UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGROECOLOGÍA

Evaluación del crecimiento inicial de plantas de Cáñamo (*Cannabis sativa*), mediante la aplicación de tecnologías agroecológicas producidas en finca en comparación a insumos orgánicos comerciales en la parroquia Algarrobillo, provincia de Loja.

Trabajo previo a la obtención del título del grado académico Tecnólogo en Agroecología

AUTOR:

Eduardo Alexander León Vega

DIRECTOR:

Ing. Cristian Manuel Zhirvi Ordoñez M.Sc.

LOJA – ECUADOR

2025

Dedicatoria

Con profunda gratitud y cariño dedico el presente trabajo a mi madre Gladis Vega Torres que siempre me ha apoyado y ha creído en mí, a mi abuelo Roque Vega que, aunque ya no está conmigo y no logro verme llegar a recta final siempre me impulso a ser mejor persona, que lo extraño mucho y que llevo siempre presente su recuerdo, a mi abuela Elsa Torres que es mi segunda madre y que me alegra poder hacerla sentir orgullosa y finalmente a mi esposa Betzabet Valle que creyó en mi desde el primer momento.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis docentes de la carrera de Tecnología Superior en Agroecologia, cada uno ha dejado en mí, valiosas enseñanzas, que han tenido siempre la predisposición de transmitir todos sus conocimientos y que si no fuera por ellos no habría llegado hasta este punto, de todo corazón gracias por todo.

Resumen

El presente trabajo constituyó un informe técnico sobre la evaluación del crecimiento inicial de plantas de *Cannabis sativa* en un sistema agroecológico natural, mediante la aplicación de bioinsumos en comparación con fertilizantes comerciales en la parroquia Algarrobillo, Loja. La investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de los bioinsumos agroecológicos frente a los fertilizantes comerciales en el desarrollo de plantas de *Cannabis sativa* durante seis semanas del cultivo, con el propósito de optimizar su producción en sistemas sostenibles y reducir la dependencia de insumos químicos. Los resultados generaron información valiosa que contribuye al crecimiento de esta nueva industria, promoviendo prácticas agrícolas que minimizaron el impacto ambiental y fomentaron el uso de alternativas naturales en la producción de *Cannabis sativa*.

Para alcanzar los objetivos planteados, se diseñó un experimento completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, asegurando la validez estadística de los resultados obtenidos. Los tratamientos incluyeron: un testigo absoluto sin fertilización, una tecnología agroecológica basada en bocashi y bioinsumos, y un testigo comercial con fertilizantes orgánicos comerciales.

Durante la evaluación del crecimiento inicial de plantas de Cannabis sativa bajo tres tratamientos, se observó que el tratamiento agroecológico (T1) mostró un desempeño comparable al tratamiento comercial (T2) en términos de crecimiento en altura y diámetro de tallo a lo largo de las seis semanas de cultivo. Además, el tratamiento con bioinsumos agroecológicos demostró ser una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible, promoviendo el uso de insumos naturales sin comprometer el rendimiento del cultivo.

Palabras Clave: Agroecológico, bioinsumos, bocashi, *Cannabis sativa*, fertilizantes orgánicos.

Abstract

The present work constituted a technical report on the evaluation of the initial growth of *Cannabis sativa* plants in a natural agroecological system, through the application of bio-inputs compared to commercial fertilizers in the parish of Algarrobillo, Loja. The objective of the research was to determine the efficiency of agroecological bio-inputs versus commercial fertilizers in the development of *Cannabis sativa* plants over six weeks of cultivation, with the aim of optimizing production in sustainable systems and reducing dependence on chemical inputs. The results generated valuable information that contributes to the growth of this emerging industry, promoting agricultural practices that minimize environmental impact and encourage the use of natural alternatives in *Cannabis sativa* production.

To achieve the proposed objectives, a completely randomized experiment was designed with three treatments and four replications, ensuring the statistical validity of the results obtained. The treatments included: an absolute control without fertilization, an agroecological technology based on bocashi and bio-inputs, and a commercial control with organic commercial fertilizers.

During the evaluation of the initial growth of Cannabis sativa plants under three treatments, the agroecological treatment (T1) showed performance comparable to the commercial treatment (T2) in terms of height growth and stem diameter over the six-week cultivation period. Additionally, the treatment with agroecological bio-inputs proved to be an economically viable and environmentally sustainable alternative, promoting the use of natural inputs without compromising crop performance.

Keywords: Agroecological, bio-inputs, bocashi, *Cannabis sativa*, organic fertilizers.

Índice de Contenidos.

Dedicatoria…….i

Agradecimientos……ii

Resumen……...iii

Abstract…….iv

Índice de contenidos…….……v

Índice de tablas…….……vi

Índice de figuras e Imágenes…….……..vii

Índice de Anexos…….…...viii

1. Introducción……...…..1

2 Objetivo General…….....2

2.1.Objetivos Específicos……..2

3. Procedimiento……2

3.1. Ubicación…….....2

3.2. Materiales y Herramientas……..3

3.3. Metodología……3

4. Resultados……20

5. Conclusiones……27

6. Referencias Bibliográficas……...28

7. Anexos…….....29

Índice de Tablas

Tabla No. 1. Distribución de los tratamientos……...5

Tabla No. 2**.** Dosificación de los Tratamientos…….……..15

Tabla No.3**.** Cálculo de los costos de producción en T0……..19

Tabla No.4. Cálculo de los costos de producción en T1……..19

Tabla No.5. Cálculo de los costos de producción en T2……..20

Tabla No.6.Estadísticas descriptivas de altura (cm) por tratamiento y tiempo de medición……..21

Tabla No.7. Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 1……..21

Tabla No.8. Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 2……..22

Tabla No.9. Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 3……..23

Tabla No.10. Estadísticas descriptivas del diámetro de tallo (mm) por tratamiento y tiempo de medición……..24

