuesta variable a los bioles dentro de este tratamiento.

Figura 22

Respuesta de la anchura de hoja del brócoli a los 60 días



10.3.4 Anchura de hoja a los 75 días de evaluación

El análisis de varianza para la anchura de hoja a los 75 días dio un coeficiente de variación de 5,25%, dentro del rango esperado para esta fase. El factor Dosis (p = 0,03) fue significativo; Factor Biol (p = 0,94) y la interacción (p = 0,18) no presentaron significancia. Sin embargo, el contraste Factores vs. Testigo se mantuvo significativo , con las plantas tratadas por encima del testigo absoluto.

Al igual que con la longitud de hoja, la Dosis se vuelve significativa en este último corte: la cantidad aplicada empieza a pesar, no solo la presencia de biol. Esto es consistente con el mecanismo ya descrito para longitud foliar, ligado al mayor aporte de nitrógeno amínico y potasio soluble en dosis altas hacia el final del ciclo, y con lo reportado, sobre la segregación fenotípica de los tratamientos una vez agotada la fertilidad basal del suelo (Palacios-Valenzuela, 2024).

Tabla 35

Análisis de varianza (ADEVA) para la variable anchura de hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	219.98	29				
Biol	0.15	2	0.07	0.06	0.94	ns
Dosis	10.37	2	5.18	4.50	0.03	*
Biol*Dosis	8.18	4	2.05	1.78	0.18	ns

Factores vs testigo	174.36	1	174.36	151.27	<0.0001	**
Error	20.75	18	1.15			
CV	5.25					

Fuente:. Elaboración propia.

Tabla 36

Comparación de medias para el factor Dosis mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

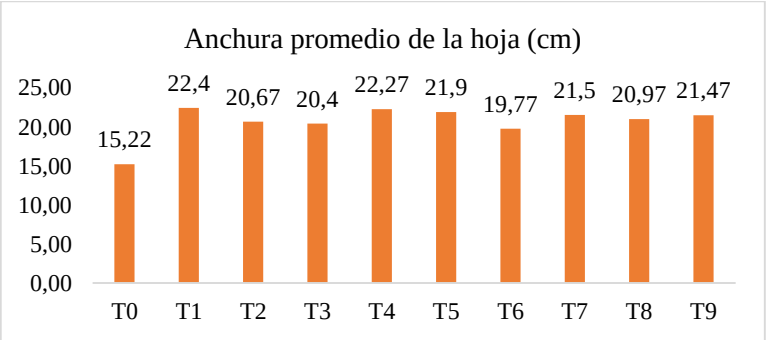
Dosis	Media	n	E.E.	Grupo
D1	22,06	9	0,40	A
D2	21,18	9	0,40	AB
D3	20,54	9	0,40	B

Fuente: Elaboración propia.

Al cierre del ciclo, la diferencia entre los tratamientos bioestimulados y el testigo T0 se mantiene: T0 tiene la menor anchura de hoja. T1, T4 y T5 registran los valores más altos, lo que confirma una respuesta sostenida a la fertilización orgánica líquida durante todo el ciclo.

Figura 23

Comportamiento final de la anchura de hoja del brócoli a los 75 días



10.3.5 Resumen del Análisis de Varianza (ADEVA) para la anchura de hoja

En el caso del monitoreo de la anchura de hoja, los coeficientes de variación fueron entre 5,25% y 11,72%, sin que en ninguno de los cortes se determinaran diferencias significativas para Biol y la interacción Biol × Dosis. El testigo fue significativo ($p \leq 0,01$) en todos los plazos de 15, 30, 45, 60 y 75 días a favor de los bioestimulados. A 75 días también fue significativa ($p=0,03$) la Dosis, que no fue significativa en ningún otro plazo, que fue el único caso del ensayo donde

la cantidad de dosis (no el biol) tuvo efecto en el ancho de hoja.

El patrón es el mismo que en longitud de hoja: la expansión lateral responde de forma acumulativa a la fertilización orgánica, y la diferencia frente al testigo se mantiene estable desde los 15 días gracias al aporte sostenido de aminoácidos libres y fitohormonas en los bioles, en línea con lo reportado en crucíferas. Que la Dosis solo se active como factor significativo a los 75 días, igual que en longitud de hoja, respalda lo planteado: el efecto de la concentración se hace evidente recién cuando el suelo agota sus reservas basales, cerca de la cosecha (Alcázar et al., 2024).

Tabla 37

Resumen del análisis de varianza (ADEVA) para la anchura de hoja

FV	GL	15 días (CM)	p-valor	30 días (CM)	p-valor	45 días (CM)	p-valor	60 días (CM)	p-valor	75 días (CM)	p-valor
Biol	2	0,52	0,50	0,76	0,45	0,34	0,78	0,82	0,56	0,07	0,94
Dosis	2	0,01	1,00	0,10	0,90	2,46	0,19	1,69	0,31	5,18	0,03
Biol × Dosis	4	0,55	0,60	0,52	0,69	0,46	0,85	1,68	0,33	2,05	0,18
Factores vs Testigo	1	51,48	< 0,0001	9,52	0,0045	78,30	< 0,0001	877 2,30	< 0,0001	174,36	< 0,0001
Error	18	0,75		0,91		1.37		1,35		1,15	
CV (%)		8,45		11,72		8,99		6,80		5,25	

Fuente:. Elaboración propia.

10.4 Número de hojas

10.4.1 Número de hojas durante el crecimiento vegetativo inicial (30 días)

El análisis de varianza para el número de hojas a los 30 días dio un coeficiente de variación de 4,17%, dentro del rango aceptable para campo. El factor Biol (p = 0,12) y el Factor Dosis (p = 0,68) por separado no fueron significativos (p > 0,05). Mientras que su interacción Biol × Dosis sí lo fue (p = 0,02), y el contraste Factores vs. Testigo también. Esto indica que el efecto sobre la emisión foliar depende de la combinación específica entre el tipo de biol y su dosis, no de cada factor por separado.

A diferencia de las variables de longitud y ancho de hoja, aquí la interacción Biol × Dosis sí resultó significativa a los 30 días. Esto sugiere que no todas las combinaciones de fuente y dosis tienen el mismo efecto sobre la emisión de hojas: algunas combinaciones específicas parecen favorecer más la formación de nuevas hojas que otras, en lugar de que el efecto dependa solo de aplicar biol o no. Una explicación posible es que distintos perfiles de aminoácidos, combinados con distintos niveles de concentración, afectan de forma distinta la actividad del meristemo apical, que es donde se originan las hojas nuevas. El contraste Factores vs. Testigo confirma, además, que cualquier combinación bioestimulante supera al testigo absoluto en esta variable (Morales-Alvarado, 2024).

Tabla 38

Análisis de varianza del número de hojas a los 30 días de evaluación

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Total	4.25	29				
Biol	0.23	2	0.12	2.40	0.12	ns
Dosis	0.04	2	0.02	0.40	0.68	ns
Biol*Dosis	0.76	4	0.19	3.80	0.02	*
Factores vs testigo	1.38	1	1.38	27.17	0.0001	**
Error	0.91	18	0.05			
CV	4.17					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Comparación de medias para la interacción Biol × Dosis

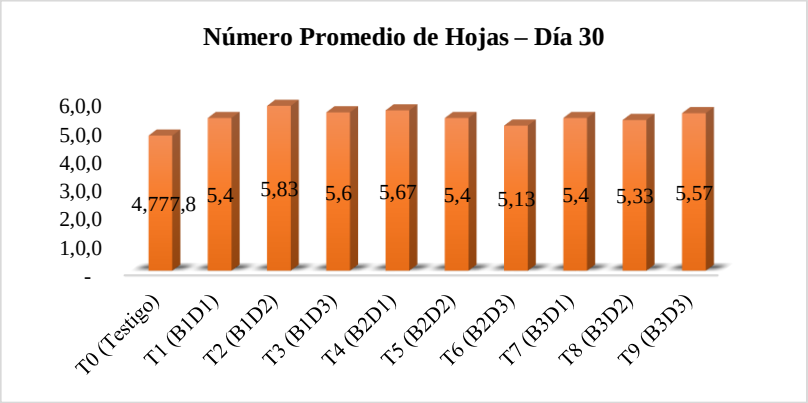
Biol	Dosis	Media	n	E.E.	Grupo
B1	D2	5,83	3	0,18	A
B2	D1	5,67	3	0,18	A
B1	D3	5,60	3	0,18	A
B3	D3	5,57	3	0,18	A
B3	D1	5,40	3	0,18	A
B1	D1	5,40	3	0,18	A
B2	D2	5,40	3	0,18	A
B3	D2	5,33	3	0,18	A
B2	D3	5,13	3	0,18	A

Fuente: Elaboración propia.

A los 30 días, T2 tuvo el promedio más alto (por encima de 5,7), seguido de T4 y T9. El testigo T0 se mantuvo por debajo de 5,0. La diferencia con T0 sugiere que los bioles favorecen la producción de hojas a medida que avanza el ciclo. T2 y T9 mostraron variabilidad considerable entre repeticiones, lo que valdría la pena revisar en relación con las dosis aplicadas en esos grupos.

