



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CULTIVOS DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris*)
TRATADOS CON ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS TIPO BIOL PRODUCIDOS A BASE
DE RESIDUOS DE CANNABIS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales

AUTOR: KARLA MARLÉN HERRÁEZ GOMEZCOELLO

TUTORA: DRA. MYRIAM XIMENA MANCHENO CÁRDENAS

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Karla Marlén Herráez Gomezcoello con documento de identificación N° 0105417364 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



Karla Marlén Herráez Gomezcoello

0105417364

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Karla Marlén Herráez Gomezcoello con documento de identificación N° 0105417364, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Evaluación de la calidad de cultivos de frejol (*Phaseolus vulgaris*) tratados con abonos orgánicos líquidos tipo biol producidos a base de residuos de Cannabis”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



Karla Marlén Herráez Gomezcoello

0105417364

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Myriam Ximena Mancheno Cárdenas con documento de identificación N° 0602018160 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CULTIVOS DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris*) TRATADOS CON ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS TIPO BIOL PRODUCIDOS A BASE DE RESIDUOS DE CANNABIS, realizado por Karla Marlén Herráez Gomezcoello con documento de identificación N° 0105417364, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



Dra. Myriam Ximena Mancheno Cárdenas

0602018160

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar este trabajo a mi padre Carlos y mi dulce madre Marlene, mi Rosita, ojalá, Dios me permita recompensar todo el amor, confianza y fe que sus corazones pusieron en mí, porque incluso cuando yo me pensaba rendida, me levantaron y ayudaron a seguir adelante.

Agradecerles a mis hermanas Jérica y Cindy, mis compañeras de infancia, mis compinches, ellas me sacaron una sonrisa cuando yo veía todo tan oscuro. Ambas trajeron a mi vida unos sobrinos que han suavizado mi corazón y me han hecho amar la vida.

A mi mejor amiga Carolina Maldonado y a toda su familia que me abrieron las puertas de su casa y me brindaron todo lo que estuvo en sus manos para que yo pudiera terminar esta última etapa que, aunque pareció eterna fue mucho más llevadera gracias a su compañía.

A personas como el Med. Jefferson, la Ing., María Esthela y el MVZ. Byron quiero decirles que los guardo en lo profundo de mi corazón por darme ese empujón necesario para tomar decisiones, dejar el miedo y ponerme manos a la obra para al fin ser ingeniera.

Con especial cariño agradezco a mi directora de tesis la Dra. Myriam Mancheno, a mi directora de carrera Dra. Inés Malo, al Ingeniero Jhison Romero y a tantos de mis profesores por brindarme su tiempo, por su confianza, por no abandonarme cuando extravié el camino, no habrá agradecimiento suficiente para todo lo que han hecho por mí.

Agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por ser el templo que en estos años permitió formar lo que soy ahora.

RESUMEN

Este trabajo tuvo como finalidad evaluar la capacidad de los residuos de Cannabis de ser utilizados como materia vegetal para la producción de abonos líquidos orgánicos tipo biol que aporten nutrientes al suelo mejorando la calidad de cultivos de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*). Se usó un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, los datos pasaron la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y mediante el software estadístico R, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para saber si existía diferencia significativa entre sus medias. Con ayuda de la prueba de t de Welch se estableció que media es diferente y luego se utilizó la prueba de Tukey para comparar los tratamientos entre sí, demostrando cual aporta mejor calidad en sus cultivos. Las características que presentaron diferencias significativas fueron la altura: testigo (48,43cm), tratamiento A1 (51,57 cm), tratamiento A2 (53.05 cm), el número de flores: testigo (23,43), tratamiento A1 (31,76), tratamiento A2 (33,67); y el grosor del tallo: testigo (1,96 cm), tratamiento A1 (2,09 cm), tratamiento A2 (2.01 cm); lo que junto con los análisis físico-químicos realizados a los bioles, al suelo antes y después de los tratamientos y las características observables en la recolección de datos permiten concluir que el tratamiento con biol A2 desarrolló en los cultivos de frejol mejores características resultando en cultivos de mejor calidad.

Palabras claves: biol, Cannabis, frejol

ABSTRACT

This study evaluates the ability of use Cannabis residue like organic matter to produce biol-type organic liquid fertilizers that can contribute with nutrients to the floor improving the quality of bush bean crops (*Phaseolus vulgaris*). For the study, we used an experimental design random with 3 repetitions, the data passed the test Shapiro Wilk of normality and using the R statistical software, an analysis of variance was performed (ANOVA) to know if there was a significant difference between their means. With the help of the Welch's t test, it was established which mean is different y then was used the Tukey's test to compare the treatments with each other, demonstrating which one contributes better quality to the crops. The characteristics that present significative differences was the height: witness (48,43 cm), treatment A1 (51,57 cm), treatment A2 (53,05 cm); number of flowers: witness (23,43), treatment A1 (31,76), treatment A2 (33,67); and stem thickness: witness (1,96 cm), treatment A1 (2,09 cm), treatment A2 (2,01 cm); these and the physical-chemical analysis that was made in the 3 types of boils, in the floor before and after of the treatments and the observable characteristics in the recollection of the data allow to conclude that the treatment with Biol A2 develop in the crops of beans better characteristics resulting in better quality crops.

Keys words: biol, Cannabis, beans.

ÍNDICE

Índice de Contenido

Introducción	15
1.1. Problema.....	15
1.1.1. Importancia y alcances	16
1.2. Delimitación	17
1.2.1. Delimitación geográfica (espacial), temporal, sectorial e institucionalmente	18
1.3. Pregunta de investigación.....	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. General	19
1.4.2. Específicos.....	20
1.5. Hipótesis.....	20
Fundamentación Teórica	21
2.1. Industria del Cannabis	21
2.1.1. Descripción Botánica	22
2.1.2. Normativa Vigente	23
2.1.3. Productos obtenidos de la industria.....	24
2.1.4. Residuos de la industria.....	25
2.2. Métodos utilizados para tratar los residuos del Cannabis	26
2.3. Fertilizante orgánico líquido o Biol.....	27
2.3.1. ¿Qué es el Biol?.....	27
2.3.2. ¿Cómo se prepara el Biol?.....	28
2.3.3. Ventajas del Biol	29
2.3.4. Desventajas del Biol	30
2.4. Generalidades del frejol.....	31
2.4.1. Descripción Botánica	31
2.4.2. Requerimientos del Cultivo.....	31
2.4.3. Tratamiento de las semillas y siembra.....	32
2.5. Agricultura de Invernadero	33
2.5.1. ¿Qué es un invernadero?	33

2.5.2. Clasificación de invernadero	34
2.5.3. Ventajas de la agricultura de invernadero	35
Materiales y Métodos	37
3.1. Materiales	37
3.1.1. Implementos para ensamblaje del biodigestor.....	37
3.1.2. Insumos para producción del biol.....	37
3.1.3. Implementos para construcción de invernadero	38
3.1.4. Material vegetal.....	39
3.2. Métodos.....	39
3.2.1. Protocolo de ensamblaje del biodigestor.....	39
3.2.2. Protocolo de preparación del Biol	39
3.2.3. Protocolo de filtrado del Biol	40
3.2.4. Prueba de densidad de los bioles	40
3.2.5. Prueba de conductividad y pH.....	41
3.2.6. Prueba de contenido de N, P y K.....	42
3.2.7. Protocolo de ensamblaje del invernadero.....	42
3.2.8. Protocolo de preparación del terreno y siembra	43
3.2.9. Protocolo de colocación del biol	43
3.3. Diseño.....	44
3.4. Población y muestra	45
3.5. Variables.....	45
3.6. Recogida de datos.....	45
3.7. Protocolos.....	46
Resultados y Discusión	47
4.1. Análisis de Datos.....	47
4.1.1. Protocolo de ensamblaje del biodigestor.....	47
4.1.2. Protocolo de preparación del Biol	47
4.1.3. Protocolo de filtrado del Biol	48
4.1.4. Prueba de densidad de los bioles	48
4.1.5. Prueba de conductividad y pH.....	49
4.1.6. Prueba de contenido de N, P y K.....	50
4.1.7. Protocolo de ensamblaje del invernadero.....	52

4.1.8. Protocolo de preparación del terreno y siembra	52
4.1.9. Protocolo de colocación del biol	52
4.2. Presentación de los datos.....	53
4.2.1. Comparación del desarrollo del testigo en relación con los tratamientos	53
4.2.1.1. Altura	53
4.2.1.2. Hojas.....	55
4.2.2. Comparación del tamaño de hojas del testigo en relación con los tratamientos.....	57
4.2.3. Comparación de las características finales del testigo en relación con los tratamientos	59
4.2.3.1. Altura final.....	59
4.2.3.2. Hojas final	60
4.2.3.3. Flores final.....	61
4.2.3.4. Tallos final	62
4.2.3.5. Ramas final.....	63
4.2.4. Comparación de las características finales de los tratamientos	64
4.2.5. Comparación de los resultados de los análisis de suelos.....	66
4.2.6. Comparación de las características visuales de las plantas luego de la recolección.....	68
4.2.6.1. Testigo	68
4.2.6.2. Tratamiento A1	68
4.2.6.3. Tratamiento A2.....	68
4.2.6.4. Tratamiento G.....	69
4.3. Discusión	69
Conclusiones y Recomendaciones	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....	75
Anexos.....	79

Índice de Figuras

Figura 1.	Ubicación de la parroquia Baños.....	18
Figura 2.	Ubicación del terreno en la parroquia Baños.....	19
Figura 3.	Opciones de arreglo espacial de siembra.....	33
Figura 4.	Plano del invernadero	43
Figura 5.	Gráfico de caja del promedio de la altura en la semana 9	54
Figura 6.	Gráfico de caja del promedio de la altura en la semana 10	55
Figura 7.	Prueba de Tukey para la altura	65
Figura 8.	Prueba de Tukey para el número de flores	65
Figura 9.	Prueba de Tukey para el grosor del tallo	66
Figura 10.	Ensamblaje de los biodigestores.....	80
Figura 11.	Residuos del Cannabis.....	80
Figura 12.	Pesaje del estiércol porcino	81
Figura 13.	Pesaje del estiércol bovino	81
Figura 14.	Apertura del biodigestor	82
Figura 15.	Cernido del biol	82
Figura 16.	Almacenado del biol.....	83
Figura 17.	Estructura del invernadero.....	83
Figura 18.	Invernadero ensamblado.....	84
Figura 19.	Tierra preparada para el cultivo.....	84
Figura 20.	Día de siembra del fréjol, repetición 1.....	85
Figura 21.	Día de siembra del fréjol, repetición 2.....	85
Figura 22.	Día de siembra del fréjol, repetición 3.....	86
Figura 23.	Germinación de frejol, repetición 1 (semana 2)	86
Figura 24.	Germinación de frejol, repetición 2 (semana 2)	87
Figura 25.	Germinación de frejol, repetición 3 (semana 2)	87
Figura 26.	Cultivo de frejol, repetición 1 (semana 6)	88
Figura 27.	Cultivo de frejol, repetición 2 (semana 6)	88
Figura 28.	Cultivo de frejol, repetición 3 (semana 6)	89
Figura 29.	Cultivo de frejol, repetición 1 (semana 10)	89
Figura 30.	Cultivo de frejol, repetición 2 (semana 10)	90
Figura 31.	Cultivo de frejol, repetición 3 (semana 10)	90

Figura 32.	Datos de las mediciones semanales del testigo.....	91
Figura 33.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 1	91
Figura 34.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 2	92
Figura 35.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 3	92
Figura 36.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 1	93
Figura 37.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 2	93
Figura 38.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 3	94
Figura 39.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 1	94
Figura 40.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 2	95
Figura 41.	Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 3	95
Figura 42.	Ejemplo de floración	96
Figura 43.	Día de recolección del frejol, repetición 1	96
Figura 44.	Día de recolección del frejol, repetición 2.....	97
Figura 45.	Día de recolección del frejol, repetición 3.....	97
Figura 46.	Planta representativa del testigo	98
Figura 47.	Planta representativa del tratamiento A1	98
Figura 48.	Planta representativa del tratamiento A2.....	99
Figura 49.	Planta representativa del tratamiento G.....	99
Figura 50.	Análisis NPK realizado por el INIAP.....	100
Figura 51.	Análisis de Molibdeno realizado por el INIAP	100
Figura 52.	Interpretación resultados biol A1.....	101
Figura 53.	Interpretación resultados biol A2.....	102
Figura 54.	Análisis de tierra presiembra, muestra 1.....	103
Figura 55.	Análisis de tierra presiembra, muestra 2.....	104
Figura 56.	Análisis de tierra presiembra, muestra 3.....	105
Figura 57.	Análisis de tierra con biol A1, muestra 1	106
Figura 58.	Análisis de tierra con biol A1, muestra 2	107
Figura 59.	Análisis de tierra con biol A1, muestra 3	108
Figura 60.	Análisis de tierra con biol A2, muestra 1	109
Figura 61.	Análisis de tierra con biol A2, muestra 2	110
Figura 62.	Análisis de tierra con biol A2, muestra 3	111

Índice de Tablas

Tabla 1.	Insumos del biol A1.....	38
Tabla 2.	Insumos del biol A2.....	38
Tabla 3.	Dosificación de los bioles.....	44
Tabla 4.	Densidad de los bioles.....	49
Tabla 5.	pH y conductividad de los Bioles.....	49
Tabla 6.	Informe de análisis de los bioles.....	50
Tabla 7.	Informe de análisis de suelos.....	51
Tabla 8.	Análisis de varianza del promedio de la altura en la semana 9.....	54
Tabla 9.	Análisis de varianza del promedio de la altura en la semana 10.....	54
Tabla 10.	Análisis de varianza del promedio de las hojas en la semana 9.....	56
Tabla 11.	Análisis de varianza del promedio de las hojas en la semana 10.....	56
Tabla 12.	Resultado prueba de t para número de hojas en la semana 9.....	57
Tabla 13.	Resultado prueba de t para número de hojas en la semana 10.....	57
Tabla 14.	Análisis de varianza del largo de las hojas.....	58
Tabla 15.	Análisis de varianza del ancho de las hojas.....	58
Tabla 16.	Análisis de varianza de la altura final de los cultivos de frejol.....	59
Tabla 17.	Resultado prueba de t para altura.....	60
Tabla 18.	Análisis de varianza del número final de hojas de los cultivos de frejol.....	60
Tabla 19.	Análisis de varianza del número de flores en los cultivos de frejol.....	61
Tabla 20.	Resultado prueba de t para flores.....	62
Tabla 21.	Análisis de varianza del grosor del tallo en los cultivos de frejol.....	62
Tabla 22.	Resultado prueba de t para tallos.....	63
Tabla 23.	Análisis de varianza del número de ramas en los cultivos de frejol.....	64
Tabla 24.	Análisis de varianza del porcentaje de nitrógeno presente en el suelo.....	67
Tabla 25.	Análisis de varianza de la cantidad de fósforo presente en el suelo.....	67
Tabla 26.	Análisis de varianza de la cantidad de potasio presente en el suelo.....	67

Lista de abreviaturas

COIP: Código Orgánico Integral Penal

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MPCEIP: Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca

LOASFAS: Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura

MSP: Ministerio de Salud Pública

ARCSA: Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria

MAATE: Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica

CBD: Cannabidiol

THC: Tetrahydrocannabinol

CAPÍTULO 1

Introducción

1.1. Problema

Toda actividad realizada por el hombre genera residuos, se conoce como residuo agrícola a los que se obtienen de cultivos herbáceos o leñosos, provienen de los restos de cultivos y plantas desechadas y consideradas inservibles (Junta de Castilla y León, 2020). Alrededor del mundo es imprescindible saber gestionar residuos, sobre todo en países desarrollados ya que en países en vías de desarrollo este tema no recibe la atención necesaria. Los países desarrollados recuperan más o menos la tercera parte de dichos residuos ya sea en compostaje o reciclándolo, sin embargo, en países subdesarrollados no se recuperan ni el 4%. El Banco Mundial describe que el tratamiento incorrecto de residuos perjudica el ambiente que lo rodea y a la larga la salud humana (Banco Mundial, 2018)

El inadecuado tratamiento de residuos puede contaminar el agua cercana en caso de mala disposición, algunas empresas optan por la quema de dichos residuos lo que presenta un riesgo igual de importante ya que contamina el aire y puede ocasionar incendios forestales sobre todo en épocas de sequía (Rotoplas Agro, 2022), la incineración del material residual fue una de las principales técnicas empleadas por las empresas porque permitía disminuir la masa y volumen de los residuos, además de brindar energía al aprovechar el potencial producido por el calor (Contreras Franco, 2024).

Al legalizarse el Cannabis en el área medicinal, esta industria se ha ido expandiendo en estos años, presentando una nueva problemática como lo es el manejo de los residuos obtenidos

al procesarlo. Como cualquier residuo, este puede llegar a contaminar el ambiente y ser una amenaza a la salud en general, en caso de manejo incorrecto. La idea biotecnológica de una solución para este problema plantea el uso de dichos residuos para la producción de abono orgánico tipo biol, aprovechando todos los materiales obtenidos para generar un producto de gran valor para los agricultores, contribuyendo así a mitigar los desafíos ambientales de esta industria.

1.1.1. Importancia y alcances

El presente trabajo experimental se centra en dar una opción de reutilización de los desechos obtenidos de la industrialización del Cannabis al utilizarlos como materia prima orgánica en la producción de un abono líquido orgánico tipo biol. Los residuos de muchas industrias representan un desafío de gestión de materia residual como también ambiental. Tras la legalización del Cannabis para uso medicinal, los distintos estudios y tratamientos centrados en esta planta han generado una variedad de residuos que seguirá aumentando.

Muchas empresas para la eliminación de residuos los mezclan con otros grupos de residuos de origen orgánico, los cuales terminan en vertederos. Existen pocas pautas sobre qué hacer con los residuos en un mercado tan joven, como incinerar o actualmente realizar compostaje y digestión anaeróbica, al plantear constantemente ideas biotecnológicas se presenta como una ventana para que la industria crezca sin sacrificar el bienestar del ambiente en el proceso (Prohibition Partners, 2022).

La Universidad Politécnica Salesiana en el año 2021 firmó convenios de cooperación con instituciones como: Distrito Zonal 6 de Agrocalidad y Pharmacannabis. Esta actividad permitió el desarrollo de prácticas académicas en beneficio de las empresas implicadas. En el caso de Pharmacannabis se unieron fuerzas implementando procesos biotecnológicos para cultivar,

procesar e investigar el extracto de Cannabis medicinal (UPS, 2021). Por esta razón, se utilizaron los residuos obtenidos en investigaciones realizadas por la Universidad Politécnica Salesiana en las que se utilizó Cannabis donada por la empresa Pharmacannabis para extracción de aceite esencial. La biomasa residual puede manejarse como material vegetal en la producción de biol.