Tabla No.11. Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 1…….25

Tabla No.12. Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 2…….25

Tabla No.13. Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 3…….26

Índice de Figuras e Imágenes

Figura No. 1. Mapa de ubicación del proyecto…….3

Figura No. 2. Área para experimento……4

Figura No. 3. Diseño de experimento y tratamientos……4

Figura No. 4. Preparación del suelo……...7

Figura No. 5. Preparación de bocashi…….……..8

Figura No. 6. Preparación de bioenzima a base de suero de leche……9

Figura No. 7. Materiales para la elaboración de caldo súper magro…….……..10

Figura No. 8. Enmienda solida Ecuabonaza…….……11

Figura No. 9. Enmiendas liquidas Raizplant y Seaweed extract……..11

Figura No. 10. Germinación de plantas de cannabis……..…….12

Figura No. 11. Traspaso de las semillas a jiffy……13

Figura No. 12. 72 Horas desde la germinación, primeros cotiledones……..13

Figura No. 13. Segunda semana desde la germinación……14

Figura No. 14. Trasplante de plántulas…….15

Figura No. 15. Aplicación del tratamiento solido en el campo……17

Figura No. 16. Aplicación de tratamientos líquidos en el campo…….17

Figura No. 17. Toma de altura de la planta……..18

Figura No. 18. Toma de diámetro del tallo……..18

Figura No. 19. Evolución de la altura media (cm) por tratamiento a lo largo de las tres mediciones……...23

Figura No. 20. Diámetro de Tallo por Tratamiento y Tiempo de Medición……26

Índice de Anexos

Anexo No. 1. Análisis de suelo…….....29

Anexo No. 2. Aplicación de Ecuabonaza…….30

Anexo No. 3. Primera medición de diámetro……30

Anexo No. 4. Plántula con aplicación bocashi……..31

Anexo No. 5. Medición de diámetro de parcela con tratamiento T1…….31

Anexo No. 6. Medición de altura de parcela con tratamiento T0…….32

Anexo No. 7. Medición de altura de parcela con tratamiento T2…….32

Anexo No. 8. Medición de altura de parcela con tratamiento T1……..33

Anexo No. 9. Bioenzima……...……..….33

Anexo No. 10. Tabla general de los costos de producción del proyecto…….……34

1. Introducción

El cultivo de cañamo *Cannabis sativa* en Ecuador ha ganado relevancia en los últimos años, especialmente tras la legalización del uso medicinal. Esta medida abrió oportunidades para el desarrollo de una industria que puede contribuir significativamente a la economía nacional, diversificando las fuentes de ingresos y generando empleo en diversas regiones del país. Además, se estima que la producción de cáñamo podría generar ingresos de hasta 500 millones de dólares por cada 10.000 hectáreas cultivadas al año, lo que representa una oportunidad significativa para la economía nacional (Lilliana *et al*., 2023)

Por otro lado, el uso excesivo de agro tóxicos en el cultivo de cañamo plantea serios problemas. Estudios indican que una alta exposición a pesticidas a través del consumo de cannabis puede conducir a complicaciones de salud en los consumidores, especialmente en aquellos que utilizan la planta con fines medicinales (Ahmadi *et al*., 2024). El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura no solo repercute negativamente en la salud de las plantas y la estructura del suelo, sino que también deteriora el equilibrio del ecosistema en su conjunto (Del Refugio, 2024). Esta problemática se intensifica en la industria emergente del cañamo, donde la ausencia de técnicas agronómicas consolidadas y fertilizantes específicos que satisfagan los requerimientos nutricionales particulares de esta especie, representa un desafío significativo para los productores ecuatorianos (Kolo *et al*., 2022).

Bajo estos antecedentes, la implementación de prácticas agroecológicas emerge como una alternativa viable y sostenible. Entre estas prácticas destaca el uso de abonos orgánicos fermentados como bocashi, súper magro y bioenzimas que aprovechan la acción de microorganismos beneficiosos para transformar residuos orgánicos en un fertilizante de alta calidad. Estos compuestos no solo enriquecen el suelo con nutrientes esenciales, sino que también mejora su estructura físico-química, fomentan el desarrollo de una microbiota equilibrada y reducen significativamente la dependencia de insumos sintéticos (Mosquera *et al*., 2012; Huamancayo Ysminio, 2016). El desarrollo de biofermentos formulados específicamente para atender las exigencias nutricionales del cannabis podría constituir una solución integral ante la escasez de fertilizantes comerciales adaptados a

este cultivo en el contexto ecuatoriano, permitiendo optimizar su crecimiento y desarrollo bajo parámetros de producción sostenible.

Implementar estas tecnologías ecológicas en el cultivo de cannabis en Ecuador podría mitigar los efectos negativos asociados al uso de agrotóxicos, promoviendo una producción más saludable y sostenible. La investigación y aplicación de biofermentos personalizados representa una oportunidad para el desarrollo de un modelo de producción agroecológica.

2. Objetivo general.

Evaluar el efecto de los bioinsumos en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Cannabis sativa* durante 6 semanas de cultivo en un sistema de producción agroecológico, comparándolo con un testigo absoluto y un testigo comercial.

2.1 Objetivos específicos.

- Determinar la altura y el grosor del tallo con los diferentes tratamientos.
- Comparar la eficiencia nutricional de los bioinsumos agroecológicos con fertilizantes comerciales.
- Evaluar la viabilidad económica de cada tratamiento.

3. Procedimiento.

3.1 Ubicación del ensayo.

- Provincia: Loja
- Cantón: Algarrobillo
- Finca: Hempinnova
- Coordenadas UTM:

X: 603624.0000

Y: 9539080.000

Z:720 m.s.n.m.

Figura 1.- Mapa de ubicación del experimento.

Fuente: Googleearth.com

3.2 Materiales y herramientas.

- **Físicos**: Libretas de apuntes, estacas, cinta métrica, piola.
- **Biológicos:** Semillas certificadas de *Cannabis sativa.*
- **Bioinsumos**: Bocashi, bioenzima de lenteja y microorganismos eficientes.
- **De oficina:** Computadora, impresora, calculadora, libreta, esferográficos, cámara digital.
- **Herramientas:** Pala, barreta, pico, machete, bomba de fumigar.

3.3 Metodología.

a) Diseño del Experimental

El experimento se diseñó completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. El área total del experimento fue de 3 metros de ancho por 4 metros de largo, con unidades experimentales de 1 metro cuadrado (12 parcelas en total) y cuatro plantas por unidad experimental. El ensayo se realizó en la finca HEMPINNOVA SAS, bajo condiciones controladas en invernadero, para garantizar un ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas y minimizar la influencia de factores externos.