Figura 24

Evolución del número de hojas a los 30 días



10.4.2 Número de hojas durante el crecimiento vegetativo (45 días)

El coeficiente de variación (CV) de 4,86% en la ANOVA del número de hojas a los 45 días

está dentro de los parámetros aceptables de campo. No se apreciaron efectos significativos (p > 0,05) para el Factor Biol (p = 0,90), el Factor Dosis (p = 0,26) y la interacción (p = 0,55). Sin embargo, la diferencia entre Factores y Testigo fue marcada: los tratamientos bioestimulantes aumentaron el número de hojas con respecto al testigo absoluto.

A diferencia de los resultados a los 30 días, en este caso la interacción entre biol y dosis no es significativa y el patrón vuelve a ser binomial: lo que marca la diferencia es la aplicación o no de biol, no la combinación específica de fuente y dosis. Esto se explica porque los bioles proporcionan precursores de hormonas vegetales, como las giberelinas, que estimulan la división celular en el meristemo apical y alivian la limitación nutricional a la que se enfrenta el grupo de control. La falta de diferencia entre dosis y fuentes en esta etapa sugiere que todas las variantes cubren de forma similar los requerimientos mínimos para la emisión de hojas nuevas a los 45 días (Guzmán-Cevallos, 2025).

Tabla 40

Análisis de varianza del número de hojas a los 45 días de evaluación

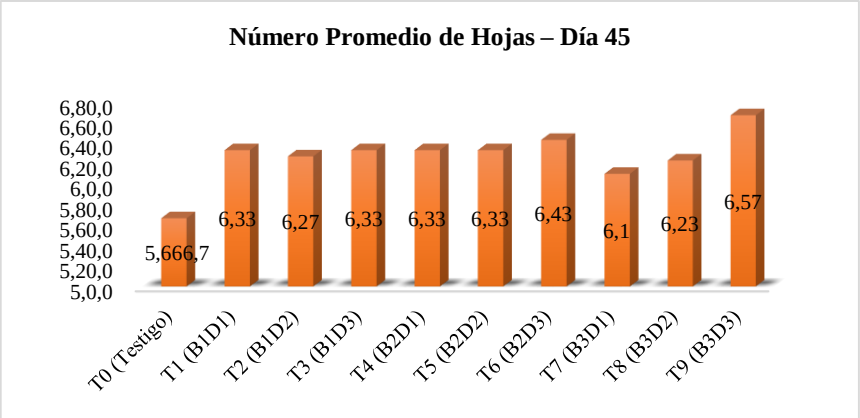
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	4.08	29				
Biol	0.01	2	0.01	0.11	0.90	ns
Dosis	0.27	2	0.13	1.44	0.26	ns
Biol*Dosis	0.29	4	0.07	0.78	0.55	ns
Factores vs testigo	1.21	1	1.21	13.05	0.002	**
Error	1.67	18	0.09			
CV	4.86					

Fuente: Elaboración propia.

A los 45 Días, los tratamientos bioestimulados superan al testigo T0. T9 tiene el promedio más alto, aunque con un error estándar amplio que indica variabilidad entre repeticiones. T1, T3, T4 y T5 muestran un desarrollo más estable en esta fase.

Figura 25

Evolución del número de hojas a los 45 días



10.4.3 Número de hojas al final del periodo de evaluación (60 días)

El análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días dio un coeficiente de variación de 2,84%, dentro del rango aceptable para campo. El Factor Biol (p = 0,82) y el Factor Dosis (p = 0,08), al igual que su interacción (p = 0,54), no fueron significativos (p > 0,05). Mientras que el contraste Factores vs. Testigo volvió a ser altamente significativo (p < 0,0001): los tratamientos bioestimulantes mantienen un mayor número de hojas que el testigo absoluto.

Como a los 45 días, el patrón sigue siendo binario: la diferencia está entre aplicar biol o no. Cerca del final de la etapa vegetativa, esto puede explicarse porque los bioles aportan compuestos orgánicos y fitohormonas que mantienen activa la división celular en el meristemo apical, sosteniendo la formación de nuevos nudos foliares frente al testigo, que depende únicamente de la reserva del suelo. La falta de diferencia entre dosis y fuentes indica que, también en esta etapa avanzada, cualquier régimen bioestimulante cubre de forma similar los requerimientos necesarios para seguir emitiendo hojas nuevas (Gavilánez-Luna, M., & Castro-Molina, J., 2024).

Tabla 41

Análisis de varianza del número de hojas a los 60 días de evaluación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	7.70	29				
Biol	0.02	2	0.01	0.20	0.82	ns

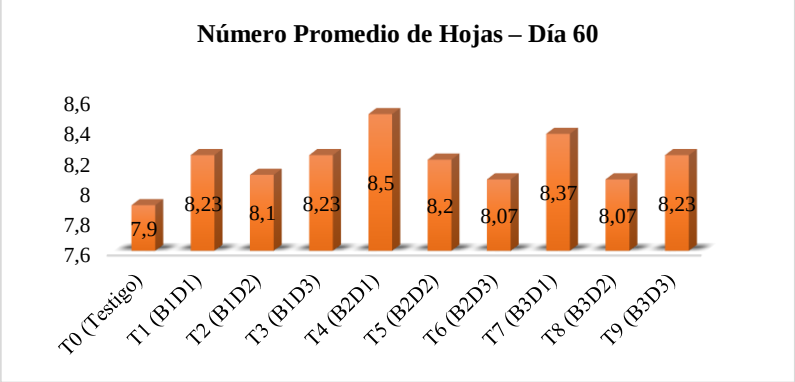
Dosis	0.30	2	0.15	3.00	0.08	ns
Biol*Dosis	0.17	4	0.04	0.80	0.54	ns
Factores vs testigo	5.21	1	5.21	99.06	<0.0001	**
Error	0.89	17	0.05			
CV	2.84					

Fuente: Elaboración propia.

A los 60 DDT, los tratamientos bioestimulados mantienen una diferencia clara respecto al testigo T0. T4 y T7 tienen los promedios más altos. El error estándar de T4 sigue siendo amplio, lo que indica variabilidad persistente en la respuesta al bioestimulante.

Figura 26

Comportamiento del número de hojas a los 60 días



10.4.4 Número de hojas a los 75 días de evaluación

El análisis de varianza del número de hojas a los 75 días mostró un coeficiente de variación del 3,44%, que es aceptable para esta etapa final. El Factor Biol (p = 0,50), el Factor Dosis (p = 0,28) y la interacción entre ellos (p = 0,77), no fueron significativos. Sin embargo, el contraste Factores vs. Testigo se mantuvo muy significativo, los tratamientos bioestimulantes mantienen un mayor número de hojas que el testigo absoluto al final del ciclo.

A diferencia de en longitud y ancho de hoja donde la dosis fue significativa a los 75 días, en el número de hojas el efecto binario se mantuvo hasta el final. La diferencia se encontraba en aplicar biol o no, no en la dosis o la fuente. Esto puede explicarse por el continuo aporte de aminoácidos y nutrientes solubles a través de las aplicaciones foliares, que evitaron la senescencia de las hojas más viejas, manteniendo la fotosíntesis de la planta hasta el final,

mientras que el testigo a fin de ciclo presenta un déficit nutricional mayor. La falta de diferencia entre dosis y fuentes sugiere que incluso con las dosis más bajas se alcanzó el techo genético de emisión foliar de la variedad bajo las condiciones del ensayo (Villacís-Pérez, 2024).

Tabla 42

Análisis de varianza (ADEVA) para la variable número de hojas del cultivo de brócoli a los 75 días del trasplante

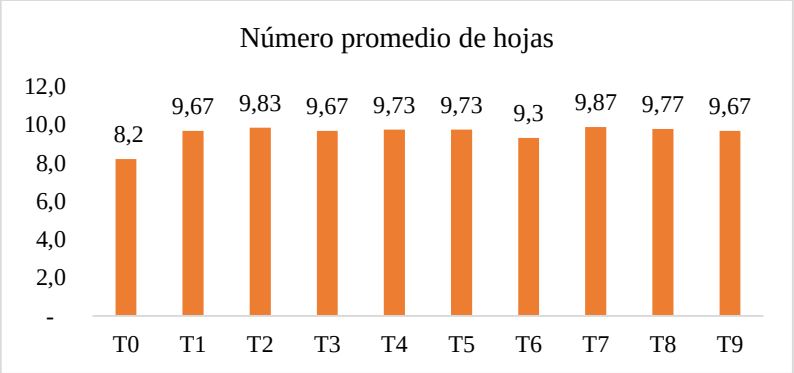
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	15.08	29				
Biol	0.15	2	0.08	0.73	0.50	ns
Dosis	0.30	2	0.15	1.36	0.28	ns
Biol*Dosis	0.19	4	0.05	0.45	0.77	ns
Factores vs testigo	11.82	1	11.82	111.01	<0.0001	**
Error	1.81	17	0.11			
CV	3.44					

Fuente: Elaboración propia.

Al cierre de la evaluación, todos los tratamientos bioestimulados superan al testigo absoluto T0, que mantiene el menor número de hojas. T2, T4, T5, T7 y T8 tienen los promedios más altos. Este resultado es consistente con un mayor potencial fotosintético en las plantas tratadas al final del ciclo.

Figura 27

Respuesta final del número de hojas a los 75 días



El monitoreo del número de hojas registró coeficientes de variación bajos y estables, entre 2,84% y 6,79%. Biol y Dosis, por separado, no fueron significativos en ninguna de las etapas evaluadas. A los 30 días se detectó una interacción Biol × Dosis significativa (p = 0,02), el único momento del ensayo donde esto ocurrió. Mientras que la diferencia entre Factores y Testigo no fue significativa a los 15 días (p = 0,1311), sí fue significativa dentro de los 30 a 75 días (p ≤ 0,002).