Estudios demuestran que el Cannabis o cañamo está conformado por un alto contenido de polisacáridos, cuenta con una cantidad de carbohidratos parecida o incluso mayor que algunos residuos agrícolas como la caña de azúcar, paja de cebada, paja de arroz, entre otros (Pérez et al., 2023). Estos residuos si no se les da un correcto tratamiento pueden considerarse un problema ambiental al contaminar el suelo, el aire, el agua; desarrollarse enfermedades o proliferar plagas. Además de tener impacto en la salud de los trabajadores o personas en general que se encuentren en el área de disposición de dichos residuos.

1.2. Delimitación

Se elaboraron dos bioles usando como material vegetal los residuos de Cannabis, luego de su respectiva fermentación y filtración.

Al convertir los residuos de Cannabis en biol, no solo se reduce el impacto ambiental de la de industria, sino que también se crea un producto valioso que puede beneficiar a los agricultores ya que contribuiría a que se desarrollen prácticas agrícolas sostenibles para el ambiente. Por lo tanto, este trabajo de investigación tiene el potencial de generar conocimientos significativos y prácticos para abordar un desafío emergente en la estructura productiva de la industria del Cannabis y la sostenibilidad ambiental.

1.2.1. Delimitación geográfica (espacial), temporal, sectorial e institucionalmente

La producción del biol se realizó en la ciudad de Cuenca y la siembra exactamente en *Caballo Campana*, en un terreno propiedad del señor Eduardo Maldonado aproximadamente 8 km suroeste de Cuenca (Ecuador), al noroeste de una parroquia conocida como Baños. La parroquia tiene 327,3 km² de superficie, su altitud está entre 2050 a 4200 m.s.n.m. y su temperatura suele ser de 14 °C en promedio. En el norte colinda con San Joaquín, al sur se encuentra Victoria del Portete y Tarqui; Zhaglli, San Gerardo, San Fernando y Chumblin son el límite este, y Chaucha el límite oeste.



Figura 1. Ubicación de la parroquia Baños

Fuente: Alcaldía de Cuenca

Este terreno se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: 2°90'31"96 S, 79°06'98"5 O.



Figura 2. Ubicación del terreno en la parroquia Baños

Fuente: Google Maps, 2024

1.3. Pregunta de investigación

¿El uso de los residuos de Cannabis para la producción de biol puede beneficiar a la agricultura?

Para determinar el beneficio que pueda presentar para la agricultura, se producirá dos bioles usando como materia vegetal los residuos de Cannabis. En un cultivo de frejol se realizará tratamientos con los bioles obtenidos, un fertilizante comercial y un grupo de control (testigo) para determinar su valor agrícola.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Evaluar la calidad de cultivos de frejol (*Phaseolus vulgaris*) tratados con abonos orgánicos líquidos tipo biol realizados con residuos de Cannabis como material vegetal, por medio de pruebas fisicoquímicas y experimentales determinando las características del mejor tratamiento.

1.4.2. Específicos

Generar bioles ricos en nutrientes a base de residuos de Cannabis, por medio de la fermentación anaerobia en un biorreactor obteniendo un producto estable.

Evaluar el aporte nutricional de los bioles obtenidos mediante pruebas fisicoquímicas del suelo antes y después de su uso determinando cual complementa mejor los requerimientos del suelo.

Determinar el biol que genera mayor desarrollo vegetal por medio de medición de cultivos cada 7 días determinando si tiene un desarrollo adecuado durante el proceso.

Identificar el cultivo de frejol que presenta mayor calidad mediante el análisis del rendimiento de la planta comprobando cual fue el biol que presenta mejores resultados.

1.5. Hipótesis

La aplicación de biol realizado con Cannabis mejora el desarrollo de un cultivo y se puede utilizar el residuo de la industria para producir fertilizantes orgánicos.

CAPITULO 2

Fundamentación Teórica

2.1. Industria del Cannabis

La industria del Cannabis es sumamente amplia, Cannabis sativa y cáñamo son plantas que pueden utilizarse para una gran cantidad de productos.

En el área textil se puede aprovechar su fibra ya que tiene cierto parecido al lino, la semilla cuenta con una composición rica en nutrientes; sin cascara es apta para el consumo humano y, con cáscara, puede ser alimento para algunos animales (MARNYS, 2020). En la construcción, el cáñamo es un material usado en producción de hormigón y lana aislante, sus fibras también se utilizan para producción de papel que no necesita blanqueamiento químico y es reciclable (europa.eu., 2024). Varias fuentes describen el valor del Cannabis para la extracción de dos combustibles, de la planta el etanol y de su semilla el biodiésel (Industria Cannabis, 2023).

Por su composición, muchos países han optado por su legalización en el ámbito medicinal, en Ecuador, entran en vigor el 21 de junio de 2020 las reformas al COIP que abren la puerta a la producción de Cannabis no psicoactivo con fines medicinales e industriales, las regulaciones fueron emitidas por el MAG. Hasta finales de 2022 el MPCEIP reportó más de 150 productos derivados de la planta y 169 licenciatarios en Ecuador. De estos, 107 tienen licencia tipo 3 (cultivo de Cannabis no psicoactivo o cañamo) y 25 cuentan con licencia tipo 5 (autorización para el procesamiento y producción de sus derivados) (Diario La Hora, 2023). Este nuevo mercado deja tras de sí una gran cantidad de residuos producidos tras el procesamiento de Cannabis.

2.1.1. Descripción Botánica

El Cannabis (*Cannabis sativa L.*) es originario del centro de Asia, planta herbácea de uso medicinal y como fuente de fibras textiles, desde alrededor de 5000 años. Esta planta posee fitoquímicos y proporciona fibras celulósicas y leñosas, siendo las variedades que presentan la mínima cantidad de cannabinoides psicoactivos las más utilizadas para producir fibra y material oleaginoso. Por otro lado, el producto que más valor representa es la resina ya que cuenta con alta cantidad de cannabinoides y terpenos, con propiedades psicoactivas y medicinales (Rodríguez-Yzquierdo et al., 2021).

El ciclo de vida del Cannabis inicia en primavera cuando sus semillas germinan; durante dos o tres meses se mantiene su crecimiento y el desarrollo de las flores hasta que se encuentran en estado óptimo para su recolección. Esta planta se ha estudiado a profundidad identificando en ella más de 500 compuestos, siendo los más útiles químicamente los flavonoides, cannabinoides, amidas fenólicas, alcaloides, lignanamidas y terpenos (Martínez et al., 2021).

El Cannabis cuenta con CBD y THC (cannabinoides), el primero reporta baja psicoactividad pero disminuye el dolor, mientras el segundo se caracteriza por su efecto psicoactivo (Moscoso et al., 2022). La industria del Cannabis aumentó el porcentaje de residuos a causa de la legalización de su uso medicinal, al contener carbohidratos de interés biotecnológico (hemicelulósicos y celulósicos) pueden ser aprovechados para disminuir el impacto en el ambiente. La cantidad de investigación científica centrada en los desechos y su tratamiento es limitada en comparación con la investigación sobre la planta (Robertson et al., 2023).

2.1.2. Normativa Vigente

A nivel nacional existe una normativa que regula esta nueva industria en crecimiento. Una de las principales es el Acuerdo Ministerial No. 109 gestionado en el año 2020, el 19 de Octubre por el MAG para la regulación de la importación, siembra, cultivo, cosecha, postcosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo y Cáñamo para uso industrial (MAG, 2020b).

El Acuerdo ministerial No. 141 del MAG estandariza el valor a pagar por las licencias del acuerdo anterior (MAG, 2020a). También debe considerarse las leyes planteadas por el MAATE como es la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura (LOASFAS) mediante la cual se busca asegurar la producción, el acceso de los agricultores, y la respectiva calidad y biodiversidad de las semillas (MAATE, 2017).

El Acuerdo Ministerial No. 148 emitido por el MSP regula el uso médico, la manera de prescribir y dispensar el Cannabis medicinal y productos de origen farmacéutico con cannabinoides (MSP, 2021). Finalmente, el ARCSA con su resolución ARCSA-DE-2022-014-AKRG dispone como regular y controlar el producto final, que será usado y consumido por el ser humano (ARCSA, 2022).

En este reglamento se describen licencias necesarias para manejar Cannabis según el Acuerdo Ministerial No. 109 (GVN Abogados, 2020)(CEDIA, 2023):

Licencia 1: permitir importar y comercializar semillas de cáñamo o esquejes de Cannabis no psicoactivo, además de semillas de cáñamo para uso industrial.

Licencia 2: autorizar siembra y producción de semillas de cáñamo o esquejes de Cannabis no psicoactivo, además de semillas de cáñamo para uso industrial.

Licencia 3: regular cultivo de Cannabis no psicoactivo o cáñamo, permitiendo que se realicen las actividades pertinentes a las licencias 1 y 2.

Licencia 4: permitir actividades de las licencias 1 y 2 pero solo relacionado con semillas de cáñamo para uso industrial.

Licencia 5: autorizar el procesamiento de Cannabis no psicoactivo o cáñamo y producción de derivados.

Licencia 6: permitir fitomejoramiento, creación de bancos de germoplasma y realización de investigación.

Licencia 7: autorizar adquisición de derivados y/o biomasa o flor de Cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de biomasa de cáñamo para uso industrial, para exportación.

2.1.3. Productos obtenidos de la industria

Actualmente, en el Ecuador existen varias empresas que trabajan en esta producción algunos ejemplos son Hampi que se dedica a procesar y producir Cannabis no psicoactivo para productos de consumo humano; Cannandes que se centra en sembrar, procesar y comercializar derivados; Mayu que estudia los endocannabinoides no psicoactivos (CBD) para productos de bienestar y salud; Pharmacannabis que se orienta a producir y comercializar productos con Cannabis con fines medicinales.

Hasta el año pasado se han registrado más de 250 productos de todo tipo con notificación sanitaria relacionados con la industria del Cannabis, dichos productos deben cumplir con estándares como contener menos de 1% de THC según lo dicta la norma. En 2021, las fincas con licencias otorgadas por el MAG para procesar Cannabis no psicoactivo y derivados eran 34. En 2023 sumaron más de 160 fincas licenciatarias de las cuales 60% se encuentran en Pichincha, 35% en Manabí y Guayas y 5% alrededor del país (El Universo, 2023).

2.1.4. Residuos de la industria

La información científica en relación con los residuos de Cannabis es limitada comparándola con la existente sobre la planta. Por el control que rodea al Cannabis, el encontrar una variedad de métodos para la eliminación adecuada y sostenible de los residuos es de importancia el crecimiento de esta industria (Pérez et al., 2023). En 2020 a nivel global, la biomasa de desechos producto del tratamiento del Cannabis legal fue alrededor de 1754 toneladas de residuos frescos o 520 de residuos secos, en campo hablando de unos 500 m² colocando alrededor de 10 plantas por metro cuadrado y cosechando 6 veces al año obtendríamos 2.25 toneladas de materia sobrante (Robertson et al., 2023), el alto porcentaje de residuos se asocia a que el 45% de la planta es considerado residuo (Lopes et al., 2024).

Varios autores plantean la idea de aprovechar el remanente del tratamiento del Cannabis medicinal, ayudando a la creación de una economía circular al reducir el material residual y reciclando cada sobrante (Medina, 2023). En países emergentes la biomasa obtenida a través de los distintos tratamientos realizados al Cannabis es una fuente sostenible y renovable de bioproductos. Estos pueden ser usados para la biorremediación de terreno con metales pesados

(cadmio) y a posterior convertirse en insumos agrícolas: biol o compost (Moscariello et al., 2021).

2.2. Métodos utilizados para tratar los residuos del Cannabis

Existen algunas técnicas más viables para tratar residuos orgánicos, como el compostaje que favorece la biodegradación de los residuos por medio de microorganismos, se mantiene libre de patógenos por la fase termófila que se da en la degradación. En cambio, el vermicompostaje es una variante del compostaje donde se utiliza lombrices, se realiza a temperatura ambiente y produce abono orgánico, también conocido como humus (Contreras Franco, 2024).

La Biodigestión es una de las más eficientes opciones utilizadas para tratar residuos orgánicos, se realiza a temperaturas controladas y en ausencia de oxígeno, durante la degradación del material se obtiene dos productos de gran utilidad como son el biogás y el biol (VOLTA, 2023).

El biogás que se genera contiene metano y dióxido de carbono en mayor proporción y en menor cantidad oxígeno, nitrógeno, ácido sulfhídrico, entre otros; este gas tiene alto poder calorífico (dependiendo de la concentración del metano) y puede convertirse en energía térmica o eléctrica (Ministerio del Ambiente, 2021). Además se produce de manera natural en pantanos, yacimientos subterráneos o incluso en el estómago de rumiantes.

Este tipo de fermentación se realiza en un biodigestor, es un tanque o recipiente donde se depositan los residuos orgánicos y se produce la degradación del contenido en un ambiente herméticamente sellado (Argentina.gob.ar, 2021).

2.3. Fertilizante orgánico líquido o Biol

El uso de fertilizantes orgánicos mejora la nutrición de las plantas e incrementa la fertilidad del suelo por la baja relación carbono/nitrógeno, al usar fuentes orgánicas se minimiza la cantidad de fertilizantes químicos lo que disminuye a su vez el impacto en el suelo y promueve una agricultura sostenible (Díaz-Chuquizuta et al., 2022).

En el Ecuador, el MAG realiza capacitaciones sobre la calidad del suelo y el método de elaboración del abono orgánico líquido, se reconoce ampliamente la capacidad del biol para promover procesos en el suelo y estimular el desarrollo vegetal concentrando sus nutrientes en el follaje, raíces y floración, usándolo generalmente a partir del día 45 de su preparación (MAG, 2022).

2.3.1. ¿Qué es el Biol?

Se lo define como un abono orgánico líquido producido en un biodigestor por fermentación anaeróbica de residuos vegetales y estiércol animal, en su composición se reconoce una amplia gama de fitorreguladores que producen beneficios fisiológicos en el cultivo, como el aumento en la cantidad de raíces, lo que mejora la capacidad fotosintética de la planta, la producción y el nivel de calidad del producto que se cosechará (Acosta, 2019). Este fertilizante por norma general suele ser rico en amoníaco, nitrógeno, vitaminas, hormonas vegetales y aminoácidos (Ramírez et al., 2023).

Gracias a su fermentación en ausencia de oxígeno, las bacterias implicadas producen hormonas vegetales como las purinas, adeninas, citoquininas y giberelinas; las cuales estimulan

la formación de raíces más fuertes, ayuda a la floración y generan acción fructificante. Su fin es incrementar la calidad y cantidad de las cosechas (Gutierrez et al., 2020)

Hay una gran cantidad de biodigestores, se distinguen dependiendo del material usado para la fermentación y la manera de llenarlo. Uno de los principales es el que cuenta con sistema batch, ya que se cargan una sola vez, es decir, son discontinuos (Zegers et al., 2021). Para el correcto funcionamiento de este biodigestor se tiene que mantener un pH neutral y estable para que la digestión se produzca en un tiempo de entre 30 y 180 días, teniendo en cuenta también dependerá de la temperatura del ambiente (Garavito & Gomero, 2020).

2.3.2. ¿Cómo se prepara el Biol?

Para realizar un Biol se necesita un biodigestor en el cual se produce la fermentación anaerobia, el tamaño dependerá de la cantidad que se desee obtener. Los materiales para la construcción de un biodigestor casero son: un bidón del tamaño deseado, un tramo de manguera, salida de estanque con sello hermético, unión PVC, contenedor de menor tamaño y en caso de necesitar, válvulas de salida de gas (Guerrero, 2022).

La materia prima necesaria es alrededor de 70% y 80% de agua limpia sin cloro, dependiendo de la cantidad de biol deseado, se colocará estiércol de vaca (30%) o cerdo (15%), materia vegetal (3%), ceniza (1.5%), melaza y leche (1.25%), la cantidad de levadura se calcula en relación con la cantidad de agua, en gramos. Por ejemplo, para 150L de biol se necesita 160-140L de agua, 50kg de estiércol de vaca, 5kg de materia vegetal, 3kg de ceniza, 3kg de melaza, 2L de leche, 160g de levadura, todo esto bien triturado y mezclado en un bidón de 200L (Ana Román, 2020).

La digestión de materia orgánica produce, por un lado, un gas de alta energía (biogás) y, por otro, un abono orgánico líquido. Para los efectos de los fertilizantes en la humificación del suelo, la tasa de sustancias orgánicas persistentes es esencial, ya que depende de la composición del material que determina la degradación y la humificación (Stürmer et al., 2020).

En el mercado existe una gran cantidad de abonos o fertilizantes, en el caso del biol al ser de origen orgánico, además de presentar en su composición nitrógeno, fósforo y potasio que son de gran importancia para la nutrición del suelo también concentra otros en pequeña cantidad, lo que es resultado de la digestión producida en el biodigestor y que en conjunto presentan potencial de fertilización orgánica beneficiosa para el cultivo (Guerrero, 2022).

2.3.3. Ventajas del Biol

Una de las ventajas de este fertilizante es el potencial de fertilidad que aporta al suelo, sobre todo cuando se coloca con anterioridad al cultivo, mejora el tiempo de desarrollo de las plantas, aumenta su resistencia ante el ataque de plagas o enfermedades y en ciertos casos la tolerancia del cultivo a condiciones adversas del clima puede mejorar (Ramírez et al., 2023).

El biol representa una baja inversión, se prepara en un periodo de tiempo corto y es de sencilla elaboración una vez entendidos los conceptos principales. En lo relativo a sus características nutricionales, muchos autores comentan su capacidad de incrementar la resistencia de la planta: estimular el metabolismo, provocar una mejor floración, mayor recuperación ante situaciones de estrés biótico y abiótico, entre otras (Aveiga, 2020)

Mejora la estructura del suelo, por su composición tiene efecto plaguicida, disminuyendo costos al agricultor al utilizarlo. Este tipo de abono representa un impacto al positivo al ambiente,

aumentar la vida útil del terreno, ya que repone nutrientes, no elimina organismos beneficiosos de la tierra y evita la contaminación de fuentes de agua cercanas. Es una alternativa frente a una gama de fertilizantes sintéticos de alto precio y la preocupación de la población sobre los alimentos que consumimos (Muñoz, 2019).

El biol se aplican cada vez más a los suelos agrícolas como alternativa, en cultivos de maíz se ha demostrado como mejora la biomasa y la actividad de la microbiota del suelo, comparándolo con la fertilización NPK. Es interesante que, en la primera temporada de crecimiento con abono orgánico e inorgánico la diferencia no es significativa, pero a partir de la segunda temporada de crecimiento se observaron características del cultivo con diferencias más significativas en el rendimiento (Urrea et al., 2020).

2.3.4. Desventajas del Biol

A pesar de contar con muchos beneficios, el biol cuenta también con desventajas que hay que considerar cuando se utiliza en un cultivo. Las principales son (Ana Román, 2020):

En un terreno de gran extensión su colocación suele ser complicada por lo que se requiere mochilas de aspersión o tanques.

Por su largo tiempo de fermentación, requiere planificación detallada ya que la temperatura ambiental puede disminuir o aumentar el tiempo necesario para usarse.

En caso de que los contenedores del biol se encuentren en una zona donde llegue demasiado la luz solar, puede acortar su vida útil.