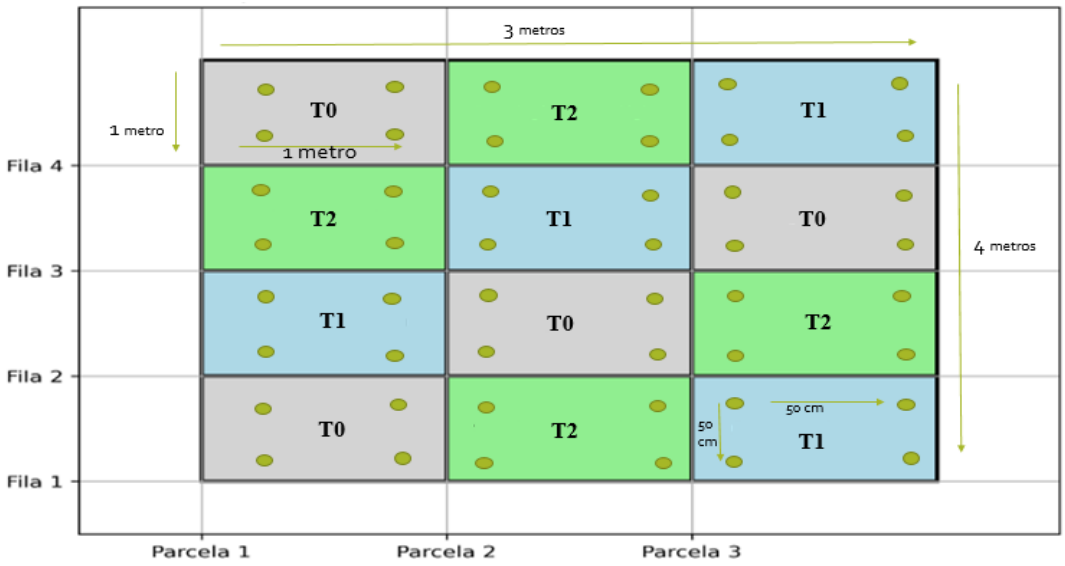
Se realizó un laboreo minucioso del terreno mediante arado, asegurando la homogeneización del suelo para el establecimiento de las parcelas experimentales. El área

fue preparada y delimitada, realizando los ajustes de parámetros nutricionales y de manejo agronómico conforme a los resultados del análisis de suelo. Estas intervenciones aseguraron condiciones uniformes y óptimas para la correcta ejecución del ensayo experimental como se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2.- Área para experimento.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 3.- Diseño del experimento y tratamientos.



Fuente: Elaboración propia (2025).

b) Tratamientos a evaluar.

Se establecieron tres tratamientos principales:

- T0: Testigo absoluto (sin fertilización)
- T1: Tecnología agroecológica (bocashi y bioinsumos)
- T2: Testigo comercial (fertilizantes orgánicos comerciales)

La distribución de los tratamientos y las dosis empleadas se detallan en la Tabla 1 del documento.

Tabla 1

Distribución de los Tratamientos

Mes	Semana	T0: Testigo Absoluto	T1: Tecnología Agroecológica	T2: Testigo Comercial
1	1	Sin aplicación	Bocashi + Bioenzima	Ecuabonasa
	2	Sin aplicación	Bioenzima + Super magro	Raiz plant
	3	Sin aplicación	Bocashi	Seaweed extrac
	4	Sin aplicación	Bioenzima + Super magro	Seaweed extrac
2	5	Sin aplicación	Bioenzima + Super magro	Ecuabonasa
	6	Sin aplicación	Bocashi + Super magro	Seaweed extrac

Distribución de los tratamientos según dosis empleadas, para el estudio.

c) Variables a estudiar.

Variables independientes homologadas.

Las variables que se homologaron en todas las unidades experimentales fueron las siguientes:

- **Material vegetal:** Se utilizaron plántulas homogéneas de *Cannabis sativa* con la misma edad y tamaño inicial.
- **Condiciones ambientales:** Todas las parcelas se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales, propias del invernadero y de la zona de Algarrobillo, Loja.

- **Frecuencia de riego:** Se aplicó riego manual cuatro veces por semana en todas las unidades experimentales.
- **Pendiente del terreno:** Todas las parcelas presentaron 0% de pendiente, garantizando uniformidad en el drenaje y la distribución del agua.
- **Porcentaje de materia orgánica del suelo:** Se ajustó la materia orgánica del suelo al 5 % en todas las parcelas, asegurando condiciones nutricionales homogéneas.
- **pH del suelo:** El pH del suelo se ajustó a 6,5 en todas las unidades experimentales, mediante la aplicación de correctivos, garantizando la homogeneidad en la disponibilidad de nutrientes.

De esta manera, todas las parcelas del experimento presentaron los mismos parámetros en cuanto a material vegetal, condiciones ambientales, frecuencia de riego, pendiente, porcentaje de materia orgánica y pH del suelo, permitiendo que las diferencias observadas en las variables dependientes se atribuyeran únicamente a los tratamientos aplicados.

Variables Dependientes

- **Altura de la planta (cm):**
- Se midió desde la base del tallo hasta el ápice.
- Se registró quincenalmente con regla graduada.
- **Diámetro del tallo (mm):**
- Se midió a 5 cm de la base con calibrador digital.

d) Preparación del suelo

Se realizó el arado del terreno, lo que permitió una adecuada homogeneización del suelo para el establecimiento de las parcelas experimentales. Esta labor mejoró la estructura del suelo y facilitó la aireación, promoviendo condiciones óptimas para el desarrollo radicular de las plantas.

De acuerdo con el análisis de suelo realizado previamente (ver Anexo 1), se identificó un pH inicial de 6,26, el cual fue ajustado a 6,5 mediante la aplicación de 2,3 libras de carbonato de calcio. Asimismo, se incrementó el contenido de materia orgánica con 7,6

quintales de compost para alcanzar un 5 % en todas las parcelas experimentales, asegurando así condiciones iniciales homogéneas para todos los tratamientos. La pendiente del terreno fue uniforme en todas las unidades experimentales, lo que garantizó un drenaje adecuado y condiciones comparables entre parcelas.