La falta de diferencia a los 15 días puede justificarse por que la planta prioriza la formación de raíces frente a la de hojas, ya que el meristemo apical es el último en activarse tras el trasplante. Al mes la situación cambia, ya que el suministro constante de aminoácidos libres y reguladores del crecimiento al follaje tras haber superado el estrés inicial, marca la diferencia respecto al testigo, que se nutre de las reservas del sustrato.

El resultado a los 30 días (Biol × Dosis significativa interacción) es un caso aislado en la serie: para el resto de cortes la diferencia entre las fuentes se explica simplemente por la presencia o ausencia de biol, y no por la combinación específica de fuente y dosis (Andrade-Hoyos, P., & Martínez-Castro, C., 2020).

Tabla 43

Análisis de varianza (ADEVA) para el número de hojas

FV	GL	15 días (CM)	p-valor	30 días (CM)	p-valor	45 días (CM)	p-valor	60 días (CM)	p-valor	75 días (CM)	p-valor
Biol	2	0,07	0,27	0,12	0,12	0,01	0,90	0,01	0,82	0,08	0,50
Dosis	2	0,01	0,82	0,02	0,68	0,13	0,26	0,15	0,08	0,15	0,28
Biol × Dosis	4	0,04	0,54	0,19	0,02	0,07	0,55	0,04	0,54	0,05	0,77
Factores vs Testigo	1	0,13	0,1311	1,38	0,0001	1,21	0,0020	5,21	< 0,0001	11,82	< 0,0001
Error	18/17*	0,05		0,05		0,09		0,05		0,11	
CV (%)		6,79		4,17		4,86		2,84		3,44	

Fuente: Elaboración propia.

10.5 Diámetro de pella

El análisis de varianza para el diámetro de pella del cultivo de brócoli registró un coeficiente de variación de 3,52%, valor que se encuentra dentro del rango aceptable para experimentos de campo, lo que indica una alta precisión experimental y un control adecuado de las condiciones de manejo.

De los factores de mayor interés, el Biol (p = 0,314) y la Dosis (p = 0,124) no mostraron diferencias significativas y la interacción Biol × Dosis (p = 0,054) se acercó al nivel crítico de significancia y mostró diferencia entre las diferentes combinaciones de tipo de biol y concentración, pero no alcanzó a ser significativa.

Sin embargo, en el contraste Factores vs. Testigo se presentaron diferencias altamente significativas, ya que las plantas de bioles tuvieron un diámetro de pella estadísticamente mayor que el testigo absoluto, sin importar el biol y la dosis.

Tabla 44

Análisis de varianza (ADEVA) para la variable diámetro de pella (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	29.90	29				
Biol	0.83	2	0.42	1.24	0.314	ns
Dosis	1.59	2	0.80	2.35	0.124	ns
Biol × Dosis	3.90	4	0.97	2.85	0.054	ns
Factores vs Testigo	16.96	1	16.96	49.70	< 0.0001	**
Error	6.14	18	0.34			
CV (%)	3.52					

Nota. Elaboración propia.

10.5.1 Comparación de medias de los tratamientos

Dado que el factor Tratamiento resultó altamente significativo (p = 0,0001), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey (α = 0,05) para identificar diferencias específicas entre las diez unidades experimentales (Tabla 45). El testigo absoluto (T0) presentó el menor diámetro de pella (14,33 cm) y fue estadísticamente inferior (grupo C) a todos los tratamientos con biol, confirmando el beneficio de la fertilización orgánica líquida sobre el tamaño de la

inflorescencia.

El tratamiento T8 (B3D2: Biol Ovino, dosis 2 L / 10 L de agua) registró el mayor diámetro promedio (17,78 cm) y se ubicó en el grupo estadístico A, aunque no presentó diferencias significativas con los tratamientos T1 (17,22 cm), T9 (17,17 cm), T2 (16,94 cm), T5 (16,72 cm), T3 (16,67 cm), T6 (16,61 cm) y T4 (16,44 cm), todos ellos clasificados en el grupo AB. Esto indica que la mayoría de las combinaciones de biol y dosis produjeron diámetros estadísticamente equivalentes entre sí.

El tratamiento T7 (B3D1: Biol Ovino, dosis 1 L / 10 L de agua) alcanzó un valor de 16,00 cm y se agrupó en la categoría BC, diferenciándose del grupo A, pero sin diferenciarse estadísticamente del testigo (grupo C) en la letra compartida. La formación de grupos traslapados (A, AB, BC, C) evidencia que, si bien todos los bioles mejoraron el diámetro respecto al testigo, existen ligeras diferencias en la magnitud de la respuesta según la combinación específica de fuente y dosis.

Tabla 45

Comparación de medias del diámetro de pella (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05) para los tratamientos evaluados

Tratamiento	Descripción	Media (cm)	n	E.E.	Grupo Tukey
T8	B3D2 (Ovino, 2 L)	17,78	3	0,34	A
T1	B1D1 (Bovino, 1 L)	17,22	3	0,34	AB
T9	B3D3 (Ovino, 3 L)	17,17	3	0,34	AB
T2	B1D2 (Bovino, 2 L)	16,94	3	0,34	AB
T5	B2D2 (Cuy, 2 L)	16,72	3	0,34	AB
T3	B1D3 (Bovino, 3 L)	16,67	3	0,34	AB
T6	B2D3 (Cuy, 3 L)	16,61	3	0,34	AB
T4	B2D1 (Cuy, 1 L)	16,44	3	0,34	AB
T7	B3D1 (Ovino, 1 L)	16,00	3	0,34	BC
T0	Testigo (sin biol)	14,33	3	0,34	C

Fuente: Elaboración propia.

10.5.2 Comparación de medias de los factores principales

Debido a que el análisis de varianza no detectó significancia estadística para los factores Biol (p

= 0,3410) y Dosis (p = 0,1413), la prueba de comparación de medias de Tukey (α = 0,05) se aplicó de manera exploratoria para confirmar la homogeneidad entre los niveles de cada factor. En la Tabla 46 se observa que los tres tipos de biol (B3: ovino, B1: bovino y B2: cuy) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, ya que todos los valores comparten la misma letra de agrupación (A).

Aunque el biol de ovino registró el mayor promedio numérico (16,98 cm) y el biol de cuy el menor (16,59 cm), la superposición de las letras confirma que estas diferencias no son significativas. Esto indica que aunque el diámetro de la pella fue afectado por el biol, el tipo de estiércol para la producción del biol no tuvo un efecto diferenciado sobre el diámetro de la pella, sugiriendo que los tres bioles evaluados tienen un efecto similar en la compactación de la inflorescencia.

Tabla 46

Comparación de medias para el factor Biol (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Biol	Media (cm)	n	E.E.	Grupo Tukey
B3 (Ovino)	16,98	9	0,20	A
B1 (Bovino)	16,94	9	0,20	A
B2 (Cuy)	16,59	9	0,20	A

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47

Comparación de medias para el factor Dosis (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Dosis	Media (cm)	n	E.E.	Grupo Tukey
D2 (2 L)	17,15	9	0,20	A
D3 (3 L)	16,81	9	0,20	A
D1 (1 L)	16,56	9	0,20	A

Fuente: Elaboración propia.

De manera similar, la Tabla 47 muestra los resultados de la prueba de Tukey para el factor Dosis. Las tres dosis evaluadas (D2: 2 L, D3: 3 L y D1: 1 L) pertenecen a un mismo grupo

estadístico (A), lo que indica que la concentración de biol aplicada no influyó de manera diferenciada sobre el diámetro de la pella. La dosis intermedia (D2: 2 L) alcanzó el mayor valor promedio (17,15 cm), seguida de la dosis alta (D3: 16,81 cm) y la dosis baja (D1: 16,56 cm). Sin embargo, al compartir la misma letra de agrupación (A), se confirma que estas diferencias numéricas no son estadísticamente significativas.

La ausencia de diferencias significativas entre las dosis evaluadas puede explicarse porque, en el rango de concentraciones utilizado (1 a 3 L de biol por 10 L de agua), todas las dosis proporcionaron una cantidad suficiente de nutrientes y compuestos bioactivos para satisfacer los requerimientos del cultivo durante la formación de la pella. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Pei et al. (Pei, Baolei; Liu, Ting; Xue, Ziyan; Cao, Jian; Zhang, Yunpeng; Yu, Mulan; Liu, Engang; Xing, Jincheng; Wang, Feibing; Ren, Xuqin; Zhang, Zhenhua, 2025), quienes encontraron que, en suelos con fertilidad moderada, dosis crecientes de biofertilizantes orgánicos no siempre generan respuestas proporcionales en el diámetro de la inflorescencia, ya que el cultivo alcanza un umbral de saturación nutricional a partir del cual no se observan incrementos adicionales.

Asimismo, Xiao et al. (Chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizers increases cauliflower yield via regulation of soil biochemical properties and bacterial communities in Northwest China, 2022) señalan que la respuesta del brócoli a la fertilización orgánica depende más de la presencia de los bioestimulantes que de su concentración, siempre que se cubran los requerimientos mínimos del cultivo.