Si existe un tratamiento inadecuado, el biol suele ser fuente de distintos patógenos.

2.4. Generalidades del frejol

El frejol en Ecuador es considerado como una de las plantas pioneras en la domesticación junto con la calabaza y el maíz. Además, por su composición de carbohidratos y vitaminas se considera de gran importancia en la cocina ecuatoriana.

2.4.1. Descripción Botánica

El frejol (*Phaseolus vulgaris L.*) es una planta de Mesoamérica sembrada y aprovechada por la población autóctona. Viene de la familia *Fabaceae*, leguminosa arbustiva, al tener en su composición un alto porcentaje de proteínas y fibra; complementar a los cereales y ser fuente de carbohidratos, es un pilar en la alimentación de la población actual lo que le brinda gran importancia no solo económica, sino también social (Guamán J. et al., 2004).

2.4.2. Requerimientos del Cultivo

Los suelos preferidos para su crecimiento suelen ser más sueltos con textura ligera y bien drenados, con un pH que puede variar entre 7 y 8, la mejor temperatura se sitúa entre 16° y 25°C, considerando que se desarrolla mejor en climas relativamente fríos (Tello, 2022). El periodo vegetativo puede rondar entre los 60 hasta 75 días desde su germinación, aunque puede variar de un lote de semillas a otro (Lardizabal et al., 2013). Hace algunos años, durante la siembra los agricultores realizaban la pulverización de campos o cultivos, este es un proceso mecánico donde se generan partículas pequeñas de una mezcla química con agua y se coloca de forma directa sobre el suelo o las plantas (CRODA, 2022).

Para que el cultivo de frejol presente crecimiento y rendimiento significativos el suelo en el cual se va a plantar debe contener macronutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, siendo

el nitrógeno la base para que la planta se desarrolle de forma correcta (Góngora-Martínez et al., 2020). El suelo en el que se cultive debe ser profundo y con una textura predominantemente suelta, su pH debe encontrarse entre 5.5 y 6.5. El drenaje es indispensable en este tipo de cultivo por lo que se recomienda una topografía ondulada que evite la acumulación excesiva de agua (Bone & Martínez, 2020).

2.4.3. Tratamiento de las semillas y siembra

La semilla escogida debe haber pasado por un tratamiento ya sea la aplicación de organismos biológicos o sustancias químicas con el fin de controlar, repeler o eliminar patógenos, insectos o plagas de manera general para evitar daño en semillas o en las posteriores plántulas (The Guide to Seed - Treatment Stewardship, 2015). Puede ser sintético u orgánico, dependiendo del tiempo de tratamiento, se puede dividir en etapa antes de sembrar, previo a almacenar o para la mitad del almacenamiento (Vasyl Cherlinka, 2024).

Preparar el suelo antes de la siembra es imprescindible cuando se desea contar con un cultivo de calidad. Se necesita arar el terreno de 20 a 30 cm de profundidad, oxigenar el área de cultivo proporciona una correcta cama de siembra, la tierra removida no debe contener terrones formados por la labranza, el terreno debe verse nivelado sin ningún tipo de grumo (Guamán et al., 2004; Lardizabal et al., 2013).

Al sembrar debemos considerar la distancia óptima entre planta y planta, la manera en la cual se va a sembrar, y la cantidad de semillas a utilizar. Al escoger surcos de gran extensión lo óptimo es sembrar el frejol a una distancia de 40 a 45cm entre cada surco. En siembra mecanizada, la distancia suele ser de 45 y 90cm dependiendo de si es hilera sencilla o doble respectivamente. En siembra manual, se considera que en un espacio de un metro lineal por hilera

se puede utilizar de 15 a 16 semillas. Existen varios arreglos espaciales dependiendo del espacio y la manera en la que se desee colocar (Lardizabal et al., 2013).

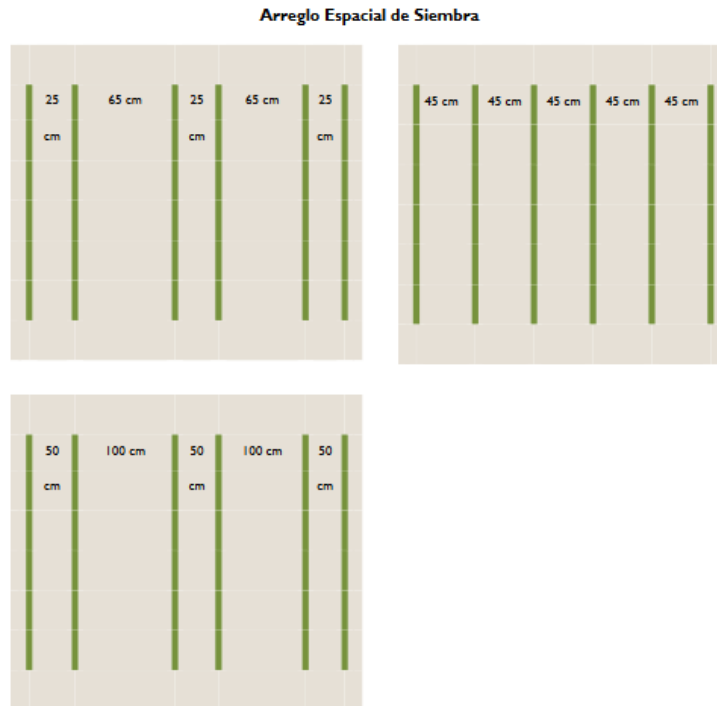


Figura 3. Opciones de arreglo espacial de siembra

Fuente: Lardizabal et al., 2013

2.5. Agricultura de Invernadero

2.5.1. ¿Qué es un invernadero?

El invernadero es una estructura agrícola, con armazón metálica, se recubre con plástico transparente para evitar el ingreso de lluvia o cualquier factor externo. El propósito de un invernadero es reproducir condiciones climáticas deseadas, limitar el desarrollo de enfermedades o la entrada de animales o plagas. Un aspecto fundamental es el paso de luz, debe ser resistente para soportar el peso del plástico que lo recubre y las condiciones climáticas externas (Hernández

Ricardo, 2024). El sistema de ventilación es crucial para evitar el sobrecalentamiento que puede afectar al cultivo, la malla lateral permite ventilación constante y el plástico a modo de cortina puede ajustarse según la temperatura.

2.5.2. Clasificación de invernadero

Se pueden clasificar según su estructura (Hernández Ricardo, 2024):

Clase A: Estructura de unitarios o en batería, permite un control más eficiente de las condiciones climáticas. Suelen ser a gran escala, cuentan con alta tecnología, automatizados.

Clase B: Estructuras que brinden sombra y protección física a las plantas, son más sencillos y económicos, tienen un control climático menos exigente. La casa-sombra permite la protección solar directa por medio de un techo malla especial que brinda sombra (sarán). El macro túnel es una estructura arqueada y larga, se usa principalmente para proteger el cultivo de efectos adversos del clima, granizo, heladas, lluvias.

Según su forma (Agropinos, 2024) (Gertru Lama, 2022):

Tipo túnel: posee paredes curvas, su instalación y transporte es sencilla. Mayor entrada de luz, más económico, es recomendado para cultivos reducidos y superficies pequeñas.

Tipo capilla: cuenta con un techo como de semicírculos, se ensambla la estructura con grapas o tornillos. Se recomienda en temperaturas frías y templadas, fácil y rápido de instalar, resistentes al viento.

Tipo parral: se fabrica con alambre, asegurado al suelo y cubierto con plástico transparente, es económico y adaptable a cualquier terreno, presenta buena ventilación.

Tipo venlo: suele elegirse más en climas fríos, su estructura de acero galvanizado o de aluminio extruido pueden soportar grandes cantidades de aire y nieve por lo cual necesita menor mantenimiento.

Según el material utilizado también podemos describir dos tipos. El realizado con plástico que puede variar entre policarbonato, polimetacrilato, poliéster y polietileno, dependiendo de las necesidades del agricultor. El invernadero de cristal concentra mejor la luz solar y el calor, suele usarse como un invernadero de requerimientos medio-alto (Fertri Invernaderos, 2023).

2.5.3. Ventajas de la agricultura de invernadero

Las ventajas de estas estructuras son significativas para los cultivos, entre las más importantes se describen (Berger, 2023):

Control ambiental: permite controlar la temperatura, humedad, luz solar, resulta primordial que se mantengan condiciones óptimas.

Protección contra condiciones extremas: protege los sembríos de condiciones adversas como lluvias, vientos, granizo, heladas, lo que reduce la pérdida de los cultivos.

Optimización del agua: la irrigación del agua ya sea automática o manual en un invernadero permite una mejor gestión del agua.

Control de plagas y enfermedades: al mantener protegido el cultivo prevenimos la infestación de plagas, proliferación de enfermedades, además de impedir el ingreso animales que dañen las plantas.

Mayor producción y calidad: pueden sembrarse plantas fuera de temporada por el control ambiental, y por el cuidado brindado se pierde menor cantidad de plántulas.

CAPITULO 3

Materiales y Métodos

3.1. Materiales

3.1.1. Implementos para ensamblaje del biodigestor

Para el ensamblaje del biodigestor se usó como contenedor base 2 bidones de plástico con capacidad de 4 galones; 2 botellas de plástico pequeñas para salida de aire; 2 uniones PVC; 3 metros de manguera para unir el contenedor con la botella; además, cinta metálica y silicona para garantizar la hermeticidad del sistema.

3.1.2. Insumos para producción del biol

Para realizar un biol se necesita actividad microbiana que produzca una reacción anaerobia, estos microorganismos se obtuvieron de estiércol de bovino y porcino recogidos de la feria ganadera del cantón Gualaceo. En caso del estiércol porcino, varias fuentes describen el alto contenido de nutrientes que presenta, siendo un riesgo la aplicación excesiva, por lo que la cantidad a utilizar debe ser menor que en el caso bovino.

El material vegetal fue residuos de Cannabis donados por Pharmacannabis; como fuente de minerales se utilizó ceniza; para la nutrición del sistema se colocó melaza y leche; agua como el medio donde se producirá la fermentación y por último levadura con el fin de activar la reacción.

Basado en los parámetros descritos por Zeger (2021) para la elaboración de un biol en un contenedor de 200 L, se tiene que realizar el cálculo de insumos para un contenedor de 15 L.

Tabla 1. Insumos del biol A1

Insumos	Cantidad
Agua sin cloro	12 L
Estiércol bovino	4 kg
Residuos de Cannabis	300 g
Ceniza	225 g
Melaza	150 g
Leche	150 mL
Levadura	15 g

Fuente: Autor

Tabla 2. Insumos del biol A2

Insumos	Cantidad
Agua sin cloro	12 L
Estiércol porcino	2 kg
Residuos de Cannabis	300 g
Ceniza	225 g
Melaza	150 g
Leche	150 mL
Levadura	15 g

Fuente: Autor

3.1.3. Implementos para construcción de invernadero

Se utilizaron materiales de tipo jardinería para edificar el invernadero, entre ellos, 8 tablonces de madera para delimitar el área destinada a la siembra de las semillas; en tierra con textura intermedia entre arenosa y arcillosa con parámetros adecuados para la siembra de frejol; 1 varilla de metal cortada como cimientó; 3 tuberías de presión PVC para la estructura; 5 metros de malla plástica negra instalada en uno de los lados para facilitar la aireación.

Para proteger la estructura se utilizó 6 m² de plástico transparente de invernadero con el fin de cuidar las plantas de lluvias muy fuertes, granizo o la entrada de animales; serán bicolor

(azul y blanco) para atenuar la radiación solar excesiva, 200 cm de alambre y 4 m de sogas delgadas para dar firmeza a la estructura y fijarla en el suelo.

3.1.4. Material vegetal

La semilla de frejol se adquirió en el cantón Sígig, se optó por una variedad de *Phaseolus vulgaris* conocido como frejol parado, variedad que se caracteriza por su forma de arbusto, a diferencia de otras que suelen hilar alrededor de otra planta (maíz) o de una guía. Las semillas (200) escogidas cuentan con un tratamiento desinfectante previo, reconocible a simple vista ya que se observa un color rosado característico.

3.2. Métodos

3.2.1. Protocolo de ensamblaje del biodigestor

Para propósitos de este proyecto se construyó 2 biodigestores de manera manual. Se escogieron 2 bidones azules de 4 galones (15L), en los cuales se colocaron los insumos antes mencionados luego de su respectivo pesaje. La apertura reducida del bidón facilitó la colocación de uniones PVC, el sellado con silicona y cinta para garantizar un cierre hermético. Se conectó la manguera en la unión PVC de un lado y en una botella plástica pequeña con agua del otro lado, asegurándose que la manguera se encuentre sumergida en agua para la salida del gas producto de la fermentación.

3.2.2. Protocolo de preparación del Biol

Inicialmente se realiza el pesaje de los insumos, seguido de la molienda de materiales secos para facilitar la colocación dentro del bidón. Al introducir el agua, se debe dejar un volumen de aire y por último, se añade la levadura activada previamente.

Una vez cerrado el biodigestor, se debe observar que la manguera se encuentre correctamente colocada en la botella con agua. La primera muestra del inicio de la fermentación es la liberación de gas, es decir, el burbujeo. Hay que monitorear la botella con regularidad en caso de evaporación de agua o la terminación del burbujeo. Ubicamos el bidón en un lugar cálido donde no tuviera luz directa del sol, el tiempo de fermentación depende de la cantidad de biol que se desee obtener y la temperatura ambiental.

3.2.3. Protocolo de filtrado del Biol

Cuando el biol se encuentra listo debe filtrarse, es decir, separar todo el material sólido del líquido obtenido. El primer paso es colar la parte más gruesa con un cernidor, este proceso se repitió al menos tres veces con cernidores de malla cada vez más fina. El siguiente paso es usar una malla o tela más fina para conseguir un líquido sin grumos ni trozos.

3.2.4. Prueba de densidad de los bioles

Para analizar la densidad de los bioles obtenidos seguimos el método del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento de Brasil:

1. Se realizó el pesado en seco del picnómetro en balanza preferiblemente analítica.
2. Se rellenó el mismo picnómetro con agua que ha sido destilada y poniéndolo posteriormente en baño maría 20 minutos a 20°C.
3. Se realizó la limpieza de las paredes del picnómetro con papel cartón y el posterior pesado.
4. Los pasos 2 y 3 fueron realizados con cada uno de los bioles.

5. De acuerdo con las fórmulas fue realizado el cálculo.

$$E = M_1 - M \quad V = \frac{E}{D_{\text{agua}}}$$

E= equivalente en agua

V= volumen picnómetro (mL)

M1= masa picnómetro más agua (g)

M= masa picnómetro vacío (g)

D agua= 0,9982 g/cm³

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{(M_2 - M)}{V} = \text{g/mL}$$

V= volumen picnómetro (mL)

M2= masa picnómetro con muestra (g)

M= masa picnómetro vacío (mL)

3.2.5. Prueba de conductividad y pH

Se selecciona una muestra de 50 mL por biol, posteriormente se realiza una filtración con el propósito de evitar la existencia de material particulado. Para la lectura se coloca el líquido en un vaso de vidrio y se introduce el electrodo dentro de la muestra de cada biol.

Para el análisis del suelo:

1. La muestra fue tomada de la tierra escogida para el cultivo, y posteriormente secada a unos 40° C durante unas horas.

2. La muestra fue tamizada con un tamiz de 2mm.
3. Se pesaron 20g de tierra para colocarlo en un vaso de precipitación con 50 mL de agua destilada.
4. La mezcla fue agitada por 2 minutos.
5. La muestra tuvo que reposar por alrededor de 15 minutos.
6. El pH se obtuvo al sumergir el electrodo en el sobrenadante.

3.2.6. Prueba de contenido de N, P y K

En dos botellas ámbar se vertieron los bioles a analizar respectivamente y se enviaron a los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

3.2.7. Protocolo de ensamble del invernadero

El terreno sobre el que se iba a levantar el invernadero fue medido para obtener el cálculo de la cantidad de materiales a necesitar. Como cimientos fueron elegidas varillas de acero; para sostener la estructura, tubería de presión PVC en arco de un lado al otro conectando con las varillas; el plástico transparente fue dispuesto sobre el invernadero, en el costado izquierdo con alambre galvanizado se aseguró la malla negra para favorecer a la ventilación. El plástico colocado en los lados más cortos puede correrse como cortina para abrir y cerrar el invernadero y acceder a las plantas.

El terreno tiene forma rectangular, su área es de 10 m², 5 m de largo y 2 m de ancho, se divide en 2 partes, la repetición 1 que abarca un área de 2.8 m², 2 m de largo y 1.4 m de ancho y la repetición 2 y 3 que abarca un área de 3.5 m², 2.5 m de largo por 1.4 m de ancho.

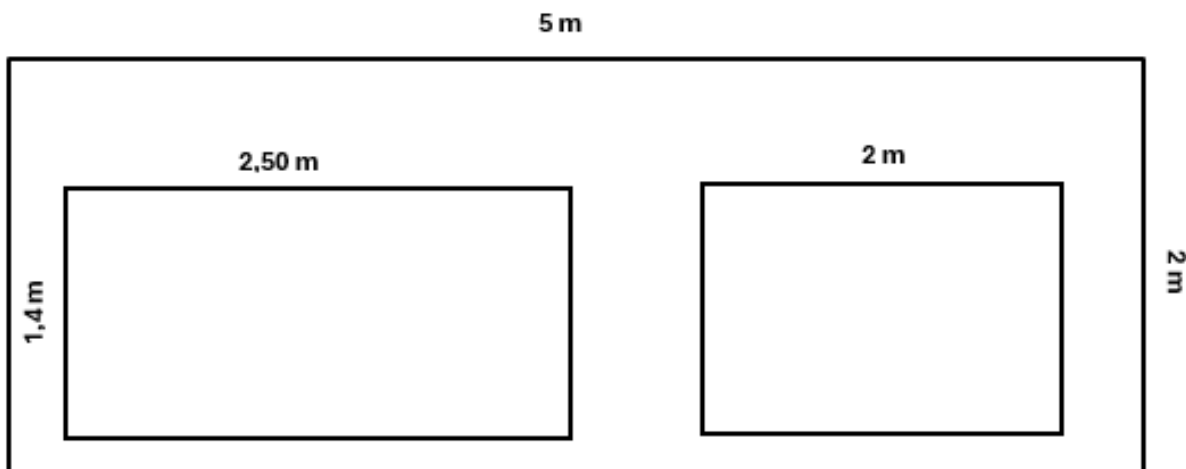


Figura 4. Plano del invernadero

Fuente: Autor

3.2.8. Protocolo de preparación del terreno y siembra

El terreno fue seleccionado y cercado con tablas, tuvo que voltearse (arar) alrededor de unos 30 cm de profundidad con una lampa, se dispusieron surcos con distancia de 45 cm entre sí para dejarlo listo para la siembra.