Una vez realizados estos ajustes, el terreno quedó completamente preparado y listo para la siembra de las plántulas en las camas de cultivo, asegurando que todas las unidades experimentales contaran con los mismos parámetros edáficos al inicio del experimento.

Figura No. 4. Preparación del suelo.

Fuente: Elaboración propia (2025).

e) Preparación de bioinsumos

Preparación de bocashi. – El bocashi se elaboró siguiendo el método tradicional de fermentación aeróbica, utilizando materiales accesibles y eficientes para promover la fertilidad del suelo. A continuación, se describe el procedimiento realizado:

- **Ingredientes:** Salvado de arroz, estiércol de vaca, melaza, tierra de bosque, harina de roca, levadura y agua.
- **Mezclado:** Se combinaron los ingredientes sólidos en un área limpia y se incorporó la melaza disuelta en agua de manera uniforme.
- **Fermentación:** La mezcla se cubrió con una lona plástica y se removió cada 48 horas para mantener la aireación. El proceso duró aproximadamente 15 días, hasta que el bocashi adquirió una textura homogénea y un olor dulce característico.

Figura No. 5. Preparación de bocashi.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Preparación de bioenzima a base de suero de leche. – La bioenzima se elaboró mediante un proceso de fermentación **anaeróbica**, empleando ingredientes naturales que favorecen el desarrollo de las plantas y mejoran la actividad biológica del suelo.

Ingredientes: 10 litros de suero de leche, 5 litros de melaza, 3 kg de naranjas picadas 1 kg de germinado de lenteja.

Proceso de Preparación:

- Se mezclaron todos los ingredientes en un recipiente plástico limpio y hermético, asegurándose de que estuvieran bien homogeneizados.
- El recipiente se selló herméticamente para garantizar un ambiente anaeróbico y se deja fermentar en un lugar sombreado durante 1 mes, sin remover el contenido.

Figura No. 6. Preparación de bioenzima a base de suero de leche.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Preparación de Caldo Súper magro. – El caldo súper magro se elaboró mediante fermentación anaeróbica en un tambo de 200 litros, incorporando minerales esenciales para complementar su acción biofertilizante.

Ingredientes: Estiércol fresco de vaca, leche, melaza, levadura fresca, ceniza cernida, agua, sulfato de cobre, sulfato de hierro, sulfato de zinc, bórax, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso.

Proceso de preparación:

- Mezclado inicial: En el tambo de 200 litros, se incorporó el estiércol fresco, la leche, la melaza y la levadura fresca. Se añadió agua hasta aproximadamente la mitad del volumen del tambo y se mezcló vigorosamente.
- Adición de minerales: Los sulfatos de cobre, hierro, zinc, magnesio y manganeso, junto con el bórax finamente molido, se disolvieron por separado en una pequeña cantidad de agua y se incorporaron a la mezcla del tambo, asegurando una distribución uniforme.
- Incorporación de ceniza: La ceniza cernida se añadió gradualmente a la mezcla, revolviendo constantemente.
- Llenado y fermentación anaeróbica: Se completó el volumen del tambo con agua, dejando un espacio libre para la acumulación de gases. El tambo se cerró herméticamente con un sistema que permitiera la salida de gases (como una manguera sumergida en un recipiente con agua, actuando como trampa de aire). La fermentación anaeróbica se llevó a cabo durante un período de 30 a 60 días, en un lugar fresco y oscuro, hasta que cesó la producción de gas y el biofertilizante adquirió un olor característico.

Figura No. 7. Materiales para la elaboración de caldo súper magro.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Productos Orgánicos Comerciales del Tratamiento 2. – Se utilizaron productos comerciales como Seaweed xtrac, Raizplant y Ecuabonaza para la aplicación de los tratamientos de este estudio.

Figura No. 8. Enmienda solida Ecuabonaza.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 9. Enmiendas liquidas Raizplant y Seaweed extract.

Fuente: Elaboración propia (2025).

f) Germinación de plantas de cannabis

- **Hidratación:** Para la germinación se emplearon Jiffys, mismos que se hidrataron con agua limpia hasta alcanzar su máxima expansión, asegurando que quedaran completamente humedecidos, pero sin exceso de agua.

• **Siembra de las Semillas:** Cada Jiffy recibió una semilla de cáñamo, colocada a una profundidad aproximada de 1 cm. Posteriormente, se cubrió ligeramente con el mismo sustrato para garantizar un contacto adecuado.

• **Condiciones de Germinación:** Las semillas se ubicaron en bandejas dentro de un espacio controlado, donde se mantuvo una temperatura promedio de 25 °C. Se monitorearon diariamente los niveles de humedad para asegurar condiciones óptimas de germinación.

• **Cuidado durante la Emergencia:** El proceso de germinación de las semillas de Cannabis sativa inició a las 72 horas después de la siembra, observándose la aparición del hipocótilo, tal como se muestra en la Figura No. 12. Durante este periodo, se mantuvo una humedad constante en el sustrato mediante riegos manuales ligeros, evitando el encharcamiento y favoreciendo la emergencia uniforme de las plántulas.

Figura No. 10. Germinación de plantas de cannabis.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 11. Traspaso de las semillas a jiffy

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 12. Primeros cotiledones de las plantas a las 72 horas desde la germinación

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 13. Segunda semana desde la germinación

Fuente: Elaboración propia (2025).

g) Trasplante

Trasplante de plántulas. – El trasplante de las plántulas de Cannabis sativa se realizó cuando cuanto tuvieron 1 mes desde la germinación. Para el trasplante, se utilizó una pala de 10 cm, la cual permitió abrir orificios en el suelo de las parcelas experimentales con la profundidad y el diámetro adecuados para recibir a cada plántula.

Cada plántula fue colocada cuidadosamente en las parcelas, procurando no dañar el sistema radicular, se cubrieron las raíces con tierra fina y se presionó suavemente alrededor de la base para asegurar la firmeza de la plántula. Inmediatamente después del trasplante, se aplicó un riego ligero para favorecer el establecimiento y minimizar el estrés hídrico.

En la Figura No. 14 se observa el proceso de trasplante realizado en las parcelas experimentales.

Figura No. 14. Trasplante de plántulas.

Fuente: Elaboración propia (2025).

h) Aplicación de tratamientos

Se consideró la distribución establecida en la tabla número 1 la cual se realizó al segundo mes.