10.5.3 Comparación de medias de la interacción Biol × Dosis

A pesar de que la interacción Biol × Dosis no alcanzó significancia estadística (p = 0,0655), la prueba de Tukey (Tabla 48) se presenta para describir el comportamiento de las combinaciones específicas. El tratamiento B3D2 (Biol ovino, dosis 2 L) obtuvo el promedio de diámetro más alto (17.78 cm) y se mantuvo en el grupo A, siendo el único tratamiento que quedó en este grupo. Sin embargo, no tuvo diferencias significativas con la mayoría de los tratamientos (B1D1, B3D3, B1D2, B2D2, B1D3, B2D3 y B2D1) que pertenecen al grupo AB.

La combinación B3D1 (Biol ovino, dosis 1 L) obtuvo el menor valor entre los tratamientos con biol (16,00 cm) y se ubicó en el grupo B, diferenciándose estadísticamente del grupo A, pero sin diferenciarse del testigo absoluto (que se presenta en la Tabla 49). La presencia de letras traslapadas confirma que la interacción no generó efectos diferenciados consistentes, en

concordancia con el valor de p = 0,0655.

Tabla 48

Comparación de medias para la interacción Biol × Dosis (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Biol	Dosis	Media (cm)	n	E.E.	Grupo Tukey
B3	D2	17,78	3	0,35	A
B1	D1	17,22	3	0,35	AB
B3	D3	17,17	3	0,35	AB
B1	D2	16,94	3	0,35	AB
B2	D2	16,72	3	0,35	AB
B1	D3	16,67	3	0,35	AB
B2	D3	16,61	3	0,35	AB
B2	D1	16,44	3	0,35	AB
B3	D1	16,00	3	0,35	B

Fuente: Elaboración propia.

10.5.4 Comparación del contraste Factores vs. Testigo

La comparación entre el grupo de tratamientos con biol (promedio de los nueve tratamientos bioestimulados) y el testigo absoluto se presenta en la Tabla 49. El grupo de factores alcanzó un diámetro medio de 16,84 cm, mientras que el testigo registró 14,33 cm. La diferencia de 2,51 cm resultó estadísticamente significativa ($p < 0,0001$), representando un incremento relativo del 17,5 % en el diámetro de la pella. De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), ambos grupos se separaron en categorías estadísticas diferentes (A y B), confirmando que la aplicación de bioles mejora sustancialmente la compactación y el tamaño de la inflorescencia en comparación con la ausencia de fertilización orgánica líquida.

Tabla 49

Comparación de medias para el contraste Factores vs. Testigo (cm) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Grupo	Media (cm)	n	E.E.	Grupo Tukey
Factores (bioles)	16,84	27	0,11	A
Testigo	14,33	3	0,34	B

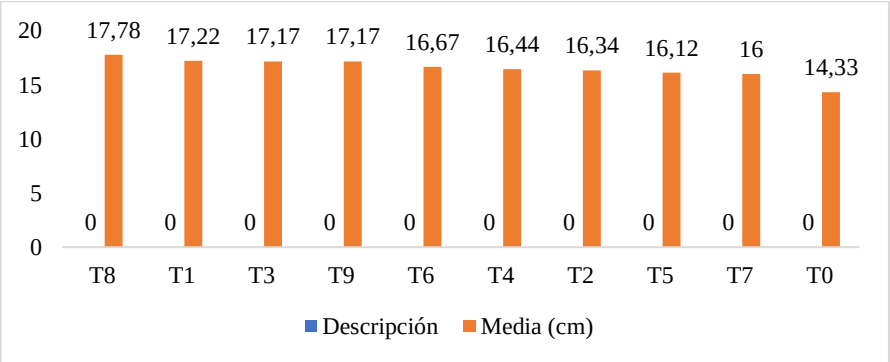
Fuente:Elaboración propia.

10.5.5 Comportamiento del diámetro de pella por tratamiento

En la Figura 28 se aprecia la respuesta del diámetro de pella para cada uno de los tratamientos. Se observa claramente la superioridad de todos los tratamientos con biol sobre el testigo, destacando especialmente el tratamiento T8 (B3D2) con el mayor valor absoluto (17,78 cm). En general, las dosis intermedias (2 L) de biol ovino y las bajas (1 L) de biol bovino producen pellas más grandes aunque las diferencias no son significativas respecto a la mayoría de los tratamientos bioestimulados. La escasa variabilidad entre tratamientos de biol demuestra la homogeneidad en la respuesta a la bioestimulación, salvo con el testigo.

Figura 28

Diámetro de pella (cm) del cultivo de brócoli



10.5.6 Discusión del diámetro de la pella

El diámetro de la pella es el principal indicador de calidad comercial en el brócoli, determinando la categoría del producto en los mercados frescos. En este experimento, la comparación de Factores vs Testigo (Tabla 49) fue muy significativa ($p < 0.0001$), con un aumento medio de

2,51 cm (17,5 %) en el diámetro de las plantas tratadas con bioles en relación al testigo absoluto (14,33 cm). Este resultado coincide con lo reportado por Rouphael y Colla (Biostimulants in agriculture, 2020), quienes destacan que los bioestimulantes de origen animal estimulan la división celular en los meristemos reproductivos, favoreciendo la compactación y el crecimiento de la inflorescencia.

La ausencia de diferencias significativas para los factores Biol ($p = 0,3410$) y Dosis ($p = 0,1413$), así como la interacción Biol × Dosis ($p = 0,0655$) con una tendencia marginal, indica que, dentro del rango evaluado, todas las fuentes y concentraciones de biol logran superar el umbral nutricional mínimo requerido para la formación de la pella. Este comportamiento ha sido documentado por Pei et al. (Pei, Baolei; Liu, Ting; Xue, Ziyan; Cao, Jian; Zhang, Yunpeng; Yu, Mulan; Liu, Engang; Xing, Jincheng; Wang, Feibing; Ren, Xuqin; Zhang, Zhenhua, 2025) en estudios similares, quienes atribuyen esta homogeneidad al hecho de que los bioles, independientemente de su origen, cubren las demandas del cultivo en suelos con fertilidad moderada (MO = 1,71 %). Asimismo, Xiao et al. (Chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizers increases cauliflower yield via regulation of soil biochemical properties and bacterial communities in Northwest China, 2022) reportaron que la aplicación de biofertilizantes orgánicos en brócoli produce respuestas uniformes en el diámetro de la pella cuando el suelo presenta condiciones nutricionales basales adecuadas, como las del presente ensayo.

El diámetro promedio alcanzado en los tratamientos con biol (≈ 16,84 cm) se ubica dentro del rango de categoría extra (15 – 18 cm) según los estándares de Conversa et al. (Harvest Season and Genotype Affect Head Quality and Shelf-Life of Ready-to-Use Broccoli, 2020), lo que evidencia que la bioestimulación orgánica mejora la calidad comercial del producto y su potencial de acceso a mercados más exigentes.

El predominio en número del tratamiento T8 (B3D2: Biol Ovino, 2 L) indica que la combinación de estiércol ovino con una dosis intermedia podría ofrecer una ventaja en la compactación de la pella, posiblemente debido a la relación equilibrada de fósforo, calcio y potasio que contiene este biol, elementos implicados en la formación de tejidos y en la resistencia estructural de la inflorescencia (Soto et al., 2021). Sin embargo, al no ser estadísticamente diferentes de la mayoría de los tratamientos, se puede concluir que todos los bioles analizados, en las dosis bajo evaluación, se consideran como alternativas para aumentar

el diámetro de la pella cuando se los compara con el testigo sin fertilización orgánica.

10.6 Peso de la cosecha

El análisis de varianza registró un coeficiente de variación de 7,59 %, valor que se encuentra dentro del rango aceptable para experimentos de campo, lo que indica una precisión experimental adecuada y un control satisfactorio de las condiciones de manejo.

Como se observa en la Tabla 50, el factor Biol no presentó diferencias estadísticas significativas (p = 0,7267), lo que indica que el tipo de estiércol utilizado para la elaboración del biol no influyó de manera diferenciada sobre el peso de la pella. Por el contrario, el factor Dosis resultó significativo, evidenciando que la concentración de biol aplicada afecta el peso final de la inflorescencia. La interacción Biol × Dosis no fue significativa (p = 0,3125), lo que sugiere que el efecto de la dosis es consistente a través de los diferentes tipos de biol.

Sin embargo, el contraste Factores vs. Testigo resultó altamente significativo con una diferencia estimada de 0,11 kg (110 gramos) a favor de las plantas tratadas con bioles. Este valor representa un incremento relativo de aproximadamente 21 % respecto al testigo (0,52 kg), lo que demuestra el efecto positivo y sustancial de la bioestimulación orgánica sobre el rendimiento comercial del cultivo.

Tabla 50

Análisis de varianza (ADEVA) para la variable peso de cosecha (kg)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Total	0.1900	29				
Biol	0.0018	2	0.00091	0.325	0.7267	ns
Dosis	0.0100	2	0.01000	3.571	0.0494	*
Biol × Dosis	0.0100	4	0.00360	1.286	0.3125	ns
Factores vs Testigo	0.1100	1	0.11000	39.32	< 0.0001	**
Error	0.0500	18	0.00280			
CV (%)	7.59					

Fuente: Elaboración propia.