Se ejecutaron 3 repeticiones, la primera repetición cuenta con 4 hileras de plantas, donde se distinguen: tratamiento A1, tratamiento A2, tratamiento G y testigo (grupo control). En cada hilera se sembraron 18 semillas a una distancia de alrededor de 6.5 cm entre cada una. En la repetición 2 y 3 se utilizaron 3 hileras donde se distinguen el tratamiento A1, tratamiento A2 y tratamiento G. En estas repeticiones se dejó más espacio entre surcos.

3.2.9. Protocolo de colocación del biol

Siguiendo lo planteado por Zeger (2021) para el INIAP, se consideró preparar soluciones al 12% mediante la fórmula de dilución:

$$V1 = \frac{C2 * V2}{C1}$$

Tabla 3. Dosificación de los bioles

Tratamiento	Características	Dosis
biol A1	Estiércol bovino y Cannabis	12%
biol A2	estiércol porcino y Cannabis	12%
biol G (comercial)	Foliasin (inorgánico)	12%

Fuente: Autor

3.3. Diseño

En esta tesis se ha optado por un diseño experimental, aplicando a cultivos de frejol tratamientos con 3 bioles, donde se analizará el aporte de nutrientes al suelo y la variación de características de la planta dependiendo del tratamiento utilizado.

Empezada la germinación de las semillas se realizó una medición semanal y conteo de hojas durante 8 semanas, que es el tiempo en el que se someterá a las plantas a los respectivos tratamientos, al final del cultivo se registraron datos como altura de la planta, número y tamaño de sus hojas, diámetro del tronco, cantidad de ramas y flores obtenidas luego del tiempo de cultivo en cada tratamiento para determinar si los bioles ayudaron a un mejor desarrollo de características en la planta.

Lo que se busca determinar es cual cultivo es de mejor calidad, es decir, presenta una mejor calidad de las características mencionadas, el tratamiento utilizado será la variable independiente y el resultado de las características obtenidas será la variable dependiente.

Unidad experimental: 2 cajones de cultivo con 180 plantas de frejol parado (*Phaseolus vulgaris*)

Grupo control: plantas regadas solo con agua (18 plantas)

Grupo experimental: plantas regadas con cada uno de los tratamientos (162 plantas)

En este estudio experimental se ha utilizado un diseño completamente al azar, donde se realizaron 3 repeticiones para analizar cómo afecta la aplicación de cada biol casero en el desarrollo de la planta de frejol y compararlos con el resultado obtenido con un abono genérico o comercial.

3.4. Población y muestra

Población: conjunto total de plantas de frejol parado (180 plantas).

Muestra: 7 plantas escogidas al azar de cada tratamiento (70 plantas)

3.5. Variables

Variable independiente: la variable independiente es el tratamiento aplicado (biol A1, A2 o genérico), que actúa sobre las condiciones de crecimiento de las plantas.

Variable dependiente: resultado de las características obtenidas.

3.6. Recogida de datos

La recolección de los datos se hará de manera escrita, usando una libreta donde semanalmente se anotan las medidas de cada uno de los tratamientos. En otros casos, se utilizaron notas de voz para agilizar la recolección, los datos se centralizaron en cuadros de Excel para su

análisis. Adicionalmente, se tomaron fotografías de cada etapa y de las plantas producto de los tratamientos.

3.7. Protocolos

Se han usado 2 abonos orgánicos tipo biol obtenidos por digestión anaerobia y un abono genérico como estándar de desarrollo:

Biol Bovino y residuos de Cannabis (A1): se utiliza 360 mL en 2640 mL de agua por repetición.

Biol Porcino y residuos de Cannabis (A2): se utiliza 360 mL en 2640 mL de agua por repetición

Foliasin (G): se utiliza 2.5 g en 2 litros de agua por repetición.

CAPITULO 4

Resultados y Discusión

4.1. Análisis de Datos

4.1.1. Protocolo de ensamblaje del biodigestor

Los biodigestores obtenidos fueron sometidos a una prueba de hermeticidad para garantizar que no exista intercambio de gases que puedan interferir en la fermentación. Se sumergieron durante 5 minutos en agua y mediante observación se determinó que el cierre hermético era correcto y que podían utilizarse para la preparación de los respectivos bioles. El rotulado es de suma importancia para no confundir los productos durante los periodos de control de la fermentación.

4.1.2. Protocolo de preparación del Biol

Los materiales luego de ser pesados y triturados se introdujeron en el biodigestor acompañados de agua sin cloro donde se daría la reacción. Se calculaba que el producto se obtendría alrededor de 2 meses y medio luego de ser cargado, sin embargo debido a la temperatura ambiental de la ciudad de Cuenca se extendió a poco más de 4 meses.

El proceso inició el 12 de marzo de 2024 con una temperatura de 12° C en la ciudad de Cuenca, en lo correspondiente a los siguientes 4 meses la temperatura ambiental se mantuvo alrededor de 15° C, se dio por terminado los primeros días de Agosto al no existir más liberación de gas.

4.1.3. Protocolo de filtrado del Biol

Al no observar burbujeo en la botella de salida de aire del biodigestor, se puede afirmar que la fermentación dentro del mismo ha concluido. Para poder utilizar el producto se necesita hacer un cernido y filtrado que nos permita almacenarlo y utilizarlo de manera sencilla.

Al abrir el biodigestor se pudo percibir un olor fresco, sin presencia de aromas putrefactos, lo que es un buen indicador de que nuestra fermentación se realizó de manera correcta.

Sobre un contenedor ancho se colocó varios cernidores uno sobre el otro, se pasó el líquido 3 veces para eliminar el material más grueso, posteriormente se utilizó trozos de tela para cernir el líquido y separarlo del sedimento resultado de la degradación de los materiales en la reacción, el producto final es una sustancia de coloración verdoso oscuro.

Al final se vertió el biol en un contenedor más pequeño para almacenarlo en un lugar fresco y oscuro ya que si se expone al sol puede perder su efectividad.

4.1.4. Prueba de densidad de los bioles

La densidad nos muestra la relación que existe entre la masa de alguna sustancia y su volumen, es una propiedad física de los líquidos. Al hablar de un biol, conocer su densidad es de importancia ya que de esto depende la dosis a utilizar en un cultivo. El análisis de este parámetro se realizó mediante la fórmula planteada con anterioridad y mediante datos obtenidos en laboratorio. La prueba realizada a los bioles mediante la fórmula planteada ha arrojado los siguientes resultados:

Tabla 4. Densidad de los bioles

Tipo	Densidad
Biol A1	0.979 gml^{-1}
Biol A2	0.969 gml^{-1}

Fuente: Autor

La bibliografía nos plantea que un biol puede tener una densidad de 1g/mL, con un rango de tolerancia del 5% se puede afirmar que los bioles se encuentran dentro de los parámetros. La densidad en sí no interfiere con la efectividad del biol pero nos permite dosificar de mejor manera, ya que a mayor densidad se necesitaría menor cantidad de producto para obtener el mismo objetivo.

4.1.5. Prueba de conductividad y pH

Esta prueba permite saber cuál es la facilidad de paso de los electrones a través del biol, el análisis se realizó en laboratorio, sumergiendo el electrodo del conductímetro en la sustancia de interés. De la misma manera se analizó el pH, sumergiendo el electrodo del pH metro en la sustancia. Esta prueba busca brindarnos información sobre en qué tipo de suelo y en que cultivos puede utilizarse el biol.

Tabla 5. pH y conductividad de los Bioles

Tipo	pH	Conductividad
Biol A1	7.7	12.63 ms/cm
Biol A2	7.6	12.88 ms/cm

Fuente: Autor

El pH resultado de los bioles es ligeramente alcalino.

4.1.6. Prueba de contenido de N, P y K

Los elementos NPK son una combinación con valor muy alto para el crecimiento y nutrición de cualquier tipo de planta. Cada elemento cuenta con capacidades esenciales para el desarrollo de las plantas. También existen micronutrientes de importancia como es el Ca, Mg, Fe entre otros, cuyo valor en el biol también es de interés.

Para determinar la cantidad de cada uno de estos elementos en los distintos bioles realizados se envió muestras de cada uno en botellas ámbar para el análisis respectivo en los laboratorios del INIAP.

El análisis realizado a bioles A1 y A2 mostró los siguientes resultados:

Tabla 6. Informe de análisis de los bioles

	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe
	%	ppm	meq/100mL				Ppm
Biol A1	1.06	10.90	0.07	7.85	2.44	2.64	11.0
Biol A2	0.74	15.00	0.07	7.49	1.98	1.24	5.00
Biol INIAP	0.61	241.90	103.77	4.23	6.52	3.42	22.9

Fuente: Autor

Los resultados nos plantean que en cuanto al NPK existe poca concentración de Nitrógeno y Fósforo, sin embargo la presencia de Potasio es alta, adicionalmente los micronutrientes se encuentran en una concentración media en su mayoría. En la tabla se incluye datos de un biol realizado por el INIAP como comparación.

Tabla 7. Informe de análisis de suelos

Muestra de tierra	No.	Nitrógeno %	Fósforo mg/kg	Potasio mg/kg	pH
Pre-siembra	1	3,32	0,03	79,397	6.13
	2	5,29	0.15	<0,01	6.15
	3	4,56	0.15	17,971	6.13
Biol A1	1	5,56	0,2	88,72	5.71
	2	5,09	0,27	49,689	6.24
	3	6,26	0,09	23,821	6.57
Biol A2	1	4,33	0,1	125,192	5.85
	2	5,21	0,12	1.792	6.31
	3	7,23	0,22	2,249	6.14

Fuente: Autor

Se realizó un análisis del suelo antes y después de la aplicación de los bioles, los datos muestran que en promedio la tierra antes de adicionarlos tiene un promedio de: nitrógeno (4,39 %), fósforo (0,11 mg/kg) y potasio (32,46 mg/kg). Al final del proyecto se analizó nuevamente la tierra, en el caso del biol A1 se encontró: nitrógeno (5,64 %), fósforo (0,33 mg/kg) y potasio (54,08 mg/kg). Y en la tierra con el biol A2 encontramos: nitrógeno (5.59 %), fósforo (0,15 mg/kg) y potasio (43,08 mg/kg).

Al comparar el contenido de NPK del suelo antes de la adición de bioles y el después obtuvimos que: el biol A1 aportó 28,6 % de nitrógeno, 39,98 % de potasio y triplicó el contenido de fósforo; el biol A2 aportó 27,34 % de nitrógeno, 32,72 % de potasio y 36,36 % de fósforo.

Además se comprobó que el pH de los bioles no provocó un cambio marcado en el pH del suelo luego de la aplicación.

4.1.7. Protocolo de ensamblaje del invernadero

En primera instancia se colocó una manguera como esqueleto de la estructura, sin embargo tras la prueba de sol y lluvia se determinó que el mejor material para el sostén del invernadero era el tubo de agua gris PVC, el cual soportó días de gran temperatura, lluvias muy fuertes e incluso granizo.

4.1.8. Protocolo de preparación del terreno y siembra

El terreno presenta un pH de 7.6 que según la bibliografía se encuentra en los parámetros de alcalinidad para el cultivo de frejol. La siembra se realizó el 17 de octubre del 2024 dentro de la época de cultivo que indica el manual agrícola del frejol del INIAP (septiembre-noviembre), al ser temporada de verano, existió una gran sequía en el país, en especial en la ciudad de Cuenca, por lo cual se tuvo una pérdida de plantas a razón de las altas temperaturas que quemaron las hojas recién germinadas en las primeras semanas, sin embargo, no representó un gran problema por el corto tiempo desde la siembra. La recolección de las plantas se realizó a las 12 semanas de la siembra.

4.1.9. Protocolo de colocación del biol

Como se comentó con anterioridad, la sequía se hizo presente durante este proyecto por lo cual se decidió colocar cada biol en una dosis del 12%. Es decir el biol A1 y A2 se agregó 360 mL en 2640 mL de agua respectivamente, y se adicionó a la hilera de plantas rotulada con el tratamiento respectivo durante 8 semanas. El abono comercial al ser en polvo se siguió la dosificación recomendada en su empaque de utilizar 2.5 g en 2 L de agua. El total de cada biol producido para este proyecto que se utilizó al final fue de 8.64 L dejando como sobrante alrededor de 3 L de cada uno.

La primera dosificación del biol se realizó en la semana 3 junto con la medición de las plantas de cada respectivo tratamiento hasta la semana 10. Luego de la semana 10, por recomendación de los agricultores de la zona del Sigsig donde se adquirió el frejol se dejó reposar las plantas 2 semanas antes de su recolección para que puedan florecer sin contratiempos.

4.2. Presentación de los datos

4.2.1. Comparación del desarrollo del testigo en relación con los tratamientos

Por medio de la prueba de Shapiro-Wilk se determinó la normalidad de los datos obtenidos durante este proyecto. Por lo cual para la comparación de los datos de los 4 cultivos se usó el análisis de varianza (ANOVA). El análisis se realizó de los datos de la semana 9 y semana 10 del cultivo.

Planteamos dos hipótesis para las variables:

H_0 = Todos los tratamientos son iguales

H_1 = Al menos un tratamiento es diferente

4.2.1.1. Altura

La altura de una planta puede depender de factores genéticos, características ambientales, agua y nutrientes presentes en el suelo o luz. También es un factor importante la altura de las plantas vecinas. En este caso, se evaluó si el aporte nutricional de los bioles fue significativo durante la semana 9 y 10 en la altura de las plantas, con los siguientes resultados:

Tabla 8. Análisis de varianza del promedio de la altura en la semana 9

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad para F</i>	<i>Valor crítico</i>
Entre grupos	200,388979	3	66,79632637	2,11296824	0,100372971	2,65713998
Dentro de los grupos	5437,3596	172	31,61255582			
Total	5637,74858	175				

Fuente: Autor

Tabla 9. Análisis de varianza del promedio de la altura en la semana 10

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad para F</i>	<i>Valor crítico</i>
Entre grupos	184,111111	3	61,37037037	2,15898962	0,094574827	2,655938877
Dentro de los grupos	5002,88889	176	28,42550505			
Total	5187	179				

Fuente: Autor

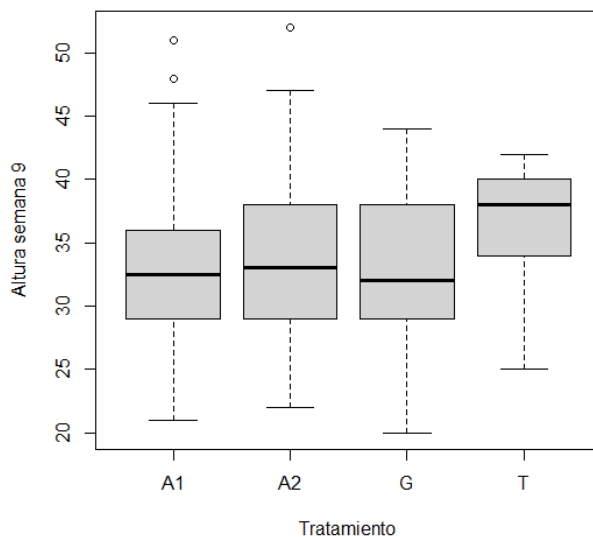


Figura 5. Gráfico de caja del promedio de la altura en la semana 9

Fuente: Autor

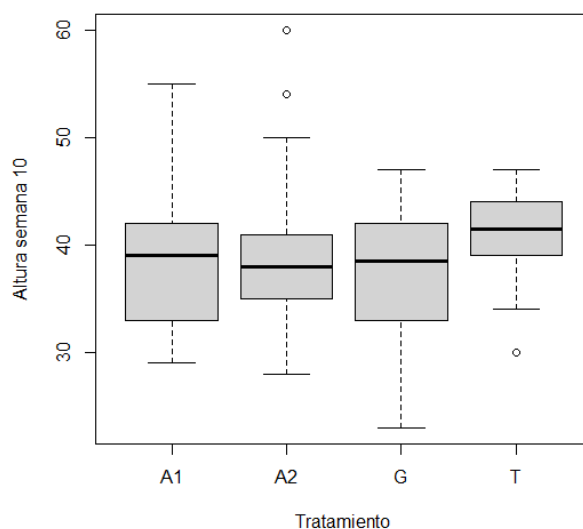


Figura 6. Gráfico de caja del promedio de la altura en la semana 10

Fuente: Autor

Al evaluar los datos del total de la población, se puede observar que el valor de F es menor que el valor crítico de F lo que nos demuestra que no existe una diferencia significativa durante la semana 9 y 10 en la altura de las plantas, lo que significa que el uso del biol no influye en el crecimiento durante esta etapa.

4.2.1.2. Hojas

El número de hojas de una planta depende en gran medida de la especie, la distribución de estas a lo largo del tallo, el agua y en algunos casos la temperatura. La importancia de las hojas radica en su capacidad de realizar fotosíntesis. Del mismo modo, se realizó el conteo semanal de hojas para determinar si la adición de los bioles provoca una diferencia significativa en el número de hojas en la semana 9 y 10 del control, como se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Análisis de varianza del promedio de las hojas en la semana 9

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad para F</i>	<i>Valor crítico</i>
Entre grupos	2422,90677	3	807,6355901	9,06147924	1,32929E-05	2,65713998	
Dentro de los grupos	15330,0932	172	89,12844901				
Total	17753	175					

Fuente: Autor

Tabla 11. Análisis de varianza del promedio de las hojas en la semana 10

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad para F</i>	<i>Valor crítico</i>
Entre grupos	2656,53333	3	885,5111111	8,58267616	2,38351E-05	2,655938877	
Dentro grupos	18158,6667	176	103,1742424				
Total	20815,2	179					

Fuente: Autor

En este caso el valor de F es mayor al valor crítico de F en ambas semanas lo que significa que hay una diferencia significativa en el número de hojas de al menos uno de los tratamientos. Para determinar cuál es el tratamiento que tiene una diferencia estadística se optó por la prueba t de Welcher, dando los siguientes resultados:

Planteamos dos hipótesis para las variables:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 > \mu_2$$

Tabla 12. Resultado prueba de t para número de hojas en la semana 9

Tratamiento	Valor p	Estadístico t	Hipótesis
Testigo-A1	0,014020441	2,316939485	Rechaza hipótesis nula
Testigo-A2	0,074207691	-1,465731763	Acepta hipótesis nula
Testigo-G	0,011385906	2,405146214	Rechaza hipótesis nula

Fuente: Autor

Tabla 13. Resultado prueba de t para número de hojas en la semana 10

Tratamiento	Valor p	Estadístico t	Hipótesis
Testigo-A1	0,01498408	2,286862228	Rechaza hipótesis nula
Testigo-A2	0,063197702	-1,552913423	Acepta hipótesis nula
Testigo-G	0,037844736	1,835836323	Rechaza hipótesis nula

Fuente: Autor

En ambas semanas se puede observar que el valor p de la comparación Testigo-A1 y Testigo-G rechazan la hipótesis nula y aceptan la hipótesis alternativa donde la media del testigo es mayor que la media de los respectivos tratamientos. De esta manera se concluye los tratamientos A1 y G son los que tienen medias significativamente diferentes.