Tabla 2

Dosificación de los Tratamientos

Semana	**T1: Tecnología Agroecológica**	**T2: Testigo Comercial**
1	Bocashi (100 g/planta) + Bioenzima (2 ml/L)	Ecuabonasa (100 g/planta)
2	Bioenzima (1 ml/L) + Super Magro (1 ml/L)	Raiz Plant (1 ml/L)
3	Bocashi (100 g/planta)	Seaweed Extract (2 ml/L)
4	Bioenzima (2 ml/L) + Super Magro (2 ml/L)	Seaweed Extract (2 ml/L)
5	Bioenzima (2 ml/L) + Super Magro (2 ml/L)	Ecuabonasa (100 g/planta)
6	Bocashi (100 g/planta) + Super Magro (2 ml/L)	Seaweed Extract (2 ml/L)

Dosificación de los tratamientos para el estudio.

Aplicación de los Diferentes Fertilizantes y Biofertilizantes. – La aplicación de los diferentes fertilizantes y biofertilizantes se realizó de acuerdo a la programación

establecida en la Tabla 1. Para cada producto, se emplearon los siguientes métodos y dosis:

En el tratamiento T1, el bocashi se aplicó de manera directa al pie de cada planta, utilizando una dosis de 100 gramos por planta. Los biofertilizantes líquidos, como la bioenzima y el súper magro, se prepararon en soluciones acuosas según la dosis indicada para cada semana (1 a 2 ml por litro de agua, según correspondía), y se aplicaron mediante riego dirigido al suelo alrededor de la base de la planta, asegurando la absorción radicular.

En el tratamiento T2, la Ecuabonasa se aplicó de forma sólida al pie de cada planta, en una dosis de 100 gramos por planta. Los fertilizantes líquidos comerciales, como Raiz Plant y Seaweed Extract, se diluyeron en agua en la proporción recomendada (1 a 2 ml por litro de agua) y se aplicaron mediante riego localizado al suelo, procurando cubrir uniformemente la zona radicular.

Todas las aplicaciones se realizaron en las primeras horas de la mañana para evitar la evaporación rápida y favorecer la absorción de los nutrientes. Se utilizó una regadera manual para la distribución de los productos líquidos y se emplearon guantes y herramientas limpias para la aplicación de los productos sólidos, garantizando la uniformidad y la seguridad en el manejo de los insumos.

Figura No. 15. Aplicación del tratamiento solido en el campo.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 16. Aplicación de tratamientos líquidos en el campo.

Fuente: Elaboración propia (2025).

i) Registro de datos de campo

La evaluación cuantitativa del crecimiento de las plantas se basó en las mediciones periódicas de dos variables morfométricas clave: la altura de la planta y el diámetro del tallo, las cuales se realizaron con una frecuencia quincenal.

Figura No. 17. Toma de altura de la planta.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura No. 18. Toma de diámetro del tallo.

Fuente: Elaboración propia (2025).

j) Costos de producción

Tabla 3

Cálculo de los costos de producción en T0

No-	ACTIVIDAD	UNID	TRAT.	P.U. ($)	CANT	TOTAL ($)
1	Adquisición de semillas de cannabis	U	T0	0,10	16	1,60
2	Jornal	J	T0	20,00	0,25	5
3	Trasplante de cannabis	J	T0	20	0,25	5
	TOTAL					**11,60**

Costos de producción del tratamiento T0 Testigo absoluto.

Tabla 4

Cálculo de los costos de producción en T1

No-	ACTIVIDAD	UNID	TRAT.	P.U. ($)	CANT	TOTAL ($)
1	Adquisición de semillas de cannabis	U	T1	0,10	16	1,60
2	Jornal	J	T1	20,00	0,25	5
3	Trasplante de cannabis	J	T1	20	0,25	5
4	Bocashi	Kg	T1	0,17	1	0,17
5	Bioenzima	L	T1	0,25	1	0,25
6	Caldo Super Magro	L	T1	0,25	1	0,25
	TOTAL					**12,27**

Costos de producción del tratamiento T1 Tecnología agroecologica.

Tabla 5

Cálculo de los costos de producción en T2

No-	ACTIVIDAD	UNID	TRAT.	P.U. ($)	CANT	TOTAL ($)
1	Adquisición de semillas de cannabis	U	T2	0,10	16	1,60
2	Jornal	J	T2	20,00	0,25	5
3	Trasplante de cannabis	J	T2	20	0,25	5
4	Ecuabonaza	Kg	T2	0,17	1	0,17
5	Seaweed extrac	Fco.	T2	7,00	1	7,00
6	Raiz plant	Fco.	T2	9,80	1	9,80
	TOTAL					**28,57**

Costos de producción del tratamiento T2 Testigo comercial.

k) Sistematización de la información

La información correspondiente a las variables dependientes evaluadas en este estudio fue recabada de manera sistemática mediante el uso de un libro de campo, en el que se registraron las mediciones de cada variable de forma quincenal a lo largo de las seis semanas del ensayo experimental.

4. Resultados

El análisis estadístico de los datos de altura de plantas bajo los tres tratamientos (T0, T1 y T2) a lo largo de las tres mediciones sucesivas reveló información significativa sobre el efecto diferencial de cada tratamiento en el crecimiento vegetal.

Tabla 6

Estadísticas descriptivas de altura (cm) por tratamiento y tiempo de medición.

Tratamiento	Tiempo de Medición	n	Media (cm)	Desviación Estándar	Error Estándar
T0	Medición 1	16	3.88	0.89	0.22
T0	Medición 2	16	3.75	0.86	0.21
T0	Medición 3	16	5.19	1.17	0.29
T1	Medición 1	16	3.88	0.89	0.22
T1	Medición 2	16	5.31	0.48	0.12
T1	Medición 3	16	8.25	0.86	0.21
T2	Medición 1	16	3.88	0.89	0.22
T2	Medición 2	16	4.19	0.91	0.23
T2	Medición 3	16	5.31	1.01	0.25

Estadísticas de altura (cm) por tratamiento y tiempo de medición

En la primera medición, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), con una media de altura de 3.88 cm en todos los casos. Esta homogeneidad inicial, fundamental para la validez del experimento, puede observarse en la Tabla No. 6, que muestra las estadísticas descriptivas de altura por tratamiento y tiempo de medición, así como en la Tabla No. 7, donde se presentan los resultados de la prueba t de Student para la comparación entre tratamientos en la Medición 1.