10.6.1 Comparación de medias (Tukey, α = 0,05)

Dado que el factor Dosis resultó significativo, se aplicó la prueba de comparación de medias de

Tukey para identificar diferencias entre los tres niveles de concentración (Tabla 51). La dosis D1 (1 L biol / 10 L agua) presentó el mayor peso promedio de pella (0,74 kg), siendo estadísticamente superior a la dosis D3 (3 L / 10 L agua). Caso tratamiento D2 (2 L / 10 L agua) hubo una posición entre las dos sin diferencias estadísticamente significativas de ninguna era.Este patrón indica que concentraciones moderadas a bajas de biolmax pueden optimizar el desempeño, mientras que concentraciones mayores podrían afectar a través de un efecto de dilución o, leve, fitotoxicidad

Tabla 51

Comparación de medias para el factor Dosis (kg) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

Dosis	Descripción	Media (kg)	n	E.E.	Grupo Tukey
D1	1 L biol / 10 L agua	0.74	9	0.02	A
D2	2 L biol / 10 L agua	0.73	9	0.02	AB
D3	3 L biol / 10 L agua	0.69	9	0.02	B

Fuente: Elaboración propia.

10.6.2 Comparación del contraste Factores vs. Testigo

La comparación entre el grupo de tratamientos con biol y el control sin la aplicación de tratamiento está contenida en la Tabla 52. La disparidad de 0,11 kg fue estadísticamente significativa ($p < 0,0001$), representando un aumento relativo del 21 % en el peso de la pella. Este valor es relevante desde un punto de vista agronómico ya que supera el umbral de 0,5 kg por pella, que es la mínima norma establecida para su comercialización en los mercados frescos de alto nivel.

Tabla 52

Comparación de medias para el contraste Factores vs. Testigo (kg) mediante la prueba de Tukey (α = 0,05)

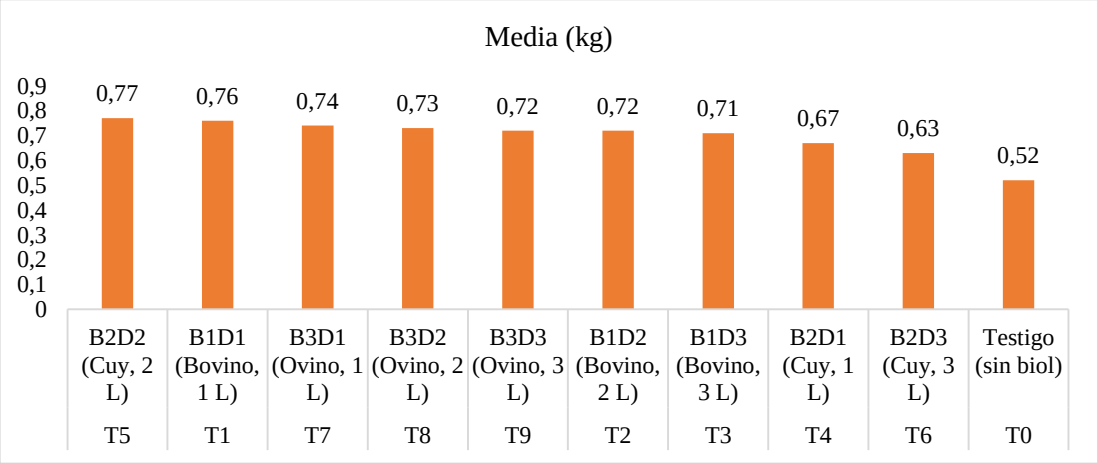
Grupo	Media (kg)	n	E.E.	Grupo Tukey
Factores (bioles)	0.702	27	0.010	A
Testigo	0.519	3	0.031	B

10.6.3 Comportamiento del peso de cosecha por tratamiento

En la Figura 29 se observa el peso promedio de la pella para cada uno de los diez tratamientos evaluados. El testigo (T0) presenta el menor peso (0,52 kg), mientras que todos los tratamientos con biol superan este valor. Destacan los tratamientos T5 (B2D2) y T1 (B1D1) con los mayores pesos (0,77 y 0,76 kg, respectivamente), seguidos por T7 (B3D1) y T8 (B3D2). La variabilidad observada entre los tratamientos con biol es reducida, lo que refleja la homogeneidad en la respuesta a la bioestimulación, independientemente de la fuente o dosis.

Figura 29

Peso de cosecha (kg) del cultivo de brócoli



10.7 Discusión del peso de la cosecha

El peso de la pella es la medida de rendimiento comercial más directa, ya que equivale a lo que se acumula en el órgano de cosecha. Al igual que el diámetro, la relación Factores vs. En el testigo (sin tratamiento) el peso de la planta fue de 0,52 kg, en el tratamiento con bioles el peso fue 0,11 kg (21 %) por encima del testigo, de acuerdo a lo reportado por Mohamed et al. (Phosphorus and Biofertilizer Application Effects on Growth Parameters, Yield and Chemical Constituents of Broccoli, 2021), quienes reportaron incrementos en el peso de las inflorescencias de brócoli tras la aplicación de biofertilizantes.

A diferencia del diámetro, el factor Dosis fue significativo, con la dosis baja (D1: 1 L / 10 L) siendo superior al alta (D3: 3 L / 10 L). Fisiológicamente, el peso de la pella depende del llenado de los botones florales con carbohidratos solubles, proceso que podría estar influenciado por concentraciones adecuadas de sales o un desequilibrio hormonal que impida

la translocación de asimilados (Rouphael & Colla, 2020a). Este patrón reafirma la recomendación para usar dosis moderadas (1–2 L / 10 L) para maximizar el rendimiento.
La falta de diferencias entre tipos de biol ($p = 0,727$) y la interacción Biol × Dosis ($p = 0,3125$) no significativa que indica que todas las fuentes orgánicas consideradas son igualmente eficaces en la mejora del peso de la pella. El peso medio de los tratamientos con biol (0,702 kg) está muy por encima del límite de 0,5 kg para la categoría extra en los mercados frescos (Conversa et al., 2020), lo cual indica que los bioles constituyen una opción factible y sostenible para la producción de brócoli en zonas altoandinas, al disminuir la dependencia de fertilizantes químicos y aumentar la rentabilidad del cultivo.

10.8 Caracterización fisicoquímica de los bioles

Se analizaron la composición química y las propiedades nutricionales de los bioles para evaluar la posibilidad de nutrición química y su potencial como bioestimuladores en agricultura, dado que contienen y suministran nutrientes minerales que son participantes activos en los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas. La determinación de parámetros tales como el pH, la conductividad eléctrica, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y la materia orgánica evidenció las propiedades químicas de cada biol, lo que permitió establecer la disponibilidad de elementos indispensables y vincular la aportación nutricional con procesos agronómicos como el crecimiento foliar, la síntesis de proteínas y el desarrollo radicular en el cultivo de brócoli.

10.8.1 Biol bovino

El estudio fisicoquímico del biol hecho con estiércol bovino; mostró un pH de 6.72, cifra que está dentro del rango apropiado para promover la actividad microbiológica en el suelo y la disponibilidad de nutrientes. Este se encuentra dentro del valor próximo de un pH de 6,90 que se considera ideal según (Muñoz et al., 2022a) . La conductividad eléctrica de 3,98 mS/cm señala una concentración media de sales solubles, El contenido total de nitrógeno (0,79 %) muestra que se tiene una buena capacidad para fomentar el crecimiento vegetativo. En cambio, el fósforo (0,41 % P_2O_5) y el potasio (0,51 % K_2O) tuvieron cifras más altas a las de varios biofertilizantes que se lograron por digestión anaerobia; en este proceso, los nutrientes aumentan gradualmente durante la fermentación (Ramírez et al., 2023b). Además, el 11,20 % de materia orgánica indica una alta concentración de compuestos orgánicos que ayudan a mejorar las características físicas, químicas y biológicas. En general, el estiércol bovino tiene

propiedades químicas apropiadas para su aplicación como biofertilizante en la producción de brócoli, proporcionando nutrientes fundamentales y materia orgánica que favorecen el crecimiento.

Tabla 53

Análisis del Biol bovino

Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Técnica analítica**
pH	6,72	unidades de pH	Potenciométrico
Conductividad eléctrica (CE)	7,28	mS/cm	Conductimétrico
Nitrógeno (N)	0,59	%	Kjeldahl
Fósforo (P_2O_5)	0,36	%	Colorimétrico
Potasio (K_2O)	0,19	%	Absorción atómica
Materia orgánica (M.O.)	13,16	%	Walkley & Black

Fuente:. Adaptado de TotalChem (Informes de análisis fisicoquímico de bioles, 2026). Véase el Anexo 7.

10.8.2 Biol de cuy

El estudio Fisicoquímico del biol hecho con estiércol de cuy; mostró un pH de 7,03, lo que indica una situación neutra que favorece la estabilidad del producto y la presencia de nutrientes para las plantas. Este se encuentra dentro del intervalo reportado para bioles obtenidos a través de un proceso anaeróbico, cuyos valores próximos a 6,9-7,0 que se consideran ideales (Ramírez et al., 2023c). La conductividad eléctrica de 10,58 mS/cm también indica una alta concentración de sales minerales y nutrientes solubles, similar a otros bioles que presentan valores de hasta 16,32 mS/cm analizados científicamente(Ramírez et al., 2023c).