4.2.2. Comparación del tamaño de hojas del testigo en relación con los tratamientos

El tamaño de la hoja es una característica de gran importancia en la planta ya que por medio de ellas se realiza la fotosíntesis y transpiración, hojas pequeñas pueden ser resultado de sequía o falta de nutrientes. Cuando las plantas cumplieron 12 semanas se realizó la recolección de muestras de cada uno de los cultivos de frejol, de cada planta recolectada se contó el número y se midió el tamaño de las hojas para determinar si existe una diferencia significativa. Al cumplir los datos con la normalidad se utilizó el análisis de varianza (ANOVA).

Planteamos dos hipótesis para las variables:

H_0 = Todos los tratamientos son iguales

H_1 = Al menos 1 tratamiento es diferente

Tabla 14. Análisis de varianza del largo de las hojas

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9,78996779	3	3,263322596	1,61954915	0,193903918	2,75296975
Dentro de los grupos	124,927361	62	2,014957437			
Total	134,717329	65				

Fuente: Autor

Tabla 15. Análisis de varianza del ancho de las hojas

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	6,0202892	3	2,006763065	2,35417919	0,080608533	2,75296975
Dentro de los grupos	52,8503992	62	0,852425793			
Total	58,8706884	65				

Fuente: Autor

En ambos casos se puede observar que el valor de F es menor que el valor crítico de F lo que significa que no existe diferencias significativas entre las medias de los cultivos de frejol. Suponiendo que al final de las 12 semanas cuando se realizó la recolección existen hojas con un alto y ancho muy similar en todos los casos.

4.2.3. Comparación de las características finales del testigo en relación con los tratamientos

Luego de 12 semanas desde el día de la siembra se realizó la recolección de las plantas de frejol arbustivo para análisis de las características de importancia, las cuales nos permitirán establecer que cultivo es de mejor calidad. Para esto se utiliza un análisis de varianza, donde se comparan las medias de cada uno de los casos y se puede conocer si existe diferencia significativa.

Planteamos dos hipótesis para las variables:

H_0 = Todos los tratamientos son iguales

H_1 = Al menos 1 tratamiento es diferente

4.2.3.1. Altura final

Tabla 16. Análisis de varianza de la altura final de los cultivos de frejol

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	537,8095238	3	179,2698413	4,09580641	0,009967358	2,743710792
Dentro de los grupos	2888,761905	66	43,76911977			
Total	3426,571429	69				

Fuente: Autor

Ya que el valor de F es mayor que el valor crítico para F como puede observarse en la tabla, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que nos dice que al menos una de las medias es estadísticamente diferente. Para identificar cual o cuales medias son diferentes utilizamos la prueba t de Welch.

Planteamos dos hipótesis para las variables:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 < \mu_2$$

Tabla 17. Resultado prueba de t para altura

Tratamiento	Valor p	Estadístico t	Hipótesis
Testigo-A1	0,14592	-1,11277757	Acepta hipótesis nula
Testigo-A2	0,00646636	-3,089844142	Rechaza hipótesis nula
Testigo-G	0,25453622	0,68055356	Acepta hipótesis nula

Fuente: Autor

Para rechazar la hipótesis nula el valor de p debe ser menor que alfa ($\alpha=0.05$), en la comparación del testigo y el tratamiento A2 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. Por lo que la media que es estadísticamente diferente es la del tratamiento A2.

4.2.3.2. Hojas final

Tabla 18. Análisis de varianza del número final de hojas de los cultivos de frejol

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad F	Valor crítico para F
Entre grupos	1437,04762	3	479,015873	1,72494999	0,170391945	2,74371079
Dentro de los grupos	18328,0952	66	277,6984127			
Total	19765,1429	69				

Fuente: Autor

Como se puede notar en la tabla, el valor de F es menor que el valor crítico de F lo que significa que no existe diferencias significativas entre el número final de hojas de los cultivos de frejol. Lo que nos plantea la idea de que el número de hojas no es indicador de la calidad del tratamiento.

4.2.3.3. Flores final

Las flores para la planta representa la unidad reproductiva, la alta floración se encuentra ligada a una buena nutrición. Los datos referentes a las flores se tomaron al final de la semana 12.

Tabla 19. Análisis de varianza del número de flores en los cultivos de frejol

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1954,66667	3	651,5555556	7,35216024	0,000271157	2,75296975
Dentro de los grupos	5494,5	62	88,62096774			
Total	7449,16667	65				

Fuente: Autor

El análisis de las flores nos entrega un valor de F mayor que el valor crítico de F, esto significa que existe una diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos. Para comparar las medias e identificar cuáles son diferentes utilizamos la prueba t de Welch.

Planteamos dos hipótesis para las variables:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 < \mu_2$$

Tabla 20. Resultado prueba de t para flores

Tratamiento	Valor p	Estadístico t	Hipótesis
Testigo-A1	0,013086282	-2,567373762	Rechaza la hipótesis nula
Testigo-A2	0,009313581	-2,561085037	Rechaza hipótesis nula
Testigo-G	0,19359626	0,904123162	Acepta hipótesis nula

Fuente: Autor

La prueba nos compara al testigo con cada tratamiento, en el caso de Testigo-A1 y Testigo-A2 podemos visualizar que el valor p es menor a alfa ($\alpha=0.05$) rechazando la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Existiendo una diferencia significativa en las medias de los tratamientos A1 y A2.

4.2.3.4. Tallos final

Para el frejol, el tallo representa la estructura central de la planta, ya que es el sostente de ramas, hojas, flores y frutos. El grosor es de gran importancia para sostener una planta robusta.

Tabla 21. Análisis de varianza del grosor del tallo en los cultivos de frejol

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,7804697	3	0,260156566	6,57059151	0,00062784	2,75296975
Dentro de los grupos	2,45483333	62	0,039594086			
Total	3,23530303	65				

Fuente: Autor

El valor F es mayor que el valor crítico F en cuanto a las medias del grosor del tallo, lo que plantea que por lo menos una de las medias es significativamente diferente, para conocer cuál

de las 4 medias es diferente se utilizó la prueba de t de Welcher, obteniendo los siguientes resultados:

Planteamos dos hipótesis para las variables:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 < \mu_2 \text{ si } t \text{ es negativo}$$

$$\mu_1 > \mu_2 \text{ si } t \text{ es positivo}$$

Tabla 22. Resultado prueba de t para tallos

Tratamiento	Valor p	Estadístico t	Hipótesis
Testigo-A1	0,038887359	-1,864509279	Rechaza la hipótesis nula
Testigo-A2	0,214467337	-0,811592653	Acepta hipótesis nula
Testigo-G	0,023345105	2,155553024	Rechaza hipótesis nula

Fuente: Autor

El valor de p para la comparación Testigo-A1 es menor a alfa ($\alpha=0.05$) lo que significa que rechazan la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa donde el resultado de t es negativo; en la comparación Testigo-G el valor de p también es menor a alfa ($\alpha=0.05$) rechazando la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa donde t es positivo. Planteando que ambas medias son significativamente diferentes.

4.2.3.5. Ramas final

Las ramas son estructuras que ayudan al crecimiento vertical de la planta y son el sostén de hojas, flores y futuras vainas.

Tabla 23. Análisis de varianza del número de ramas en los cultivos de frejol

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	60,452381	3	20,15079365	0,48183355	0,696035847	2,74371079
Dentro de los grupos	2760,19048	66	41,82106782			
Total	2820,64286	69				

Fuente: Autor

La tabla nos plantea que el valor de F es menor que el valor crítico de F lo que significa que no existe diferencias significativas entre el número final de ramas de los cultivos de frejol. Lo que nos permite inferir que el número de ramas está definido por la especie.

4.2.4. Comparación de las características finales de los tratamientos

Es de interés de este proyecto determinar cuál de los 3 tratamientos utilizados demuestra en su cultivo de frejol mejores características, por lo cual se realiza la comparación de las medias de las características con datos que han demostrado tener diferencias significativas en pruebas anteriores, por medio de la prueba de Tukey se comparará los datos en el software estadístico R:

```

Fit: aov(formula = Altura ~ tratamiento)
$tratamiento
      diff      lwr      upr    p adj
A2-A1  1.476190 -3.433135  6.3855160 0.7511088
G-A1  -5.190476 -10.099802 -0.2811506 0.0359184
G-A2  -6.666667 -11.575992 -1.7573411 0.0051006

```

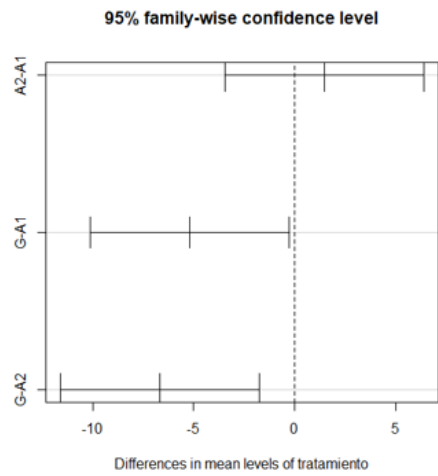


Figura 7. Prueba de Tukey para la altura

Fuente: Autor

```

Fit: aov(formula = Flores ~ tratamiento)
$tratamiento
      diff      lwr      upr    p adj
A2-A1  1.904762 -5.38683  9.196354 0.8054773
G-A1 -11.190476 -18.48207 -3.898885 0.0013990
G-A2 -13.095238 -20.38683 -5.803646 0.0001765

```

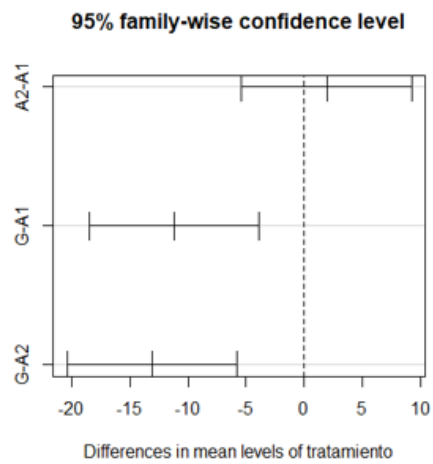


Figura 8. Prueba de Tukey para el número de flores

Fuente: Autor

```

Fit: aov(formula = Tallo ~ tratamiento)

Stratamiento      diff      lwr      upr      p adj
A2-A1 -0.07619048 -0.2292707  0.07688979 0.4601060
G-A1  -0.26666667 -0.4197469  -0.11358640 0.0002743
G-A2  -0.19047619 -0.3435565  -0.03739592 0.0111019

```

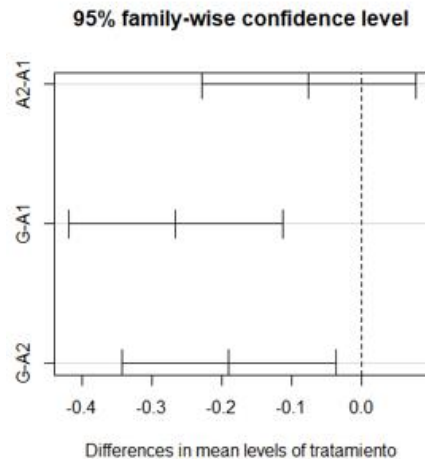


Figura 9. Prueba de Tukey para el grosor del tallo

Fuente: Autor

Para concluir que existe diferencia significativa entre tratamientos con la prueba de Tukey pueden plantearse 2 parámetros: el intervalo de confianza no debe incluir al 0 y/o el valor p ajustado debe ser menor a $\alpha=0.05$. En la comparación de los tratamientos se plantea una diferencia significativa en G-A1 y G-A2 en los tres casos, donde G es el tratamiento donde los cultivos demuestran menor calidad de acuerdo con las características analizadas.

En la comparación de A2-A1 referente a altura y flores, el tratamiento A2 demuestra tener una leve superioridad sobre el tratamiento A1, solo en el caso del grosor de los tallos A1 es superior. Aclarando que la diferencia entre A1 y A2 es ciertamente muy baja.

4.2.5. Comparación de los resultados de los análisis de suelos

Se analizó 3 muestras de la tierra antes de la colocación del biol, 3 muestras de tierra con adición de biol A1 y 3 muestras con adición de A2. Estos datos cumplen con la normal, lo que

nos permitió realizar un análisis de varianza (ANOVA) en cada uno de los parámetros como nitrógeno, fósforo y potasio.

Tabla 24. Análisis de varianza del porcentaje de nitrógeno presente en el suelo

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2,996355556	2	1,498177778	3	0,34770306	5,14325285
Dentro de los grupos	7,098666667	6	1,183111111			
Total	10,09502222	8				

Fuente: Autor

Tabla 25. Análisis de varianza de la cantidad de fósforo presente en el suelo

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,00882222	2	0,004411111	0,77087379	0,503544405	5,14325285
Dentro de los grupos	0,03433333	6	0,005722222			
Total	0,04315556	8				

Fuente: Autor

Tabla 26. Análisis de varianza de la cantidad de potasio presente en el suelo

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de GL</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	712438,202	2	356219,1012	1,06628007	0,401579838	5,14325285
Dentro de los grupos	2004458,93	6	334076,488			
Total	2716897,13	8				

Fuente: Autor

En las 3 tablas se observa que el valor de F es menor que el valor crítico de F lo que significa que no existe diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados (NPK).

4.2.6. Comparación de las características visuales de las plantas luego de la recolección

En el anexo 6 se encuentran fotos de plantas que representan los distintos cultivos de frejol que se manejaron en este proyecto. La descripción visual de las plantas por parte del investigador es de importancia para determinar que tratamiento es el más recomendable.

4.2.6.1. Testigo

A las plantas consideradas como testigo solo se les colocó agua dependiendo de sus necesidades, al final de las 12 semanas se pudo observar plantas poco robustas, hojas de un verde ligeramente pálido, flores pequeñas y en poca cantidad, tallo delgado y a pesar de ser una variedad de frejol arbustivo, las plantas testigo hilaron buscando una guía a la cual adherirse. Existieron quemaduras solares abióticas considerables y ataque de plagas (*oniscídeos*).

4.2.6.2. Tratamiento A1

A las plantas consideradas como tratamiento A1 se les adicionó 8 dosis de biol A1, al momento de su recolección se visualizó plantas robustas, hojas de un verde oscuro, flores grandes en las yemas de la planta, tallo grueso, menor presencia de quemaduras solares abióticas y plagas.

4.2.6.3. Tratamiento A2

A las plantas consideradas como tratamiento A2 se les adicionó 8 dosis de biol A2, al analizar sus características se denotó ramas más largas por lo que la planta se ve más robusta, hojas de un verde oscuro, flores grandes en todas las yemas de la planta, tallo grueso, menor presencia de quemaduras solares abióticas y plagas.

4.2.6.4. Tratamiento G

A las plantas consideradas como tratamiento G se les adicionó 8 dosis de un abono orgánico genérico, al analizar sus características se observó plantas medianamente robustas, hojas de un verde oscuro, flores medianas distribuidas en la planta, tallo delgado, presencia de quemaduras solares abióticas y hubo ataque de plagas.

4.3. Discusión

Los dos bioles fueron realizados siguiendo lo planteado por Zegers (2021) en su artículo escrito para el INIA, se realizó la comparación de la composición química con un biol realizado en la ciudad de Cuenca bajo el control del INIAP, los bioles A1 y A2 tienen baja concentración de Nitrógeno y Fósforo pero alto contenido de potasio. En cuanto a micronutrientes, el contenido de Ca y Fe es mayor en el biol del INIAP, el contenido de Mn es relativamente similar y el porcentaje de Mo es mayor en los bioles A1 y A2. También es de importancia comentar la presencia de Zn y Cu en baja concentración en el A1 y media concentración en el A2.

Según los datos de Acosta (2019) en su estudio de características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido biol, describe un pH de poco más de 6 para biol de bovino y porcino pensado para un cultivo de rábano, en este estudio el pH obtenido en cada caso es ligeramente superior a 7, lo que al usarse en frejol facilita la adsorción de nutrientes sin consecuencias negativas ya que esta planta soporta un pH de hasta 8.

En cuanto a conductividad eléctrica, Acosta (2019) expone para el biol bovino un valor de 8.40 dS/m y 13.40 dS/m para el porcino, a la par en los bioles realizados se encuentran valores de

alrededor de 12 dS/m estando dentro del rango aceptable ya que no sobrepasa el 2 dS/m considerado como el límite para una sustancia con problema de sales.

El contenido de NPK en la comparación realizada por Acosta (2019) contra otros bioles coloca al biol bovino por encima del biol porcino tanto en Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en nuestro caso existe mayor presencia de Nitrógeno en el biol porcino (A2), igual cantidad de Fósforo, y semejante presencia de Potasio. Por lo que se plantea la superioridad del biol porcino sobre el bovino en este estudio basado en características como la altura final de la planta o el número de flores al final del cultivo.

En cuanto a las características más significativas del frejol se puede comparar con las obtenidas en el estudio de Tello (2022) del efecto agronómico en dos sistemas de siembra (monocultivo e intercalado) de tres variedades de frejol arbustivo (*phaseolus vulgaris*), donde la altura de la planta estaba entre 48,37 cm y 48,74 cm que se asemeja al promedio del testigo que fue 48,43 cm mientras que los cultivos tratados con los bioles presentaron alturas de 51,57 cm para el biol A1 y 53.05 cm para el biol A2.

En relación con las flores, el número puede variar según muchos factores como el clima, se infiere tuvieron al menos 20 flores por planta ya que el promedio de vainas fue 12 lo que plantea la maduración del 60% de las misma, en este estudio el promedio de flores en el caso del testigo fue de 23, del tratamiento A1 fue 31 y del tratamiento A2 fue 33, lo que da una probabilidad de mayor número de vainas en los cultivos con tratamiento de biol.

CAPITULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se evaluó la calidad de cultivos de frejol tratados con biol a base de Cannabis residual obtenida de extracciones realizadas en trabajos previos. Determinando que el tratamiento A2 fue el mejor por medio de pruebas fisicoquímicas como pH, conductividad, contenido de NPK, micronutrientes; y análisis de características que representan la calidad del cultivo como la altura final de la planta (53 cm) , el número total de las flores (33 flores) y el grosor del tallo (2.01 cm).

Mediante este proyecto se obtuvo 2 bioles a base de Cannabis con aroma agradable, su composición química analizada por el INIAP presenta en el biol A1 N: 10,9 ppm; P:65,8 meq/100mL; K:7,85 meq/100mL y en el biol A2 N: 15 ppm; P:63,2 meq/100mL; K:7,49 meq/100mL; además de micronutrientes como molibdeno (1,6%;0,74%), cobre (1 ppm; 1,1 ppm), calcio (2,44 meq/100mL; 1.98 meq/100mL), magnesio (2.64 meq/100mL; 1.24 meq/100mL), zinc (1,7 ppm; 5 ppm), manganeso (0,3 ppm; 1,2 ppm), hierro (11 ppm; 5 ppm) que ayudan al desarrollo de la planta por lo que se puede afirmar que se consiguió un producto estable.