Tabla 7

Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 1.

Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	0.00	0.000	30	1.000	No
T0 vs T2	0.00	0.000	30	1.000	No
T1 vs T2	0.00	0.000	30	1.000	No

Comparación entre tratamientos en la Medición 1.

En la segunda medición, comenzaron a manifestarse diferencias notables entre los tratamientos. El tratamiento T1 mostró un incremento significativo en la altura media (5.31 cm) en comparación con el control T0 (3.75 cm) y el tratamiento T2 (4.19 cm). La diferencia entre T1 y T0 resultó altamente significativa ($t = -6.376$, $p < 0.001$), al igual que la diferencia entre T1 y T2 ($t = 4.363$, $p < 0.001$), conforme se observa en la Tabla No. 8. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre T0 y T2 ($p = 0.165$).

Tabla 8

Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 2.

Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	-1.56	-6.376	30	<0.001	Si
T0 vs T2	-0.44	-1.424	30	0.165	No
T1 vs T2	1.12	4.363	30	<0.001	Si

Comparación entre tratamientos en la Medición 2.

Para la tercera medición, las diferencias entre tratamientos se acentuaron considerablemente. El tratamiento T1 alcanzó una altura media de 8.25 cm, significativamente superior a los tratamientos T0 (5.19 cm) y T2 (5.31 cm). Los análisis estadísticos, detallados en la Tabla No. 9, confirman diferencias altamente significativas entre T1 y T0 ($t = -8.479$, $p < 0.001$) y entre T1 y T2 ($t = 8.894$, $p < 0.001$). Nuevamente, no se observaron diferencias significativas entre T0 y T2 ($p = 0.757$).

Tabla 9

Resultados de la prueba t de Student para la comparación de altura entre tratamientos en la Medición 3.

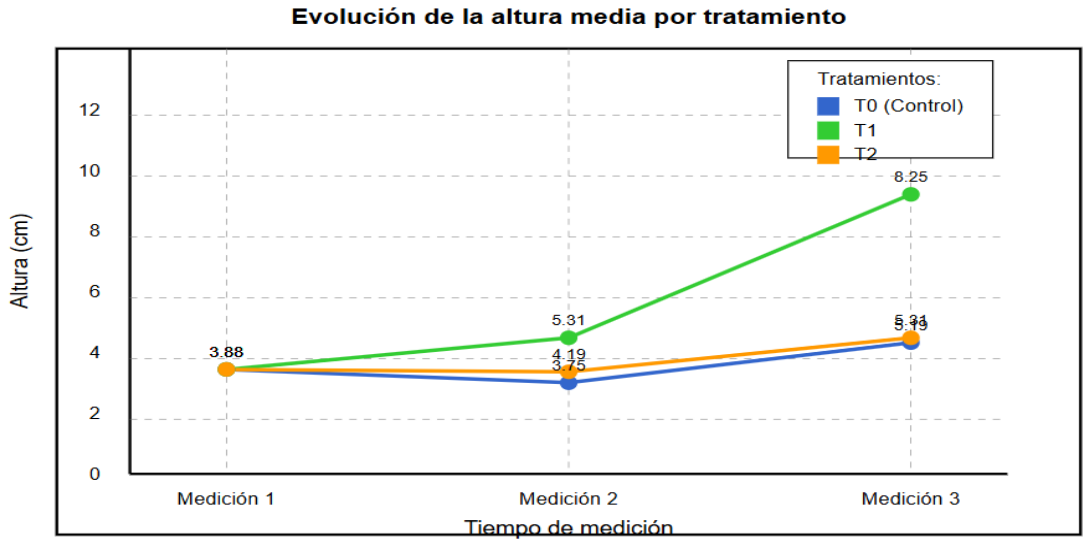
Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	-3.06	-8.479	30	<0.001	Si
T0 vs T2	-0.12	-0.312	30	0.757	No
T1 vs T2	2.94	8.894	30	<0.001	Si

Comparación entre tratamientos en la Medición 3.

La evolución de la altura media por tratamiento a lo largo de las tres mediciones se ilustra en la Figura No. 19, donde se aprecia gráficamente la superioridad del tratamiento T1 a partir de la segunda medición y su efecto acumulativo positivo en el tiempo.

En síntesis, el tratamiento T1 demuestra ser significativamente superior a los tratamientos T0 y T2 en términos de promoción del crecimiento en altura de las plantas evaluadas. Los tratamientos T0 y T2 no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí en ninguna de las tres mediciones, lo que indica que el tratamiento T2 no ofrece ventajas sustanciales respecto al control.

Figura No. 19. Evolución de la altura media (cm) por tratamiento a lo largo de las tres mediciones.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Por otra parte, el diámetro del tallo de las plantas de *Cannabis sativa* fue evaluado en tres mediciones a lo largo del periodo experimental, con el objetivo de determinar el efecto de los tratamientos T0, T1 y T2.

Tabla 10

Estadísticas descriptivas del diámetro de tallo (mm) por tratamiento y tiempo de medición

Tratamiento	Tiempo de Medición	n	Media (mm)	Desviación Estándar	Error Estándar
T0	Medición 1	16	1.00	0.00	0.00
T0	Medición 2	16	1.06	0.25	006
T0	Medición 3	16	2.00	0.00	0.00
T1	Medición 1	16	1.00	0.00	0.00
T1	Medición 2	16	2.00	0.00	0.00
T1	Medición 3	16	3.00	0.00	0.00
T2	Medición 1	16	1.00	0.00	0.00
T2	Medición 2	16	1.00	0.00	0.00
T2	Medición 3	16	2.00	0.00	0.00

Estadísticas del diámetro de tallo (mm) por tratamiento y tiempo de medición.

Conforme se observa en la Tabla No. 11, correspondiente a la primera medición, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos ($p = 1.000$), con una media de diámetro de 1.00 mm en todos los casos. Esto confirma la homogeneidad de las condiciones iniciales del experimento.

Tabla 11

Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 1.

Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	0.00	0.000	30	1.000	No
T0 vs T2	0.00	0.000	30	1.000	No
T1 vs T2	0.00	0.000	30	1.000	No

Comparación entre tratamientos en la Medición 1.

En la segunda medición, como se evidencia en la Tabla No. 12 comenzaron a manifestarse diferencias entre los tratamientos. El tratamiento T1 mostró un incremento en el diámetro medio (2.00 mm) en comparación con el tratamiento control T0 (1.06 mm) y el tratamiento T2 (1.00 mm).

Tabla 12

Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 2.

Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	-0.94	-14.907	30	<0.001	Si
T0 vs T2	-0.06	1.000	30	0.325	No
T1 vs T2	1.00	15.907	30	<0.001	Si

Comparación entre tratamientos en la Medición 2.

Para reforzar estos resultados, en la Tabla No. 13 de la tercera medición, las diferencias entre tratamientos se acentuaron. El tratamiento T1 alcanzó un diámetro medio de 3.00 mm, superior a los tratamientos T0 y T2 (ambos con 2.00 mm). Los análisis estadísticos confirmaron diferencias significativas entre T1 y T0, y entre T1 y T2 ($p < 0.001$). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T2

Tabla 13

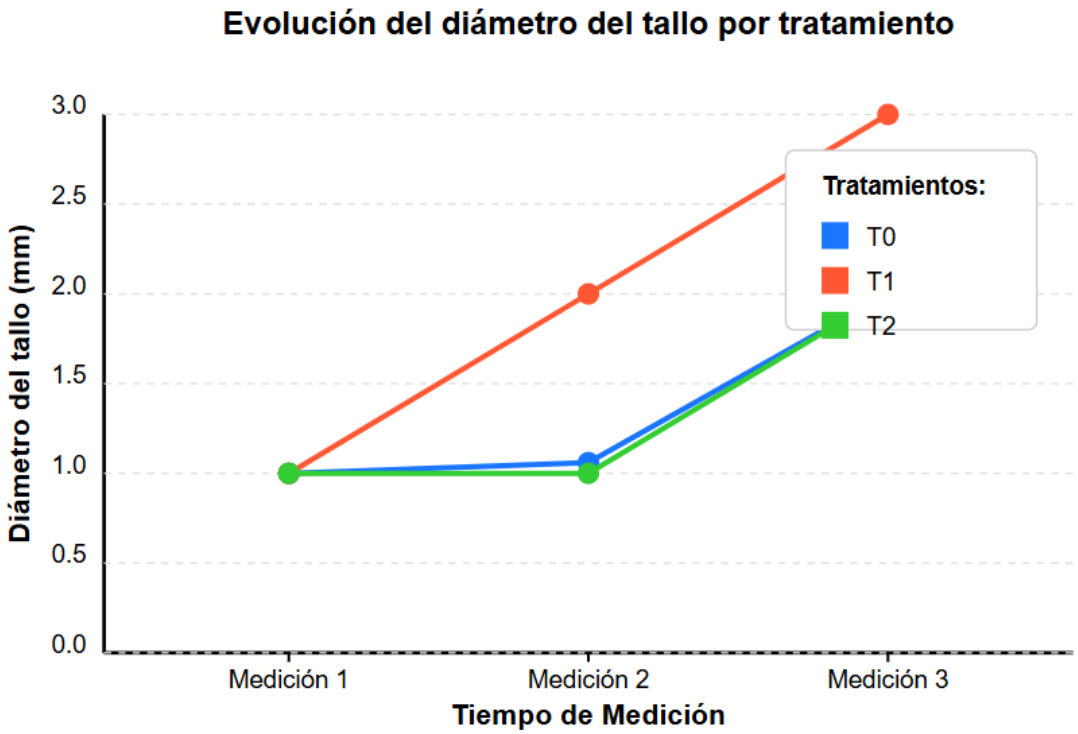
Resultados de la prueba t de Student para la comparación del diámetro entre tratamientos en la Medición 3.

Comparación	Diferencia de medias	Estadístico t	gl	Valor p	Significativo
T0 vs T1	-1.00	< -1000	30	<0.001	Si
T0 vs T2	0.00	0.000	30	1.000	No
T1 vs T2	1.00	> +1000	30	<0.001	Si

Comparación entre tratamientos en la Medición 3.

Adicionalmente, la evolución del diámetro del tallo para cada tratamiento a lo largo de las tres mediciones se ilustra en la Figura No. 20. Como se aprecia en dicha figura, las curvas correspondientes a los tratamientos T0, T1 y T2 presentan trayectorias similares, lo que visualmente respalda los resultados estadísticos obtenidos.

Figura No. 20. Evolución del diámetro del tallo por tratamiento



Fuente: Elaboración propia (2025).

En resumen, conforme se observa en las Tablas No. 10, 11, 12 y 13, así como en la Figura No. 20, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos evaluados durante las tres mediciones realizadas. Esto indica que tanto los bioinsumos agroecológicos presentaron un efecto superior sobre esta variable morfológica del cultivo.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que, durante el periodo de seis semanas de evaluación, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento inicial de plantas de *Cannabis sativa* entre los tratamientos con bioinsumos agroecológicos y fertilizantes comerciales, en comparación con el testigo absoluto. Tanto la altura como el diámetro del tallo presentaron comportamientos similares en los tres tratamientos, lo que sugiere que los bioinsumos agroecológicos pueden ser una alternativa viable y sostenible para el cultivo de cáñamo, al menos en la etapa inicial del desarrollo vegetal.

Sin embargo, es importante señalar que la duración del experimento fue muy corta y que solo se limitó a la fase vegetativa temprana de la planta. Por ello, se recomienda que futuras investigaciones se realicen en periodos vegetativos más prolongados y bajo condiciones de campo abierto, a fin de obtener información más precisa y concluyente sobre el efecto de los bioinsumos en todo el ciclo de cultivo de *Cannabis sativa*. Además, es fundamental que estos estudios se desarrollen a nivel científico, incorporando un mayor número de variables agronómicas, fisiológicas y de calidad del producto final, para fortalecer la base de conocimiento sobre el uso de tecnologías agroecológicas en este cultivo emergente.