El fósforo (0,64 % de P_2O_5) y el potasio (0,59 % de K_2O) proveen nutrientes fundamentales que están vinculados al desarrollo de las raíces, la transferencia de energía, la regulación del agua y la calidad del cultivo. Por otro lado, el contenido total de nitrógeno (1,38 %) es adecuado para fomentar tanto el crecimiento vegetativo como la formación de biomasa (Colchado et al., 2021). Por otro lado, se observó que la materia orgánica era del 14,17 %, lo cual es un valor alto. Esto favorece la actividad de los microorganismos que ayuda a mejorar la fertilidad del suelo. En general, con lo que han señalado varios estudios: los bioles con pH próximo a la neutralidad y

contenidos apropiados de N, P y K tienen un gran potencial agronómico. Por lo cual, el biol de cuy analizado puede ser una opción factible para complementar la nutrición del cultivo de brócoli, impulsando su crecimiento y productividad.

Tabla 54

Análisis del Biol de cuy

Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Técnica analítica**
pH	7,028	unidades de pH	Potenciométrico
Conductividad eléctrica (CE)	10,58	mS/cm	Conductimétrico
Nitrógeno (N)	1,38	%	Kjeldahl
Fósforo (P_2O_5)	0,64	%	Colorimétrico
Potasio (K_2O)	0,59	%	Absorción atómica
Materia orgánica (M.O.)	14,17	%	Walkley & Black

Fuente: Adaptado de TotalChem (Informes de análisis fisicoquímico de bioles, 2026). Véase el Anexo 8.

10.8.3 Biol ovino

El estudio químico del biol hecho con estiércol de oveja mostro un pH de 6,49 valor que se encuentra dentro del rango óptimo para la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de la actividad microbiológica del suelo, este resultado es similar a los valores reportados en biofertilizantes orgánicos (Ramírez et al., 2023d), que detectaron niveles de pH próximos a 6,0 y 7,5 en biofertilizantes orgánicos, lo que señala una estabilidad apropiada del proceso fermentativo. La conductividad eléctrica de 3,98 mS/cm fue inferior a la observada en otros bioles de origen pecuario.

Esto sugiere una concentración reducida de sales solubles y disminuye el riesgo de provocar problemas de salinidad en el cultivo. El contenido de nitrógeno total (0,79 %) superó el que se halló en el biol bovino examinado anteriormente y está dentro de los límites reportados para biofertilizantes producidos con estiércol animal. Esto indica que tiene un buen potencial para promover el crecimiento vegetativo de las plantas. Además, la concentración de fósforo (0,41 % de P_2O_5) fue un poco mayor que la hallada en otros bioles , lo cual proporciona nutrientes imprescindibles para el desarrollo de raíces, el potasio con (0,51 % K_2O) era uno de sus

elementos más relevantes, con una concentración mayor a la de numerosos biofertilizantes orgánicos (Bañuelos-Valenzuela et al., 2026).

En cuanto a la materia orgánica, esta llegó al 11,20 %, el valor obtenido indica una alta presencia de compuestos orgánicos beneficiosos para el suelo. En esos estudios se resalta el aporte de la materia orgánica a la optimización de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Muñoz et al., 2022b).

Tabla 55

Análisis del Biol ovino

Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Técnica analítica**
pH	6,49	unidades de pH	Potenciométrico
Conductividad eléctrica (CE)	3,98	mS/cm	Conductimétrico
Nitrógeno (N)	0,79	%	Kjeldahl
Fósforo (P_2O_5)	0,41	%	Colorimétrico
Potasio (K_2O)	0,51	%	Absorción atómica
Materia orgánica (M.O.)	11,20	%	Walkley & Black

Fuente:. Adaptado de TotalChem (Informes de análisis fisicoquímico de bioles, 2026). Véase el Anexo 9.

10.9 Beneficio costo de producción

10.9.1 Costos totales de producción por tratamiento

Tabla 56

Análisis de costos, rendimiento e indicadores económicos por tratamiento

Trat.	**CF (USD)**	**CV (USD)**	**CT (USD)**	**Producción (kg)**	**Precio (USD/kg)**	**Ingreso (USD)**	**B/C**
T1	260,75	4,67	265,42	610	0,80	488,00	1,84
T2	260,75	9,33	270,08	585	0,80	468,00	1,73
T3	260,75	13,99	274,74	595	0,80	476,00	1,73
T4	260,75	4,17	264,92	570	0,80	456,00	1,72
T5	**260,75**	**8,33**	**269,08**	**630**	**0,80**	**504,00**	**1,87**
T6	260,75	12,50	273,25	550	0,80	440,00	1,61

T7	260,75	4,19	264,94	600	0,80	480,00	1,81
T8	260,75	8,38	269,13	590	0,80	472,00	1,75
T9	260,75	12,57	273,32	565	0,80	452,00	1,65

Fuente: Elaboración propia.

El tratamiento T5 (Biol de cuy + 2 L/10 L de agua) mostró la mejor relación beneficio/costo (B/C) de 1,87, donde cada dólar invertido se recuperó 1,87 USD. El tratamiento T6 tuvo una menor relación B/C (1,61) porque tuvo una menor producción y mayores costos de producción. En general, todos los tratamientos tuvieron una razón B/C mayor que 1, lo que indica que el cultivo fue económicamente rentable.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Impactos Ambientales

El Biol produce un efecto favorable en el suelo, ya que reduce la aplicación de químicos que pueden perjudicar el suelo y agua. Su uso ayuda a aumentar la fertilidad, el vigor biológico y a obtener un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. En ese aspecto, la ciencia promueve el desarrollo de prácticas agrícolas más respetuosas con el ambiente, basadas en la conservación del suelo.

11.2. Impactos Técnicos

La utilización de biol como fertilizante favoreció el manejo agronómico en cultivos de brócoli, evidenciándose que se puede mejorar su crecimiento y rendimiento de las plantas a través de alternativas naturales. Los resultados obtenidos contribuyen con información técnica aplicable a productores y estudiantes para ayudar a que se promuevan prácticas sustentables en sistemas de producción.

11.3. Impactos Sociales

El empleo de biol implica una opción accesible para los productores debido a que puede manufacturarse con materiales que se encuentran en la zona, disminuyendo la necesidad de insumos foráneos. De esta manera se fortalece el conocimiento local y se promueve una agricultura más económica y segura que contribuye a mejorar la producción.

11.4. Impactos Económicos

En términos económicos, el uso del biol hizo posible disminuir los costos de producción y aumentar la rentabilidad de las especies analizadas. Los tratamientos que mostraron mayores rendimientos reportaron los más altos índices de beneficio/costo, indicando que la aplicación de fertilizantes orgánicos tiene potencial para proporcionar mayores ingresos y una mejor recuperación de la inversión, asistiendo a la sostenibilidad económica del sistema de producción.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Los costos de implementación del huerto incluyeron la compra de materiales, herramientas e insumos necesarios dando un total de una inversión inicial de **270.65**.

Tabla 57

Costos de implementación del huerto experimental

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL HUERTO				
Tanque de 30	L	3	20	60
Tijeras	Uds.	1	2.25	2.25
Rollo de Piola	M	1	1.5	1.5
Cinta Métrica	M	1	1.5	1.5
Jarra Plástica	L	1	1.5	1.5
Rollo de plástico	M	1	1	35
Estacas	Uds.	40	0.25	10
Guantes de nitrilo	Uds.	1	1.5	1.5
Análisis de Suelo	Uds.	2	30	60
Análisis de Biol	Uds.	3	30	90
Plántulas de brócoli	Uds.	370	0.03	7.4
			SUMA	270.65

Nota. Elaboración propia.

12.1. Presupuesto del Biol bovino

El costo de producción del biol de bovino se determinó a partir del uso de materias primas orgánicas como estiércol de vaca, entre otras que se mencionan en la tabla 58 con una inversión total de **9.33 USD**

Tabla 58

Costo de producción del biol bovino

COSTO DE PRODUCCIÓN DE BIOL				
MATERIA PRIMA DIRECTA (M.P.D.)	Unidad	Cantidad	Precio unitario - dólares	Precio total - dólares
Estiércol de vaca	Kg	10	0.35	3.25
Suero	L	1.5	0.5	0.75
Levadura	Kg	0.5	3.5	1.75
Alfalfa	Kg	1.5	0.22	0.33
Melaza	L	1.5	0.5	0.75
Ceniza	Kg	0.75	3	2.25
		SUMA		9,33

Fuente:. Elaboración propia.

12.2. Presupuesto del Biol de cuy

El costo de producción del biol de Bovino se determinó a partir del uso de materias primas orgánicas como estiércol de cuy entre otras que se menciona en la tabla 59 con una inversión total de **8.33 USD**.

Tabla 59

Costo de producción del biol de cuy

COSTO DE PRODUCCIÓN DE BIOL				
MATERIA PRIMA DIRECTA (M.P.D.)	Unidad	Cantidad	Precio unitario - dólares	Precio total - dólares
Estiércol de Cuy	Kg	10	0.25	2,50
Suero	L	1.5	0.5	0.75
Levadura	Kg	0.5	3.5	1.75
Alfalfa	Kg	1.5	0.22	0.33
Melaza	L	1.5	0.5	0.75
Ceniza	Kg	0.75	3	2.25
		SUMA		8,33

Fuente: Elaboración propia.