Mediante un análisis de varianza (ANOVA) se concluyó que no existen diferencias significativas en los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos. No obstante, esta ausencia de diferencia estadística no implica que los bioles no hayan tenido efecto. Es posible que los nutrientes aportados hayan sido rápidamente absorbidos por las plantas en crecimiento o utilizados por los microorganismos

del suelo, sin permanecer disponibles el tiempo suficiente para ser detectados por los análisis. Además, los bioles liberan nutrientes de forma gradual y pueden presentar pérdidas por volatilización o lixiviación, especialmente de nitrógeno, lo que limita su acumulación detectable en el suelo. Por ello, sus efectos suelen evidenciarse más en la respuesta del cultivo que en cambios químicos inmediatos del suelo.

Al final del proyecto mediante la recolección y análisis de datos se determinó que hubo un desarrollo adecuado de los cultivos porque las características están dentro de rangos conocidos (altura: 48 cm; hojas: 41; ramas: 13; flores: 20; tallo:1,96) para esta planta y que el tratamiento A2 (altura: 53 cm; hojas: 39; ramas: 13; flores: 33; tallo: 2,01) es el que genera mayor desarrollo vegetal ya que indujo un desarrollo foliar más temprano, mayor altura, robustez, coloración de hojas y firmeza de la estructura en las plantas comparado con otros tratamientos.

Al utilizar la prueba Tukey se comparó los tratamientos en relación con el número de flores obtenidas ya que es la característica que nos permite hablar del rendimiento a futuro. En el frejol solo el 60% de las flores terminan convirtiéndose en vainas. Al tener el mayor número de flores por planta (33 flores), el cultivo con mayor rendimiento y a su vez mayor calidad fue el tratado con el biol A2, obtenido de la fermentación anaerobia del estiércol de cerdo y Cannabis como material vegetal.

5.2. Recomendaciones

Complementar el material vegetal con alguna fuente de nitrógeno y fósforo como alfalfa, chanca, desechos de legumbres para que el biol cuente con mayor concentración de estos elementos.

Controlar la temperatura del invernadero para minimizar las quemaduras solares abióticas en las hojas de las plantas, usar sarán de ser necesario.

Revisar los cultivos con regularidad para evitar que pasen por situaciones como sequías o inundaciones.

Colocar el biol en el suelo con anterioridad a la siembra, o realizar una siembra continua en el mismo terreno ya que la bibliografía nos comenta que pueden verse mejores resultados del uso del biol.

Se recomienda realizar más investigación con Cannabis residual como material vegetal utilizando estiércol de otros animales como el cuy o la gallina y que las repeticiones sean continuas en el mismo terreno.

Dejar más espacio en los surcos y entre cada planta cuando se utilice este tipo de biol ya que las plantas presentan mayor robustez creando competencia por el espacio con las plantas vecinas.

Es de importancia aporcar cada una de las plantas para garantizar el soporte de la estructura durante su ciclo de vida.

Se recomienda dosificar el biol a través de la aplicación foliar con espray para garantizar una distribución uniforme y evitar el ataque de plagas.

En el momento que empiece la floración se recomienda manipular de manera mínima las plantas y mantener una humedad considerable.

No almacenar el biol en lugares muy calurosos o que estén expuestos directamente al sol para evitar la pérdida de sus propiedades.

CAPITULO 6

Bibliografía

- Acosta, R. (2019). Características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido biol obtenido por digestión anaerobia de estiércol de animales con rastrojo. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Agropinos. (2024, June 5). *Tipos de invernaderos: Todo lo que debe saber | Agropinos*.
<https://www.agropinos.com/blog/los-tipos-de-invernaderos>
- Ana Román. (2020). *Guía para elaborar el Biol*.
- ARCSA. (2022, August 23). *Normativa técnica sanitaria para la regulación y control de productos terminados de uso y consumo humano que contengan cannabis no psicoactivo o cáñamo, o derivados de cannabis no psicoactivo o cáñamo | ARCSA-DE-2022-014-AKRG*.
<https://www.gob.ec/regulaciones/arcsa-2022-014-akrg-expidese-normativa-tecnica-sanitaria-regulacion-control-productos-terminados-uso-consumo-humano-contengan-cannabis-no-psicoactivo-canamo-derivados-cannabis-no-psicoactivo-canamo>
- Argentina.gob.ar. (2021). *Biodigestores: los residuos como generadores de energía | Argentina.gob.ar*.
<https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/accion/biodigestores>
- Aveiga, K. R. (2020). *Efecto de la fertilización con bioles en diferentes sustratos sobre el crecimiento de mangle nato (Mora oleífera) [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]*.
<https://es.scribd.com/document/472813747/tesis-metodologia-SR-docx>
- Banco Mundial. (2018, September 20). *Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Berger. (2023). *¿Por qué cultivar en invernadero? Ventajas y desventajas - Berger - ES*.
<https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/cultivar-invernadero-ventajas-desventajas/>
- Bone, J. W., & Martínez, L. R. (2020). *“Producción de tres variedades de fréjol Phaseolus vulgaris L. en asociación con el cultivo de Café.”*. Ecuador : La Maná : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6923>
- CEDIA. (2023). *Licencias para actividades económicas con cáñamo. Connect, 13, 27–29*.
www.cedia.edu.ec
- Contreras Franco, K. S. (2024). *“Gestión Sostenible de Residuos Agrícolas.”*
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15995>

- CRODA. (2022). *Tratamiento de semillas | Croda Crop Care*. <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/seed-treatment>
- Diario La Hora. (2023, April 20). *Día de la marihuana o 4-20 ¿por qué se celebra? y ¿cuál es el avance de Ecuador en este tema?* <https://www.lahora.com.ec/pais/dia-marihuana-celebracion-4-20-ecuador/>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Melendez, E., Cabrejo-Sánchez, C., Valdés-Rodríguez, O. A., Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Melendez, E., Cabrejo-Sánchez, C., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(2), 144–153. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- El Universo. (2023, June 27). *Estos son los productos hechos a base de cannabis que se venden en Ecuador | Economía | Noticias | El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estos-son-los-productos-hechos-a-base-de-cannabis-que-se-venden-en-ecuador-nota/>
- europa.eu. (2024). *Cáñamo - Comisión Europea*. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_es
- Fertri Invernaderos. (2023, November 10). *Invernadero semillero para germinación de cultivos*. <https://fertri.com/2023/11/invernadero-semillero-cultivo/#partes-de-un-invernadero-semillero>
- Garavito, O., & Gomero, L. (2020). The relationship between the production of biogas and biol from trout waste and cow manure | South Sustainability. *Vol. 1 No. 1 (2020): January-June*, 1. <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/637>
- Gertru Lama. (2022, April 7). *Tipos de invernaderos y sus características*. <https://www.lamastore.es/blog/tipos-de-invernaderos/#Tipos-de-invernadero-segun-la-forma>
- Góngora-Martínez, O., Rodríguez-Fernández, P. A., & Castillo-Ferrer, J. (2020). Comportamiento agronómico de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Songo-La Maya, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia En Su PC*, 1, 31–45. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107003/html/>
- Guamán J., R., Andrade V., C., & Alava A., J. (2004). *Guía para el cultivo de fréjol en el Litoral ecuatoriano*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1996>
- Guamán, R., Andrade, C., & Alava, J. (2004). Fréjol en el Litoral ecuatoriano. *Estación Experimental Boliche, INIAP - Ecuador*.
- Guerrero, J. G. (2022). *Efectos del biol en el cultivo de melón (Cucumis melo L.) y su impacto en el rendimiento* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13284>
- Gutierrez, F., Diaz Plasencia, S., Rojas Vásquez, Z., Vallejos Fernández, L. A., & Gutierrez Arce, W. (2020). *Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (Medicago sativa v. vicius) en Cajamarca*. <https://revistas.upagu.edu.pe/index.php/PE/article/view/658>
- GVN Abogados. (2020, October 26). *Normativa y Oportunidades del Cultivo de Cannabis en Ecuador*. <https://gvn.com.ec/2020/10/26/normativa-y-oportunidades-del-cultivo-de-cannabis-en-ecuador/>

- Hernández Ricardo. (2024, March 1). *Guía: ¿Qué es un invernadero?: Tipos y usos | HYDRO ENVIRONMENT*. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=44
- Industria Cannabis. (2023). *¿Qué rol podría ocupar el cáñamo en la elaboración de biocombustibles?* <https://www.industriacannabis.com.ar/es/que-rol-podria-ocupar-el-canamo-en-la-elaboracion-de-biocombustibles/>
- Junta de Castilla y León. (2020). *Residuos agrícolas, forestales, ganaderos y cultivos energéticos*. <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/residuos-agricolas-forestales-ganaderos.html>
- Lardizabal, R., Arias, S., & Segura, R. (2013). *MANUAL DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL*. USAID. www.fintrac.com
- Lopes, F. W. B., de Almeida Andrade, M. R., Barros Neto, E. L. DE, Lavoie, J. M., & Rego DE Vasconcelos, B. (2024). H₂-rich syngas production from gasification of cannabis waste in a downdraft gasifier. *Biomass and Bioenergy*, 190, 107417. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107417>
- Tello, J. (2022). *Estudio del efecto agronómico en dos sistemas de siembra (monocultivo e intercalado) de tres variedades de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris), en el barrio Anchiliví, cantón Salcedo-2022*. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9618>
- MAATE. (2017, June 10). *LEY ORGANICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y FOMENTO DE AGRICULTURA*. www.lexis.com.ec
- MAG. (2020a). *Acuerdo Ministerial No. 141- 2020 Tarifario para las licencias contempladas en el Acuerdo Ministerial No. 109 de 19 de Octubre de 2020*. <https://www.agricultura.gob.ec/biblioteca/>
- MAG. (2020b, October 19). *Acuerdo Ministerial No. 109-2020 Reglamento para la importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo y de Cáñamo para Uso Industrial*. <https://www.agricultura.gob.ec/biblioteca/>
- MAG. (2022, April 19). *El Biol, alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos*. <https://www.agricultura.gob.ec/el-biol-alternativa-organica-para-nutrir-y-desarrollar-los-cultivos/>
- MARNYS. (2020). *Propiedades del aceite de semilla de Cáñamo Cannabis Sativa*. <https://www.marnys.com/es/magazine/propiedades-aceite-semilla-canamo-cannabis-sativa/#alto-contenido-en-acidos-grasos-esenciales>
- Martínez, M. C., Morales, J. S., Rincón, J. C., & Riveros, L. E. (2021). *PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS VEGETALES EN EL PROCESO DE COSECHA DE CANNABIS SATIVA EN LA EMPRESA AURORA MEDICINAL*. [Universidad El Bosque]. <https://hdl.handle.net/20.500.12495/7493>
- Medina, J. A. (2023). *Análisis de alternativas para el aprovechamiento de residuos generados por la industria del cannabis*. [Universidad Santo Tomás]. Universidad Santo Tomás

- Ministerio del Ambiente, C. (2021, June 1). *Biodigestión: el proceso biológico que convierte los residuos orgánicos en energía limpia – Chile Canada*. <https://acuerdochilecanada.mma.gob.cl/biodigestion-el-proceso-biologico-que-convierte-los-residuos-organicos-en-energia-limpia/>
- Moscariello, C., Matassa, S., Esposito, G., & Papirio, S. (2021). From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105864. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105864>
- Moscoso, M. A. P., Yzquierdo, G. A. R., & Vásquez, M. B. (2022). Identificación de microorganismos asociados al suelo, sustrato y agua de un sistema productivo de *Cannabis sativa* L. *Temas Agrarios*, 27(1), 272–286. <https://doi.org/10.21897/RTA.V27I1.3111>
- MSP. (2021, March 15). *Acuerdo Ministerial No. 148 Reglamento para el uso terapeutico, prescripción y dispensación del cannabis medicinal y productos farmacéuticos que contienen cannabinoides*. www.lexis.com.ec
- Muñoz, W. A. (2019). *Producción de biofertilizante a partir de la descomposición de biomasa a través de biogestores* [Universidad Técnica de Baabahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6162>
- Pérez, J. A., Franco, J. M., Benítez Benítez, R., Pérez, J. A., Franco, J. M., & Benítez Benítez, R. (2023). Biomasa residual de industria del Cannabis, una alternativa para la obtención de productos de alto valor agregado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(1), 92–103. <https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.BIOTE.V25N1.102648>
- Prohibition Partners. (2022). *The Global Cannabis Report*. <https://prohibitionpartners.com/reports/the-global-cannabis-report-edition-3/>
- Ramírez, L. A. G., Cabrera, F. A. L., Escobedo, M. K. L., Vásquez, C. B. B., & Torres, C. A. L. (2023). *Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica*. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- Robertson, K. J., Brar, R., Randhawa, P., Stark, C., & Baroutian, S. (2023). Opportunities and challenges in waste management within the medicinal cannabis sector. *Industrial Crops and Products*, 197. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2023.116639>
- Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Patiño-Moscoso, M. A., & Betancourt-Vásquez, M. (2021). Physiological characterization in medicinal Cannabis plants during different phenological stages under biotic stress. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 823–840. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.44443>
- Rotoplas Agro. (2022, November 30). *Qué son los residuos agrícolas y cómo tratarlos*. <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-son-los-residuos-agricolas-y-como-tratarlos/>
- The Guide to Seed - Treatment Stewardship. (2015). *Guía para la gestión del Tratamiento de Semillas*. <https://seed-treatment-guide.com/resources/>
- UPS. (2021). *UPS firma convenios de cooperación con tres instituciones*. <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=561274&byid>

Urra, J., Mijangos, I., Epelde, L., Alkorta, I., & Garbisu, C. (2020). Impact of the application of commercial and farm-made fermented liquid organic amendments on corn yield and soil quality. *Applied Soil Ecology*, 153, 103643. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2020.103643>

Vasyl Cherlinka. (2024, February 9). *Tratamiento De Semillas Y Un Desarrollo Sano De Los Cultivos*. <https://eos.com/es/blog/tratamiento-de-semillas/>

VOLTA. (2023, June 28). *Biodigestión, una alternativa sostenible para los residuos orgánicos*. <https://www.voltachile.cl/biodigestion/>

Zegers, G., Cárcamo, J., Águila, K., & Leod, C. (2021). *Elaboración y usos del BIOL un abono natural en la agricultura sostenible - PortalFruticola.com*. Inia. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/09/29/elaboracion-y-usos-del-biol-un-abono-natural-en-la-agricultura-sostenible/>

CAPÍTULO 7

Anexos

Anexo 1. Preparación del biol



Figura 10. Ensamblaje de los biodigestores

Fuente: Autor



Figura 11. Residuos del Cannabis

Fuente: Autor



Figura 12. Pesaje del estiércol porcino

Fuente: Autor



Figura 13. Pesaje del estiércol bovino

Fuente: Autor

Anexo 2. Filtración de los bioles



Figura 14. Apertura del biodigestor

Fuente: Autor



Figura 15. Cernido del biol

Fuente: Autor



Figura 16. Almacenado del biol

Fuente: Autor

Anexo 3. Ensamblaje del invernadero



Figura 17. Estructura del invernadero

Fuente: Autor



Figura 18. Invernadero ensamblado

Fuente: Autor



Figura 19. Tierra preparada para el cultivo

Fuente: Autor

Anexo 4. Siembra y control semanal



Figura 20. Día de siembra del fréjol, repetición 1

Fuente: Autor



Figura 21. Día de siembra del fréjol, repetición 2

Fuente: Autor



Figura 22. Día de siembra del fréjol, repetición 3

Fuente: Autor



Figura 23. Germinación de frejol, repetición 1 (semana 2)

Fuente: Autor



Figura 24. Germinación de frejol, repetición 2 (semana 2)

Fuente: Autor



Figura 25. Germinación de frejol, repetición 3 (semana 2)

Fuente: Autor



Figura 26. Cultivo de frejol, repetición 1 (semana 6)

Fuente: Autor



Figura 27. Cultivo de frejol, repetición 2 (semana 6)

Fuente: Autor



Figura 28. Cultivo de frejol, repetición 3 (semana 6)

Fuente: Autor



Figura 29. Cultivo de frejol, repetición 1 (semana 10)

Fuente: Autor



Figura 30. Cultivo de frejol, repetición 2 (semana 10)

Fuente: Autor



Figura 31. Cultivo de frejol, repetición 3 (semana 10)

Fuente: Autor

TESTIGO																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	8,0	2	18,0	8	24,0	21	31,0	17	35,0	24	37,0	30	40,0	33	44,0	36
Planta 2	7,0	2	12,0	5	19,0	8	25,0	12	31,0	21	33,0	33	36,0	40	41,0	46
Planta 3	10,5	2	16,5	9	22,0	13	26,0	20	29,0	26	31,0	29	33,0	33	39,0	35
Planta 4	8,0	2	13,0	4	15,0	8	19,0	11	26,0	17	29,0	23	34,0	26	37,0	26
Planta 5	5,0	2	14,0	5	22,0	8	26,0	14	29,0	20	33,0	26	39,0	30	42,0	39
Planta 6	5,5	2	13,0	5	23,0	8	27,0	17	32,0	26	34,0	29	38,0	29	41,0	32
Planta 7	7,0	2	13,5	7	19,5	10	23,0	13	29,0	22	32,0	25	38,0	31	43,0	36
Planta 8	6,0	2	11,0	5	23,0	10	32,0	14	35,0	26	36,0	32	39,0	32	42,0	35
Planta 9	8,0	2	18,0	8	23,0	10	25,0	15	31,0	18	35,0	21	39,0	21	44,0	28
Planta 10	5,0	2	18,0	2	20,0	5	22,0	8	29,0	8	33,0	12	36,0	12	40,0	15
Planta 11	9,0	2	19,0	5	21,0	8	30,0	13	36,0	18	40,0	21	42,0	24	46,0	27
Planta 12	3,0	2	6,5	5	10,0	8	13,5	8	17,0	8	19,0	12	25,0	12	30,0	18
Planta 13	6,5	2	12,5	5	14,0	8	21,0	12	28,0	18	29,0	21	32,0	24	41,0	27
Planta 14	7,5	2	14,0	5	20,0	8	25,0	12	38,0	18	39,0	21	42,0	27	47,0	30
Planta 15	5,5	2	11,5	5	18,0	8	23,0	8	30,0	15	37,0	19	41,0	23	45,0	29
Planta 16	4,0	2	11,5	8	15,0	8	19,0	12	28,0	12	31,0	15	34,0	17	38,0	21
Planta 17	9,0	2	12,5	2	14,0	8	20,0	14	24,0	19	27,0	25	29,0	29	34,0	39
Planta 18	7,5	2	15,0	8	23,0	11	31,0	17	36,0	26	37,0	29	40,0	29	43,0	33