12.3. Presupuesto del Biol ovino

El costo de producción del biol de Bovino se determinó a partir del uso de materias primas orgánicas como estiércol de vaca entre otras como se muestra en la tabla 60 con una inversión total de **8.83 USD.**

Tabla 60

Costo de producción del biol ovino

COSTO DE PRODUCCIÓN DE BIOL				
MATERIA PRIMA DIRECTA (M.P.D.)	Unidad	Cantidad	Precio unitario - dólares	Precio total - dólares

Estiércol de Oveja	Kg	10	0.30	3
Suero	L	1.5	0.5	0.75
Levadura	Kg	0.5	3.5	1.75
Alfalfa	Kg	1.5	0.22	0.33
Melaza	L	1.5	0.5	0.75
Ceniza	Kg	0.75	3	2.25
		SUMA		8,83

Fuente: Elaboración propia.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

El factor Dosis presentó diferencias estadísticas significativas en las variables largo de la hoja ($p = 0,03$) y ancho de la hoja ($p = 0,01$) a los 75 días después del trasplante. De igual manera, en el peso de la cosecha se observaron diferencias significativas, con la dosis baja (D1: 1 L de biol/10 L de agua) que presentó un mayor peso que la dosis alta (D3: 3 L de biol/10 L de agua). El Factores vs. Testigo mostró diferencias altamente significativas, lo que evidencia que la aplicación de bioles favoreció el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de brócoli respecto al tratamiento sin aplicación. Sin embargo, el factor Biol y la interacción Biol × Dosis no presentaron diferencias estadísticas significativas durante la etapa vegetativa del cultivo.

El análisis fisicoquímico de los bioles permitió determinar variaciones en su composición nutricional, destacando el biol de cuy por presentar los mayores contenidos de fósforo (0,64 % de P_2O_5), potasio (0,59 % de K_2O), nitrógeno (1,38 %) y materia orgánica (14,17 %), en comparación con los bioles de bovino y ovino. En consecuencia, los pH de los tres bioles fueron 6.49 – 7.03, lo que indica una condición próxima a la neutralidad que es recomendable para la estabilidad y uso de los biofertilizantes líquidos. Estos resultados coinciden con los reportes técnicos de la FAO y manuales especializados en la elaboración de bioles por

fermentación anaerobia, que respalda la calidad agronómica de los bioinsumos evaluados y su posibilidad de aplicación en sistemas de producción agrícola sustentable.

En la relación entre la cosecha y el costo beneficio, el tratamiento T5 (B2D2: Biol Cuy 2 L) mostró el mejor rendimiento con 1.87 dólares por cada dólar de costo, seguido por T1 (B1D1: Biol Bovino 1 L) con 1.61 dólares, indicando que aunque no se aprecien diferencias en los análisis agronómicos, una dosis correcta de biol puede aumentar la producción y la rentabilidad.

13.2 Recomendaciones

Considerando que la aplicación de los bioles no presento diferencias significativas en la mayoría de las variables, se recomienda el uso como un fertilizante complementario y no como una estrategia para satisfacer la nutrición del cultivo.

Se recomienda realizar nuevas investigaciones considerando diferentes dosis, concentraciones y periodos evaluando mayores dosis, diferentes concentraciones o períodos de aplicación, con el fin de establecer condiciones más adecuadas que pueda expresar efectos agronómicos más notorios

Se sugiere a los productores considerar el uso de bioles como una práctica complementaria de manejo nutricional, destacando su bajo costo de elaboración y su aporte a la fertilidad del suelo, contribuyendo al desarrollo de los sistemas de producción.

14. BIBLIOGRAFIA

Alcázar, M. A., Torres, J. R., & Espinosa, F. (2024). Uso de biol de cuy como bioestimulante para la mitigación del estrés térmico e hídrico en cultivos hortícolas. *Revista de Biotecnología y Fitopatología Agropecuaria*.

Andrade-Chávez, M., & Solórzano, F. (2025). Fisiología de la maduración vegetativa y dinámicas de fuente-demanda en hortalizas de inflorescencia. *Investigación Agronómica Andina*.

Andrade-Hoyos, P. &.-C. (2020). Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante. *Boletín de Fisiología y Nutrición Vegetal*.

Andrade-Hoyos, P., & Martínez-Castro, C. (2020). Dinámica radicular y asimilación de nutrientes orgánicos en hortalizas bajo estrés de trasplante. *Boletín de Fisiología y Nutrición Vegetal*.

Andrango. (2026).

Andrango. (2026).

Apaez Becerril, M. (2023). Propiedades químicas de los bioinsumos líquidos y su influencia en la respuesta fisiológica de las plantas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*.

Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., & Echavarría-Cházaro, F. (2024). Caracterización fisicoquímica de biofertilizantes de origen pecuario y su aporte de potasio en suelos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15*(3), 45-58.

Barrow, N., & Hartemink, A. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil, 487*(1), 21-37. https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5

Bióloga. (2020). Morfología y descripción anatómica de las hojas en Brassica oleracea var. italica. *Actualidades Biológicas*.

Çaçan, E., & Kökten, K. (2024). Nutritional value and mineral composition of alfalfa (Medicago sativa L.) genotypes. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*.

Castillo-Rojas, R., & Medina, V. (2024). Respuestas morfo-fisiológicas y cinética de expansión foliar en el cultivo de brócoli bajo fertilización orgánica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria Internacional*.

Castro-Mendoza, H. R.-S.-B. (2022). Monitoreo fenológico inicial y respuesta de Brassicas a la aplicación de bioinsumos líquidos interandinos. *Revista de Investigaciones Hortícolas del Ecuador*.

Castro-Mendoza, H., & Revelo-Sánchez, L. (2022). Monitoreo fenológico inicial y respuesta de Brassicas a la aplicación de bioinsumos líquidos interandinos. *Revista de Investigaciones Hortícolas del Ecuador*.

Catota Ramos, W., & Ramírez Sabando, J. (2020). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. Avenger Sakata) con dos abonos. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Chiluisa Andrade, M. E. (2022). Evaluación de requerimientos edafoclimáticos y manejo agronómico del cultivo de brócoli. *Revista Técnica de Ciencias Agropecuarias*.

Chimbo Cabascango, F. E. (2023). Caracterización bromatológica y aportes de macronutrientes en estiércoles orgánicos de la zona andina. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas*.

Colchado, D., Ramos, L., & Vega, C. (2021). Contenido de nitrógeno en biofertilizantes líquidos y su relación con el crecimiento vegetativo de hortalizas. *Scientia Agropecuaria, 12*(4), 511-520.

Conversa, G., Bonasia, A., & Elia, A. (2020). Factores nutricionales y manejo agronómico en la calidad comercial y compactación de la pella de brócoli. *Scientia Horticulturae*.

Conversa, G., Lazzizera, C., Bonasia, A., & Elia, A. (2020). Harvest Season and Genotype Affect Head Quality and Shelf-Life of Ready-to-Use Broccoli. *Agronomy, 10*(4), 527. https://doi.org/10.3390/agronomy10040527

Cultivo De Brócoli. (2024). Morfología y fases de desarrollo de las plántulas de Brassica oleracea. *Guías Agronómicas Comerciales*.

de Oliveira, R. (2025). Bioestimulantes de origen orgánico y su efecto en el establecimiento inicial de brasicáceas. *Revista Brasileira de Agroecologia, 20*(1), 33-47.

Demir, H., Sönmez, İ., Uçan, U., & Akgün, İ. (2023). Biofertilizers improve the plant growth, yield, and mineral concentration of lettuce and broccoli. *Agronomy, 13*(8), 2031. https://doi.org/10.3390/agronomy13082031

Ekbic, E., & Kose, M. (2024). Effects of nitrogen and phosphorus levels on growth and yield parameters of broccoli. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *12*(2), 210-218.

FAO. (2020). Parámetros de calidad y rendimiento en la producción de semillas de hortalizas. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

FAO. (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2022). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022.* Roma: FAO.

FAO. (2023). *Producción sostenible de hortalizas y manejo agroecológico.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gallo, P. (2023). Morfología vegetal y desarrollo fisiológico del cultivo de brócoli. *Journal of Agricultural Science*, 112-124.

Gavilánez-Luna, M. &.-M. (2024). Fisiología del desarrollo en el cultivo de brócoli: Efectos de bioestimulantes sobre la arquitectura de la planta y rendimiento. *Actualidad Científica Hortícola*.

Gavilánez-Luna, M., & Castro-Molina, J. (2024). Fisiología del desarrollo en el cultivo de brócoli: Efectos de bioestimulantes sobre la arquitectura de la planta y rendimiento. *Actualidad Científica Hortícola*.

Google. (2026). Google Earth. Google.

Guzmán-Cevallos, R. (2025). Cinética del filocrono y ontogenia foliar en Brassica oleracea bajo esquemas nutricionales foliares. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas del Ecuador*.

INIAP. (2021). *Manejo sostenible de cultivos hortícolas en Ecuador.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Issah, M., Yakubu, A., & Mensah, S. (2020). Fijación biológica de nitrógeno y aportes de Medicago sativa en la fertilidad del suelo. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.

Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature, 528*(7580), 60-68. https://doi.org/10.1038/nature16069

MAG. (2020). *Estadísticas agropecuarias del cultivo de brócoli en Ecuador.* Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Menacé-Almea, L. M., Silva, J. C., & Castro, R. (2024). Efecto de la aplicación de ceniza vegetal en la neutralización del aluminio tóxico y mejora del pH del suelo. *Revista de Ciencias Agroquímicas y Suelos*.