Figura 32. Datos de las mediciones semanales del testigo

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A1																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	6,0	2	15,0	5	23,0	8	28,0	12	31,0	21	33,0	27	38,0	32	43,0	35
Planta 2	7,0	2	16,5	5	25,0	8	31,0	12	36,0	24	41,0	33	44,0	36	46,0	37
Planta 3	6,0	2	14,0	5	19,0	8	25,0	11	29,0	18	36,0	21	40,0	26	43,0	29
Planta 4	7,5	2	16,5	5	20,0	10	24,0	12	31,5	18	35,0	27	39,0	33	44,0	36
Planta 5	2,0	2	5,0	2	10,0	5	17,0	8	18,0	11	19,0	14	26,0	17	34,0	26
Planta 6	8,5	2	21,0	10	30,0	17	34,0	20	37,0	26	46,0	38	52,0	38	55,0	40
Planta 7	7,0	2	17,0	8	21,0	11	27,0	13	34,0	19	38,0	28	43,0	31	48,0	50
Planta 8	4,0	2	9,0	2	15,0	8	23,0	9	28,0	18	32,0	18	36,0	26	42,0	30
Planta 9	3,5	2	10,0	5	17,0	8	23,0	12	26,0	21	28,0	24	30,0	30	35,0	33
Planta 10	6,5	2	12,5	5	15,0	5	24,0	7	26,0	7	27,0	7	29,0	12	36,0	18
Planta 11	6,0	2	10,0	5	14,0	8	24,0	9	30,0	12	33,0	18	38,0	23	42,0	34
Planta 12	6,0	2	13,0	5	12,0	10	18,0	13	22,0	16	25,0	19	28,0	21	35,0	29
Planta 13	5,5	2	10,0	7	15,0	8	17,0	15	26,0	21	28,0	21	33,0	28	37,0	33
Planta 14	3,0	2	8,0	2	16,0	5	18,0	8	19,0	8	20,0	8	22,0	15	29,0	21
Planta 15	3,0	2	11,0	5	12,0	8	12,0	14	18,0	21	27,0	32	32,0	37	39,0	37
Planta 16	6,5	2	10,5	8	17,0	11	34,0	20	37,0	26	41,0	29	47,0	32	51,0	37
Planta 17	5,0	2	10,0	6	15,0	8	18,0	12	24,0	12	27,0	15	30,0	20	38,0	26
Planta 18	7,0	2	12,5	6	17,0	6	18,0	8	21,0	8	23,0	12	25,0	18	32,0	26

Figura 33. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 1

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A1																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	4,5	2	7,0	5	10,0	5	12,0	7	15,0	10	26,0	16	37,0	22	42,0	26
Planta 2	3,0	2	4,0	2	9,0	5	13,0	8	18,0	12	25,0	18	38,0	27	45,0	27
Planta 3	2,0	2	5,0	2	9,0	5	12,0	6	20,0	12	20,5	18	28,0	25	32,0	27
Planta 4	3,5	2	7,0	5	7,0	5	9,0	9	17,0	9	24,0	11	31,0	11	39,0	15
Planta 5	2,5	2	4,5	3	8,0	3	8,0	4	11,0	12	19,0	15	33,0	18	39,0	21
Planta 6	3,0	2	3,0	2	5,0	2	7,0	3	13,0	6	20,5	11	31,0	12	40,0	18
Planta 7	2,5	2	4,0	2	5,0	2	6,5	5	12,0	8	18,5	12	28,0	21	31,0	25
Planta 8	2,0	2	4,5	5	8,0	5	13,5	9	18,0	11	22,0	14	37,0	19	39,0	25
Planta 9	2,0	2	3,5	5	7,5	5	14,5	8	22,0	8	28,0	11	42,0	20	50,0	23
Planta 10	3,0	2	4,0	2	6,5	5	15,5	10	22,0	13	26,0	17	43,0	21	43,0	24
Planta 11	2,0	2	3,5	5	5,0	8	6,0	11	11,0	15	29,0	21	40,0	25	40,0	29
Planta 12	4,0	2	8,0	2	12,0	5	18,0	5	26,0	8	31,0	11	37,0	14	39,0	17
Planta 13	3,5	2	5,0	2	5,0	2	7,0	2	14,0	7	19,0	15	27,0	18	29,0	23
Planta 14	4,5	2	8,5	5	11,0	7	16,5	9	22,0	9	30,0	10	38,0	16	40,0	18
Planta 15	2,0	2	4,0	2	5,0	2	6,0	5	17,0	8	28,0	8	33,0	12	33,0	15
Planta 16	3,0	2	4,5	2	8,0	5	9,0	5	15,0	8	20,0	15	24,0	25	30,0	27
Planta 17	4,0	2	4,0	2	8,0	2	8,0	3	15,0	6	17,0	9	32,0	12	33,0	15
Planta 18	3,0	2	3,0	2	5,0	5	5,0	7	11,0	7	19,0	12	30,0	24	31,0	29

Figura 34. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 2

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A1																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	4,0	2	8,5	5	11,0	5	13,5	8	19,0	15	21,5	21	38,0	29	43,0	33
Planta 2	6,0	2	9,0	2	13,5	2	15,0	5	16,0	5	16,0	8	24,0	14	30,0	14
Planta 3	3,5	2	6,0	2	6,0	2	9,0	6	20,0	12	26,0	15	41,0	20	43,0	26
Planta 4	6,0	2	8,5	2	12,0	5	13,0	5	14,5	9	19,5	14	28,0	18	32,0	21
Planta 5	2,5	2	7,0	2	9,5	5	12,5	9	21,0	10	27,0	15	38,0	24	42,0	27
Planta 6	4,0	2	5,5	2	6,5	2	7,0	3	18,0	5	22,5	9	30,0	15	38,0	24
Planta 7	3,5	2	5,0	2	7,5	5	10,0	7	13,0	9	19,0	12	30,0	18	35,0	21
Planta 8	6,0	2	6,5	2	8,5	2	12,0	8	14,0	14	21,0	17	34,0	24	41,0	29
Planta 9	5,5	2	7,0	2	7,0	2	9,0	5	18,0	8	25,0	12	32,0	15	39,0	18
Planta 10	5,5	2	5,5	2	8,0	2	8,0	7	16,5	7	24,0	11	33,0	20	40,0	23
Planta 11	6,5	2	8,0	2	9,0	5	12,5	10	18,5	15	25,0	21	36,0	29	40,0	31
Planta 12	3,0	2	6,5	2	9,0	2	13,5	3	19,0	11	24,0	11	29,0	14	33,0	20
Planta 13	4,0	2	6,0	5	6,5	5	10,0	7	18,0	7	23,5	13	32,0	19	37,0	22
Planta 14	2,0	2	4,5	2	7,0	5	11,0	8	14,0	10	19,5	10	28,0	13	33,0	17
Planta 15	2,0	2	5,0	3	5,0	3	11,0	6	16,0	8	21,0	12	29,0	21	36,0	25
Planta 16	4,0	2	6,0	2	6,0	2	8,5	6	15,0	11	24,0	11	35,0	18	40,0	18
Planta 17	4,5	2	6,0	2	7,5	2	10,0	5	13,5	5	21,0	8	24,0	18	30,0	21
Planta 18	6,5	2	9,0	2	11,0	2	15,0	5	18,0	9	26,0	15	35,0	24	41,0	27

Figura 35. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A1, repetición 3

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A2																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	7,5	2	15,0	7	23,0	13	26,0	19	30,0	28	35,0	39	42,0	50	46,0	62
Planta 2	4,0	2	8,5	2	13,0	5	23,0	15	28,0	18	31,0	18	38,0	33	42,0	33
Planta 3	6,5	2	9,0	3	14,0	8	17,0	9	18,0	21	25,0	27	34,0	48	36,0	48
Planta 4	4,0	2	8,5	2	12,0	5	26,5	9	28,0	9	29,0	12	34,0	12	36,0	15
Planta 5	7,0	2	14,5	6	15,0	12	17,0	21	22,0	21	25,0	24	33,0	30	38,0	36
Planta 6	6,0	2	14,5	8	23,0	15	24,0	21	32,0	30	40,0	42	46,0	48	50,0	55
Planta 7	2,5	2	6,5	2	10,0	4	14,0	14	16,0	18	19,0	21	29,0	40	35,0	44
Planta 8	2,0	2	8,0	2	15,0	5	15,0	8	19,0	8	22,0	8	31,0	10	37,0	12
Planta 9	5,5	2	12,0	8	11,0	5	18,0	12	19,0	18	20,0	27	29,0	47	33,0	49
Planta 10	5,5	2	13,0	8	21,0	22	22,0	30	29,0	48	37,0	57	41,0	70	46,0	80
Planta 11	4,0	2	7,0	5	10,0	8	18,0	18	20,0	21	22,0	24	32,0	47	38,0	53
Planta 12	3,5	2	8,5	5	11,0	5	12,0	9	20,0	12	23,0	15	28,0	22	33,0	27
Planta 13	6,0	2	9,0	5	11,0	6	14,0	6	21,0	10	27,0	10	33,0	12	37,0	17
Planta 14	5,0	2	8,0	5	15,0	8	26,0	20	30,0	32	31,0	49	35,0	61	39,0	63
Planta 15	5,5	2	8,0	5	15,0	8	23,0	12	28,0	15	30,0	18	33,0	33	38,0	37
Planta 16	3,5	2	9,0	5	13,0	7	13,0	7	15,0	10	21,0	10	26,0	19	31,0	26
Planta 17	5,0	2	9,5	8	14,0	15	16,0	27	17,0	30	17,0	41	31,0	56	33,0	58
Planta 18	6,0	2	11,5	6	18,0	12	22,0	23	24,0	28	29,0	34	30,0	43	34,0	46

Figura 36. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 1

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A2																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	3,5	2	6,0	2	8,0	2	8,0	2	12,0	2	21,0	5	36,0	9	43,0	15
Planta 2	4,0	2	7,5	3	10,0	6	11,0	6	15,0	9	23,0	15	28,0	26	36,0	30
Planta 3	2,5	2	4,0	5	8,5	6	10,0	9	14,0	12	19,0	18	24,0	22	29,0	27
Planta 4	4,0	2	4,0	5	6,0	8	7,5	15	14,0	18	25,0	24	32,0	36	39,0	40
Planta 5	4,0	2	4,5	3	6,0	5	9,0	6	13,0	6	24,0	9	32,0	15	39,0	18
Planta 6	3,0	2	6,5	5	7,5	8	9,5	12	18,0	18	23,0	24	32,0	36	36,0	42
Planta 7	3,0	2	9,0	2	12,0	5	17,0	5	25,0	8	34,0	18	48,0	26	54,0	26
Planta 8	2,5	2	5,0	2	5,0	8	6,0	12	13,5	18	20,0	21	28,0	31	32,0	31
Planta 9	4,0	2	8,0	5	8,0	5	10,0	6	13,0	6	15,0	9	21,0	14	28,0	17
Planta 10	4,0	2	7,5	2	9,0	5	10,0	9	16,0	18	21,0	24	33,0	27	38,0	36
Planta 11	5,0	2	5,0	5	7,5	5	9,0	8	12,0	12	19,5	13	29,0	13	36,0	21
Planta 12	6,0	2	13,0	5	15,0	12	18,0	15	18,0	28	26,0	31	34,0	42	40,0	48
Planta 13	5,0	2	5,0	2	7,0	2	9,0	3	15,0	5	24,0	8	31,0	13	37,0	18
Planta 14	6,0	2	7,0	5	9,5	5	15,0	7	22,0	12	29,0	18	37,0	19	40,0	32
Planta 15	4,0	2	8,5	2	8,5	5	14,0	10	20,0	15	28,0	21	36,0	31	40,0	41
Planta 16	4,5	2	9,0	8	12,0	10	17,0	15	23,0	21	33,0	30	39,0	33	43,0	41
Planta 17	5,5	2	7,0	5	11,0	8	13,0	12	18,0	18	26,0	27	32,0	31	37,0	36
Planta 18	4,0	2	6,5	2	8,0	4	8,0	9	22,0	15	28,0	21	34,0	32	38,0	38

Figura 37. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 2

Fuente: Autor

TRATAMIENTO A2																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	4,5	2	6,0	5	7,0	7	9,0	7	14,0	10	20,0	15	27,0	36	33,0	39
Planta 2	4,5	2	7,0	2	8,5	5	10,0	8	18,0	15	25,0	21	37,0	38	41,0	42
Planta 3	3,0	2	5,5	2	6,0	4	10,0	7	15,0	12	28,0	18	35,0	28	40,0	33
Planta 4	4,5	2	7,0	8	12,0	12	18,5	15	26,0	21	31,0	27	42,0	41	44,0	50
Planta 5	3,0	2	7,0	2	10,0	5	12,0	8	21,0	15	28,0	19	38,0	35	41,0	38
Planta 6	4,0	2	8,5	5	11,0	5	15,0	8	20,0	11	24,0	15	29,0	25	35,0	32
Planta 7	5,0	2	6,0	2	7,0	5	11,0	8	20,0	8	21,0	11	30,0	18	42,0	21
Planta 8	2,0	2	5,0	2	5,0	2	9,0	4	18,0	8	26,0	12	38,0	15	44,0	18
Planta 9	3,5	2	3,5	2	7,0	2	15,0	3	29,0	5	38,0	8	51,0	18	60,0	21
Planta 10	5,0	2	6,5	4	8,0	7	11,0	9	15,0	11	19,0	11	24,0	29	28,0	35
Planta 11	3,0	2	7,0	5	8,5	8	14,0	9	22,0	11	33,0	14	40,0	20	50,0	25
Planta 12	4,5	2	4,5	2	6,0	2	9,0	2	13,0	2	17,0	10	23,0	16	29,0	20
Planta 13	2,0	2	5,0	5	5,0	9	11,0	9	14,5	12	21,0	13	34,0	23	40,0	27
Planta 14	4,0	2	6,0	2	8,0	5	10,0	6	15,5	8	22,0	14	30,0	15	35,0	21
Planta 15	2,0	2	4,0	2	7,0	5	7,0	5	14,0	8	21,0	12	28,0	31	32,0	37
Planta 16	3,0	2	5,5	2	5,5	8	8,0	12	17,0	15	24,0	21	32,0	31	35,0	33
Planta 17	2,0	2	6,5	2	8,0	5	12,0	8	18,0	11	21,5	18	33,0	26	38,0	31
Planta 18	3,5	2	4,5	2	4,5	4	6,0	8	12,0	12	20,0	18	28,0	34	33,00	37

Figura 38. Datos de las mediciones semanales del tratamiento A2, repetición 3

Fuente: Autor

TRATAMIENTO G																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	7,0	2	13,0	6	18,0	12	20,0	15	22,0	21	28,0	28	36,0	32	41,0	40
Planta 2	4,5	2	8,0	5	14,0	8	19,5	10	21,0	12	26,0	15	31,0	26	39,0	39
Planta 3	6,0	2	14,0	8	22,0	12	31,0	17	34,0	29	39,0	35	43,0	35	45,0	43
Planta 4	3,0	2	9,0	2	12,0	5	14,0	11	16,0	12	19,0	12	26,0	14	32,0	21
Planta 5	5,0	2	8,5	4	10,0	7	13,0	7	16,0	10	18,0	16	22,0	22	28,0	38
Planta 6	3,5	2	7,0	5	9,5	5	11,0	5	14,0	5	17,0	8	20,0	12	23,0	12
Planta 7	8,0	2	15,0	3	22,0	11	31,0	14	36,0	23	38,0	29	40,0	33	42,0	40
Planta 8	7,0	2	16,0	2	22,0	12	26,0	15	30,0	24	34,0	27	38,0	34	43,0	42
Planta 9	6,5	2	15,0	6	21,0	12	22,0	15	25,0	21	31,0	27	38,0	34	42,0	41
Planta 10	8,0	2	14,0	6	15,5	6	17,0	8	22,0	12	25,0	15	32,0	20	36,0	32
Planta 11	4,0	2	8,0	5	10,5	5	12,0	5	15,0	12	18,0	15	29,0	18	33,0	25
Planta 12	3,5	2	9,0	2	10,0	5	15,0	8	20,0	8	27,0	12	32,0	13	38,0	15
Planta 13	5,0	2	8,0	2	11,0	6	14,0	6	19,0	9	21,0	14	29,0	17	38,0	23
Planta 14	6,0	2	16,0	2	23,0	8	27,0	14	35,0	26	40,0	29	44,0	32	46,0	39
Planta 15	7,0	2	13,0	2	20,0	8	24,0	12	27,0	18	33,0	24	37,5	30	41,0	39
Planta 16	6,5	2	10,5	5	12,0	5	14,0	7	17,0	8	19,0	15	28,0	26	32,0	35
Planta 17	5,0	2	11,5	2	19,0	8	21,0	12	24,0	17	29,0	23	39,0	29	42,0	36
Planta 18	5,0	2	7,0	2	9,0	5	12,0	5	14,0	8	16,0	8	24,0	12	27,0	12

Figura 39. Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 1

Fuente: Autor

TRATAMIENTO G																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	4,5	2	7,0	2	10,0	2	10,0	5	14,0	5	23,0	8	32,0	12	38,0	15
Planta 2	6,0	2	6,0	2	9,5	5	11,5	7	18,0	7	21,0	11	33,0	19	33,0	27
Planta 3	4,0	2	7,0	2	7,0	5	12,0	9	24,0	9	31,0	11	38,0	11	42,0	15
Planta 4	7,0	2	8,5	2	11,0	2	13,5	3	22,0	5	28,0	8	36,0	9	41,0	18
Planta 5	6,5	2	10,5	5	12,5	5	15,0	8	22,5	8	31,0	14	42,0	18	44,0	23
Planta 6	4,5	2	6,0	5	7,0	5	9,0	6	14,0	9	16,0	13	22,0	13	30,0	17
Planta 7	3,5	2	4,5	2	6,0	2	9,5	5	17,0	12	22,0	18	30,0	25	35,0	26
Planta 8	3,0	2	7,5	2	11,5	5	14,5	5	18,0	8	30,0	12	39,0	15	46,0	15
Planta 9	4,0	2	5,5	2	7,0	2	9,0	3	17,0	5	20,5	15	30,0	22	35,0	24
Planta 10	3,0	2	4,5	2	8,0	2	17,0	2	28,0	2	34,0	5	40,0	10	47,0	25
Planta 11	4,5	2	6,0	2	8,5	2	10,0	5	16,0	8	23,0	14	34,0	19	40,0	31
Planta 12	4,0	2	4,0	2	6,5	4	12,0	7	16,0	12	21,5	18	31,0	23	40,0	27
Planta 13	4,5	2	6,5	2	7,0	2	9,5	4	15,0	4	20,0	8	27,0	12	36,0	24
Planta 14	3,0	2	5,0	2	8,0	5	8,0	8	13,0	15	14,0	21	27,0	31	27,0	34
Planta 15	2,0	2	5,0	2	5,0	2	7,0	2	15,0	5	24,0	11	32,0	21	36,0	28
Planta 16	2,5	2	4,0	5	5,5	5	5,5	8	12,0	12	21,0	18	28,0	28	33,0	29
Planta 17	4,0	2	4,0	5	5,0	8	6,5	15	14,0	18	24,0	27	38,0	32	43,0	36
Planta 18	4,5	2	7,5	5	12,0	7	12,0	9	17,0	13	25,0	15	32,0	16	39,0	20