Mendoza-Castro, J. (2025). Dinámica de expansión foliar e interceptación lumínica en crucíferas bajo esquemas de nutrición orgánica. *Journal of Agricultural and Biosystems Sciences*.

Mohamed, M. H., Ali, M., Eid, R. S., El-Desouky, H. S., Petropoulos, S. A., Sami, R., Al-Mushhin, A. A., Ismail, K. A., & Zewail, R. M. (2021). Phosphorus and Biofertilizer Application Effects on Growth Parameters, Yield and Chemical Constituents of Broccoli. *Agronomy, 13*(11), 2210. https://doi.org/10.3390/agronomy11112210

Mora-Alvarado, G., & Vallejo-Torres, S. &. (2023). Mecanismos fisiológicos del crecimiento vegetal inducido por el uso de bioles y abonos fermentados. *Actualidad Científica y Agropecuaria*.

Mora-Alvarado, G., & Vallejo-Torres, S. (2023). Mecanismos fisiológicos del crecimiento vegetal inducido por el uso de bioles y abonos fermentados. *Actualidad Científica y Agropecuaria*.

Morales-Alvarado, F. (2024). Interacciones hormonales y nutricionales en la filocronía de hortalizas bajo fertilización foliar dirigida. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition Research*.

Muñoz, J., Herrera, P., & Salcedo, M. (2022). Aporte de la materia orgánica de bioinsumos a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Revista de Ciencias Agrícolas, 39*(2), 145-159.

Muñoz, J., Herrera, P., & Salcedo, M. (2022). Propiedades químicas y pH óptimo de biofertilizantes líquidos aplicados en hortalizas. *Revista de Ciencias Agrícolas, 39*(1), 88-101.

Ntalli, N., Adams, R., & Smith, J. (2019). Efecto del suero lácteo en la actividad enzimática y la mineralización de nutrientes en el suelo. *Soil Biology and Biochemistry*.

Ortiz Freire, L. J. (2023). Composición química y evaluación bromatológica de abonos orgánicos de origen ovino en la región andina. *Revista de Investigación en Pastos y Nutrición Animal*.

Ortiz Ruiz, K. A. (2022). Análisis bromatológico y valor nutricional de subproductos orgánicos de origen pecuario. *Anales de la Ciencia Agraria Andina*.

Palacios-Valenzuela, R. (2024). Influencia de la dosificación de bioestimulantes sobre la morfología foliar y rendimiento en brasicas. *Revista Internacional de Agrociencia Aplicada*.

Paredes-Gavilánez, F., & Oña-Pérez, O. (2021). Evaluación de bioestimulantes artesanales y su efecto en la morfología de cultivos hortícolas en Cotopaxi. *Ciencias Agronómicas de la Zona Central*.

Paredes-Morales, F. &. (2022). Control local y homogeneidad del material vegetal en diseños experimentales de campo. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*.

Pei, B., Liu, T., Xue, Z., Cao, J., Zhang, Y., Yu, M., Liu, E., Xing, J., Wang, F., Ren, X., & Zhang, Z. (2025). Pei, Baolei; Liu, Ting; Xue, Ziyan; Cao, Jian; Zhang, Yunpeng; Yu, Mulan; Liu, Engang; Xing, Jincheng; Wang, Feibing; Ren, Xuqin; Zhang, Zhenhua. *Agriculture, 15*(10). https://doi.org/10.3390/agriculture15101066

Peralta, H. D., & Brito, M. A. (2024). Evaluación económica y agronómica del estiércol bovino como alternativa a la fertilización sintética. *Boletín Técnico del Sector Agropecuario*.

Pérez-Sánchez, R., Gómez, L. A., & Rodríguez, F. (s. f.). Caracterización química y valor nutricional de subproductos agroindustriales para la elaboración de bioinsumos. *Revista de Ciencias Agrícolas y Agropecuarias*.

Ramírez, J. A., González, L. M., & Pérez, F. (2023). Importancia agronómica y parámetros de calidad química de bioles aplicados en hortalizas de pella. *Revista Iberoamericana de Agroecología*.

Rengel, Z., Marschner, P., & Bolan, N. (2022). Cation balance and nutrient use efficiency in organically fertilized soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22*(3), 2887-2900.

Ríos-Lozano, M. O. (2024). Fisiología del trasplante y dinámica de emisión de nudos en brasicas bajo manejo orgánico inicial. *Ciencia y Práctica Agropecuaria*.

Rodríguez-Palleres, A., & Rojas-González, M. (2022). Desarrollo morfológico y componentes de rendimiento en el cultivo de brócoli. *Revista de Agronomía y Ciencia Vegetal*.

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 40-52.

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. *Agronomy, 10*(10), 1461. https://doi.org/10.3390/agronomy10101461

Salazar, J. M. (2024). Uso de abonos orgánicos pecuarios y su impacto en las propiedades físicas del suelo y fitorremediación. *Sustentabilidad y Agroecosistemas*.

Sánchez Toapanta, R. F. (2022). Manejo agronómico eficiente y adaptación del cultivo de brócoli en zonas altoandinas. *Revista de Investigación Agropecuaria de la Sierra*.

Sánchez-Gómez, J. C.-V. (2021). Establecimiento de líneas base y control del error experimental en ensayos de hortalizas interandinas. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agropecuarias*.

Sánchez-Gómez, J., & Castro-Valle, M. (2021). Establecimiento de líneas base y control del error experimental en ensayos de hortalizas interandinas. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agropecuarias*.

Sánchez-Gómez, L. R. (2024). Fisiología del establecimiento y respuestas morfológicas iniciales en brassicas bajo bioestimulación foliar. *Avances en Fisiología Vegetal Aplicada*.

Shabala, S., & Zörb, C. (2024). Nutrient balance and cation exchange capacity as determinants of crop growth and yield. *Plant, Cell & Environment*, *47*(4), 1120-1135.

Shan, X., Zhang, Y., & Liu, J. (2022). Desarrollo radicular y absorción de nutrientes en Brassica oleracea bajo diferentes regímenes hídricos. *2022*.

Sinche Villafuerte, G. L. (2022). Evaluación del estiércol de cuy en la elaboración de abonos orgánicos y su efecto en la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación Agropecuaria e Innovación*.

Soto, M., Vargas, L., & Castillo, P. (2021). Evaluación agronómica de bioles orgánicos en cultivos hortícolas. *Revista de Ciencias Agrícolas*.

Stephen, J., Roberts, D., & Clark, M. (2024). Uso de la melaza como fuente energética para microorganismos benéficos en la degradación de materia orgánica. *Journal of Agricultural and Environmental Biotechnology*.

TotalChem. (2026). *Informes de análisis fisicoquímico de bioles.* TotalChem.

UNEP. (2022). *Global Environment Outlook 2022.* United Nations Environment Programme.

Vargas, L. M., Castro, J. F., & Mendoza, R. (2024). Potencial de Saccharomyces cerevisiae en la fermentación de bioinsumos y promoción del crecimiento vegetal. *Revista Iberoamericana de Biotecnología Agrícol*.

Vargas-Mendoza. (2023). Fisiología del crecimiento inicial y desarrollo radicular en brásicas. *Revista de Ciencias Agrícolas y Biotecnología.*

Vargas-Mendoza, M. C. (2023). Homogeneidad fenotípica y dinámica del filocrono inicial en la evaluación experimental de hortalizas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UTC*.

Vázquez-González, C., Martínez, J. A., & López, M. (2020). Manual técnico para el manejo taxonómico y agronómico del cultivo de brócoli. *Revista Iberoamericana de Ciencias Agrícolas*.

Vela-Gutiérrez, G. (2020). Composición fisicoquímica y valor nutricional del suero de queso como subproducto agroindustrial. *Revista Chilena de Nutrición y Tecnología de Alimentos*.

Velasco-Méndez, R. (2021). Evaluación de fertilización orgánica foliar en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea). *Boletín de Agronomía y Fitotecnia.*

Velasco-Méndez, R. (2021). Respuestas morfológicas y asignación de biomasa en Brassicas bajo esquemas de fertilización orgánica foliar. *Revista de Investigaciones Agroecológicas Interandinas*.

Vignoni, L. A., Martinez, G. D., & Flores, R. (2023). Evaluación de bioles como bioestimulantes y su impacto en las propiedades fitosanitarias de cultivos hortícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*.

Villacís-Pérez, D. (2024). Dinámica de la senescencia foliar y persistencia del aparato fotosintético en crucíferas mediante bioestimulación. *Revista de Investigación Agronómica Latinoamericana*.

Villca, R., & Mendoza, A. (2022). Elaboración y aplicación de biofertilizantes fermentados en la agricultura andina. *Revista de Agroecología y Desarrollo Sostenible*.

Xiao, X., Li, J., Lyu, J., Feng, Z., Zhang, G., Yang, H., Gao, C., Jin, L., & Yu, J. (2022). Chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizers increases cauliflower yield via regulation of soil biochemical properties and bacterial communities in Northwest China. *Frontiers in Microbiology, 922149*, 13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.922149

Xu, C., & Geelen, D. (2018). Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. *Frontiers in Plant Science*.

Yıldırım, M. (2021). Nutritional composition and enzymatic profile of bakery yeast (Saccharomyces cerevisiae) in agricultural applications. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*.