Figura 40. Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 2

Fuente: Autor

TRATAMIENTO G																
Población	semana 3		semana 4		semana 5		semana 6		semana 7		semana 8		semana 9		semana 10	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
Planta 1	3,0	2	5,5	5	7,0	5	8,0	5	21,0	11	24,0	11	34,0	15	40,0	18
Planta 2	4,5	2	5,0	2	8,0	5	8,0	6	15,0	8	15,0	12	19,0	13	20,0	14
Planta 3	3,5	2	3,5	5	6,5	8	10,0	15	19,0	18	22,0	27	39,0	30	44,0	33
Planta 4	3,0	2	4,5	2	9,0	2	12,0	5	15,0	8	22,0	15	33,0	21	37,0	21
Planta 5	5,0	2	5,0	2	8,5	2	11,0	2	19,0	8	25,0	15	34,0	15	35,0	17
Planta 6	7,0	2	8,0	5	15,0	8	18,0	8	21,0	10	30,0	18	35,0	24	36,0	25
Planta 7	5,5	2	6,5	5	14,0	5	17,0	8	20,0	12	23,0	15	30,0	29	34,0	36
Planta 8	3,0	2	7,0	5	8,0	7	9,0	10	12,0	12	15,0	18	30,0	27	35,0	27
Planta 9	3,0	2	5,5	5	6,5	5	9,0	8	13,5	12	19,0	14	28,0	19	32,0	23
Planta 10	4,0	2	6,0	5	8,5	6	12,0	9	17,0	15	26,0	18	34,0	24	34,0	26
Planta 11	4,0	2	9,0	2	11,0	2	13,0	3	22,0	5	28,0	8	33,0	17	40,0	22
Planta 12	3,5	2	7,0	2	7,5	2	10,0	2	17,5	2	20,5	9	29,0	20	37,0	24
Planta 13	5,0	2	6,5	2	8,0	5	8,0	5	17,0	8	24,0	11	35,0	14	42,0	18
Planta 14	4,0	2	7,0	2	8,5	2	10,0	6	16,0	11	27,0	15	39,0	24	45,0	26
Planta 15	5,0	2	5,5	2	8,5	2	11,0	8	19,0	12	22,0	18	31,0	26	35,0	26
Planta 16	2,5	2	7,0	4	7,0	6	12,0	9	16,0	12	20,0	19	24,0	20	27,0	28
Planta 17	3,0	2	11,0	2	11,0	5	15,0	8	20,0	15	29,0	21	37,0	26	43,0	29
Planta 18	4,5	2	8,0	2	11,5	5	14,0	5	19,0	11	28,0	18	36,0	18	41,0	21

Figura 41. Datos de las mediciones semanales del tratamiento G, repetición 3

Fuente: Autor

Anexo 5. Resultados



Figura 42. Ejemplo de floración

Fuente: Autor



Figura 43. Día de recolección del frejol, repetición 1

Fuente: Autor



Figura 44. Día de recolección del frejol, repetición 2

Fuente: Autor



Figura 45. Día de recolección del frejol, repetición 3

Fuente: Autor

Anexo 6. Toma de muestras



Figura 46. Planta representativa del testigo

Fuente: Autor



Figura 47. Planta representativa del tratamiento A1

Fuente: Autor



Figura 48. Planta representativa del tratamiento A2

Fuente: Autor



Figura 49. Planta representativa del tratamiento G

Fuente: Autor

Anexo 7. Resultados del análisis del INIAP

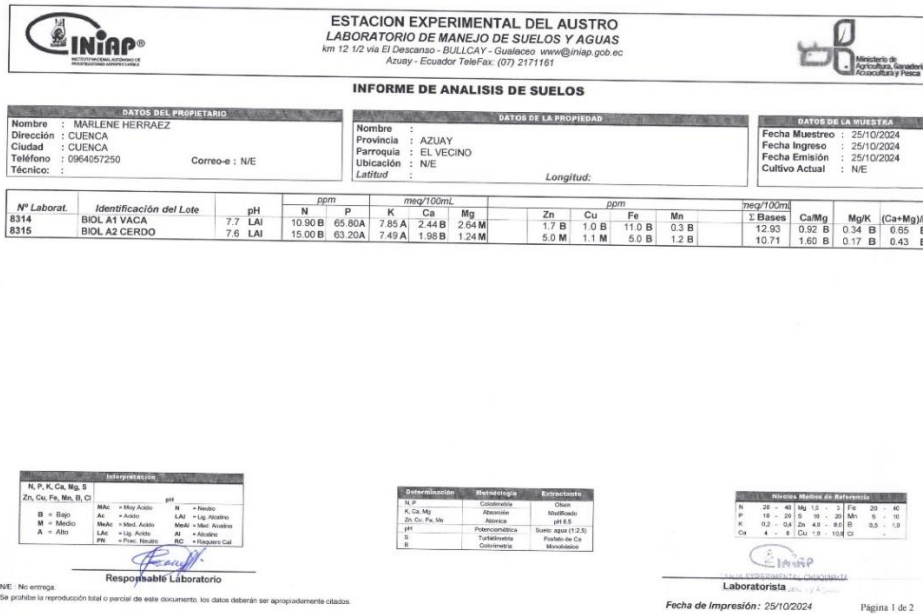


Figura 50. Análisis NPK realizado por el INIAP

Fuente: Autor

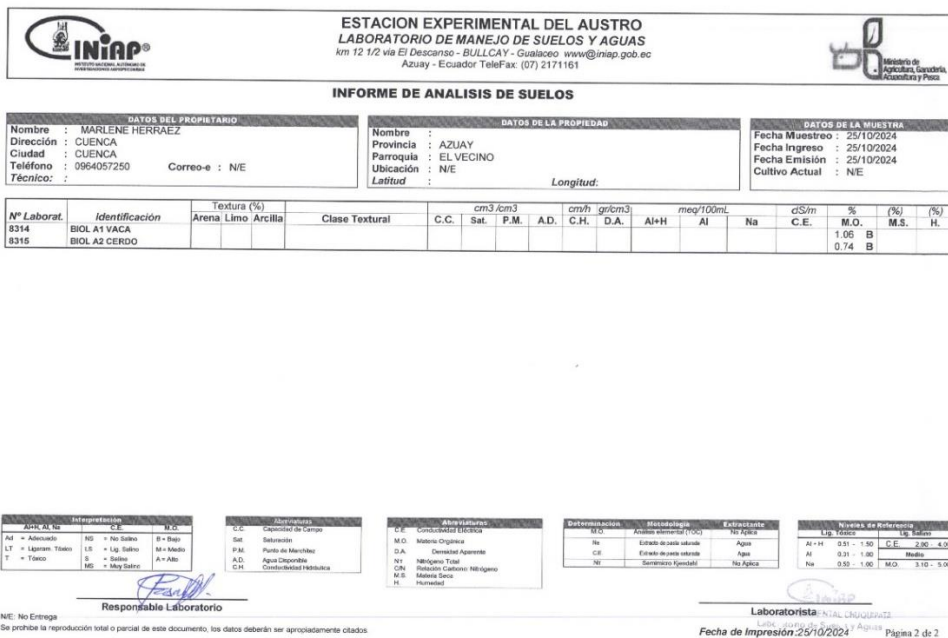


Figura 51. Análisis de Molibdeno realizado por el INIAP

Fuente: Autor



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaquero www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



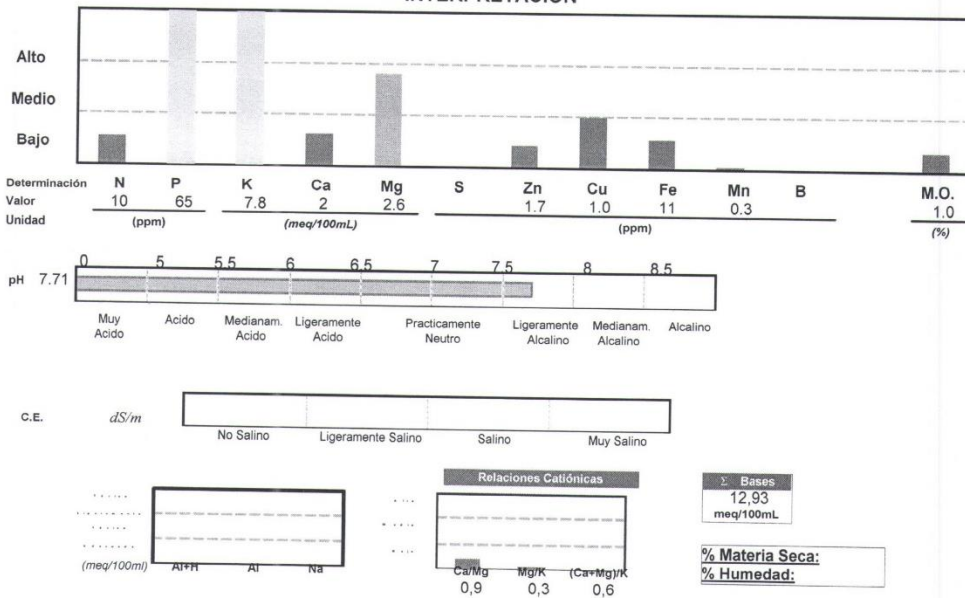
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			
Nombre :	MARLENE HERRAEZ	Teléfono :	0964057250
Dirección :	CUENCA	e-mail :	mashurymarlen@gmail.com
Ciudad :	Cuenca		

DATOS DE LA PROPIEDAD			
Nombre :		Parroquia :	Cuenca
Provincia :	Azuay	Ubicación :	N/E
Cantón :	Cuenca	Latitud :	
		Longitud :	

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio :	8314	Responsable Muestreo :	Cliente
Identificación :	BIOL A1 VACA	Fecha Muestreo :	21/10/2024
Cultivo Actual :	N/E	Fecha Ingreso :	21/10/2024
		Factura No. :	0
		Fecha Análisis :	21/10/2024
		Fecha Emisión :	25/10/2024

INTERPRETACION



Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción Atómica	Modificado pH 8,5
Zn, Cu, Fe, Mn		
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Oxidación	No aplica
	Via Humeda	

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo: Agua (1:2,5)
CE	Conductometría	Pasta Saturada
Textura	Biogucea	No Aplica
Al	Volumetría	K, Cl, T N
Al + H		
Na	Absorción	Pasta Saturada
E. Bases	Atómica	Olsen Modificado pH 8,5

Niveles de Referencia Óptimos					
N	20 - 40	S	10 - 20	B	0,5 - 1,0
P	10 - 20	Zn	4 - 8	Cl	0 - 0
K	0,2 - 0,4	Cu	1 - 10	M.O.	3 - 5
Ca	4 - 8	Fe	20 - 40	Al+H	0,5 - 1,5
Mg	1 - 3	Mn	5 - 10	Al	0,3 - 1,0
				Ca/Mg	2 - 8
				Mg/K	2,5 - 10,0
				(Ca+Mg)/K	12,5 - 50,0

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 25/10/2024

Figura 52. Interpretación resultados biol A1

Fuente: Autor



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaquío www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



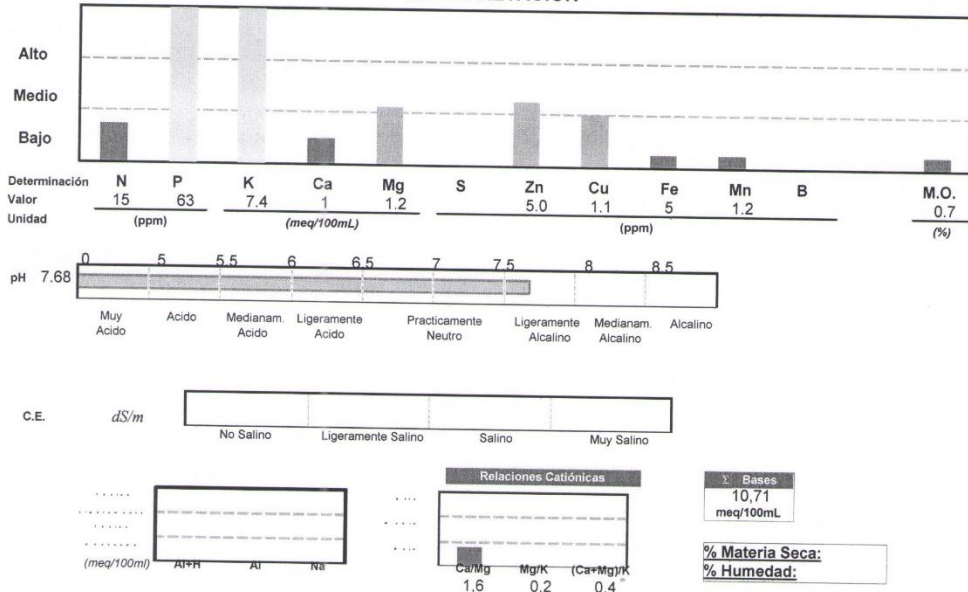
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		
Nombre :	MARLENE HERRAEZ	Teléfono : 0964057250
Dirección :	CUENCA	e-mail : mashurymarlen@gmail.com
Ciudad :	Cuenca	

DATOS DE LA PROPIEDAD		
Nombre :		Parroquia : Cuenca
Provincia :	Azuay	Ubicación : N/E
Cantón :	Cuenca	Latitud :
		Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio :	8315	Responsable Muestreo :	Cliente
Identificación :	BIOL A2 CERDO	Factura No. :	0
Cultivo Actual :	N/E	Fecha Muestreo :	21/10/2024
		Fecha Análisis :	21/10/2024
		Fecha Emisión :	25/10/2024

INTERPRETACION



Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción Atómica	Modificado pH 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn	Turbidimetría	Fosfato de Ca Monobásico
S	Colorimetría	Pasta Saturada
B	Volimetría	No aplica
M.O.	Oxidación Vía Humeda	

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo: Agua (1: 2.5)
CE	Conductometría	Pasta Saturada
Turbidez	Bouyoucos	No Aplica
Al	Volimetría	K, Cl, 1 N
Al + H	Absorción	Pasta Saturada
Na	Absorción Atómica	Olsen Modificado pH 8.5
E Bases		

Niveles de Referencia Óptimos							
N	20 - 40	S	10 - 20	B	0.5 - 1.0	Na	0.5 - 1.0
P	10 - 20	Zn	4 - 8	Cl	0 - 0	Ca/Mg	2 - 8
K	0.2 - 0.4	Cu	1 - 10	M.O.	3 - 5	Mg/K	2.5 - 10.0
Ca	4 - 8	Fe	20 - 40	Al+H	0.5 - 1.5	(Ca+Mg)/K	12.5 - 50.0
Mg	1 - 3	Mn	5 - 10	Al	0.3 - 1.0		

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 25/10/2024

Figura 53. Interpretación resultados biol A2

Fuente: Autor

Anexo 7. Resultados del análisis de la tierra



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-346-25
Orden de ingreso: OI-147-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA PRESIEMBRA 1			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 2 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OIL4725	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-02-13	FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24	FECHA ENTREGA: 2025-02-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.03
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	3.32
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.13
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	79.397

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 54. Análisis de tierra presiembra, muestra 1

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-347-25
Orden de ingreso: OI-148-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA PRESIEMBRA 2			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 2 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OIL4825	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-02-13	FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24	FECHA ENTREGA: 2025-02-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.15
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	5.29
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.15
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	<0.01

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 55. Análisis de tierra presiembra, muestra 2

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSVIE-348-25
Orden de ingreso: OI-149-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA PRESIEMBRA 3			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
*PROCEDENCIA: CUENCA		*TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC
*PRESENTACIONES: 2 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	*CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
*CODIGO MUESTRA: OIL4925	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
*FECHA RECEPCION: 2025-02-13	*FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24		*FECHA ENTREGA: 2025-02-26
*ENSAYO EN: LABORATORIO		*MUESTREO: CLIENTE	*NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRÍA	mg/kg	0.15
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRÍA	%	4.56
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.13
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRÍA	mg/kg	17.971

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guarrica
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 56. Análisis de tierra presiembra, muestra 3

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSVIE-340-25
Orden de ingreso: OI-141-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A1 -1			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
*PROCEDENCIA: CUENCA		*TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC
*PRESENTACIONES: 2 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	*CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
*CODIGO MUESTRA: OI14125	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
*FECHA RECEPCION: 2025-02-13		*FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24	*FECHA ENTREGA: 2025-02-26
*ENSAYO EN: LABORATORIO		*MUESTREO: CLIENTE	*NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.2
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	5.56
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	5.71
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	88.72

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guasca
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 57. Análisis de tierra con biol A1, muestra 1

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-341-25
Orden de ingreso: OI-142-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A1- 2			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 2 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI14225	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-02-13	FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24	FECHA ENTREGA: 2025-02-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.27
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	5.09
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.24
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	49.689

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guirica
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 58. Análisis de tierra con biol A1, muestra 2

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV/IE-342-25
Orden de ingreso: OI-143-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A1-3			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
*PROCEDENCIA: CUENCA		*TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC
*PRESENTACIONES: 2 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	*CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
*CODIGO MUESTRA: OI14325	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
*FECHA RECEPCION: 2025-02-13	*FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24		*FECHA ENTREGA: 2025-02-26
*ENSAYO EN: LABORATORIO		*MUESTREO: CLIENTE	*NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.09
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	6.26
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.57
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	23.821

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guarcía
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 59. Análisis de tierra con biol A1, muestra 3

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-343-25
Orden de ingreso: OI-144-25
Cuenca, 25 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A2-1			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 2 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OIL4425	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-02-13	FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24	FECHA ENTREGA: 2025-02-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.1
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	4.33
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	5.85
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	125.192

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guasca
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 60. Análisis de tierra con biol A2, muestra 1

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-344-25
Orden de ingreso: OI-145-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A2-2			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: CUENCA		TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA.ZIPLIC
*PRESENTACIONES: 2 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
CODIGO MUESTRA: OI14525	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-02-13	FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24		FECHA ENTREGA: 2025-02-26
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.12
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	5.21
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.31
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	1.792

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guarsica
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 61. Análisis de tierra con biol A2, muestra 2

Fuente: Autor

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-345-25
Orden de ingreso: OI-146-25
Cuenca, 26 de Febrero del 2025

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: MARLEN HERRAEZ
Dirección: CUENCA
Teléfono: 0964057250

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: TIERRA BIOL A2-3			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
*PROCEDENCIA: CUENCA		*TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC
*PRESENTACIONES: 2 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	*CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
*CODIGO MUESTRA: OI14625	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2025-02-13	*FECHA CAD:
*FECHA RECEPCION: 2025-02-13	*FECHA ANALISIS: 2025-02-13 - 2025-02-24		*FECHA ENTREGA: 2025-02-26
*ENSAYO EN: LABORATORIO	*MUESTREO: CLIENTE		*NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*FOSFORO	SM 4500 P E, HACH 1029 (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.22
*NITROGENO TOTAL KJELDAHL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	%	7.23
*PH	EPA 9045 D - POTENCIOMETRICO	upH	6.14
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	2.249

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guasca
GERENTE DE LABORATORIO



Figura 62. Análisis de tierra con biol A2, muestra 3

Fuente: Autor