En cuanto al análisis económico, se observó que el tratamiento agroecológico (T1) presentó costos de producción inferiores en comparación con el tratamiento comercial (T2), debido al aprovechamiento de insumos locales y la reducción de dependencia de productos externos. Esto representa una ventaja significativa para pequeños y medianos productores interesados en implementar sistemas productivos sostenibles y económicamente accesibles. No obstante, es necesario evaluar la rentabilidad a largo plazo y su impacto en la calidad y rendimiento del cultivo en futuras investigaciones.

Se recomienda continuar con investigaciones científicas que permitan validar y optimizar estas tecnologías en diferentes etapas del ciclo productivo y en condiciones diversas, con el objetivo de consolidar prácticas agrícolas más sustentables, eficientes y económicamente viables para la región.

6. Referencias Bibliográficas

Ahmadi, F., Kallinger, D., Starzinger, A., & Lackner, M. (2024). Hemp (Cannabis salvia L.) Cultivation: Chemical Fertilizers or Organic Technologies, a Comprehensive Review. *Nitrogen*, *5*(3), 624-654. https://doi.org/10.3390/nitrogen5030042

Del Refugio, R. B. M., (2024). *Zonificación agroecológica para el cáñamo (Cannabis sativa L.) en México*. Universidad Autónoma Chapingo. [Tesis de Maestría] https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/46c84b1f-811f-440d-a599-36bef94d000e

Huamancayo Ysminio, G. G. (2012). *Efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (Theobroma cacao L.) fase vivero en Santa Rosa - Naranjillo*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. [Tesis de Maestría] https://repositorio.unas.edu.pe/items/e2278732-3ba8-4fc8-aa1d-783e7f12d20b

Kolo, J., Ukabiala, M. E., Osakwe, U. C., Parah, J. B., Nyamapfene, K., Obalum, S. E., Hassan, A. M., Nnabude, P. C., & Igwe, C. A. (2022). Overlooked influence of Indian hemp (*Cannabis sativa*) cultivation on soil physicochemical fertility of humid tropical agroecosystems: Lowland soils. *West African Journal of Applied Ecology, 30*(1), 68-81.https://www.ajol.info/index.php/wajae/article/view/227244

Mosquera, A. T., Melo, M., Quiroga, C., Avendaño, D., Barahona, M., Galindo, F., Lancheros, J., Prieto, S., Rodriguez, A., & Sosa, D. (2016). Evaluación de fertilización orgánica en cafeto (Coffea arabica) con pequeños productores de Santander, Colombia. *Temas Agrarios*, *21*(1), 90-101. https://doi.org/10.21897/rta.v21i1.894

Rojas, L., Varela, S., Sanchez, M., Alpizar., D y Chacon, P. (2023). *El desarrollo Científico, Tecnológico y de Mercado del Cannabidiol (CBD)*. https://kerwa.ucr.ac.cr/items/e529b300-ac17-47f5-84db-69c926770897

7. Anexos.

Anexo No. 1. Análisis de suelo.

MC-LASPA-2201-01

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tfls. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.dsap@iniap.gob.ec

INFORME DE ENSAYO No: 23-0497

NOMBRE DEL CLIENTE: Eduardo Leon
PETICIONARIO: Eduardo Leon
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Eduardo Leon
DIRECCIÓN: Loja

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13/03/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 10:35
FECHA DE ANALISIS: 18/03/2025
FECHA DE EMISIÓN: 26/03/2025
ANALISIS SOLICITADO: 53

Análisis	pH		N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)			Clase Textural	IDENTIFICACIÓN
Unidad			ppm	ppm	ppm	ppm	meq/ 100g	meq/ 100g	meq/ 100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/ 100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla		
23-3320	6,26	L.Ac	20,40	4,20	3,72	0,24	0,05	5,97	1,56	0,40	2,83	194	3,33	3,82	32,44	156,39	7,58	1,40	M					LOA 1

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	
	ppm	ppm	meq/ 100g		%	ppm	meq/ 100g	ppm	ppm		IDENTIFICACION

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH *	Suelo Agua (1:2,5)	P K Ca Mg *	Olsen Modificado
S,B *	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn *	Olsen Modificado
B *		Carbonilla	

METODOLOGIA USADA	
C.E. *	Pasta Saturada
M.O. *	Dicromato de Potasio
Al+H *	Titulación NaOH

INTERPRETACION							
pH				Elemento			
Ac =	Acido	N =	Neutro	B =	Bajo		
LAc =	Ligeramente Acido	LAl =	Ligeramente Alcalino	M =	Medio		
PN =	Prácticamente Neutro	Al =	Alcalino	A =	Alto		
RC =	Reguilarmente Cal			T =	Tóxico (Boro)		

INTERPRETACION								M.O y Cl	
Al+H,Al y Ns				C.E.					
B =	Bajo	NS =	No Salino	S =	Salino	B =	Bajo		
M =	Medio	LS =	Lig. Salino	MS =	Muy Salino	M. =	Medio		
T =	Tóxico					A =	Alto		

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Electrica
M.O =	Materia Orgánica

LABORATORISTA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por esta. Si el lector de esta correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de esta se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Anexo No. 2. Aplicación de Ecuabonaza.

Anexo No. 3. Primera medición de diámetro.

Anexo No. 4. Plántula con aplicación bocashi.

Anexo No. 5. Medición de diámetro de parcela con tratamiento T1.

Anexo No. 6. Medición de altura de parcela con tratamiento T0.

Anexo No. 7. Medición de altura de parcela con tratamiento T2.

Anexo No. 8. Medición de altura de parcela con tratamiento T1.

Anexo No. 9. Bioenzima.

Anexo No. 10. Tabla general de los costos de producción del proyecto.

No-	ACTIVIDAD	UNID	TRAT.	P.U. ($)	CANT	TOTAL ($)
1	Adquisición de semillas de cannabis	U	T1	0,10	16	1,60
2	Caneca de melaza	U	T1	12,00	1	12,00
3	Gallinaza	U	T1	3,00	2	6,00
4	Cascarilla de arroz	U	T1	3,00	2	6,00
5	Salvado de arroz	U	T1	3,00	1	3,00
6	Levadura	1 Kg	T1	5,00	1	5,00
7	Tanque de 200 litros	U	T1	35,00	1	35,00
8	Bórax	1 Kg	T1	1,74	1	1,74
9	Sulfato de cobre	1 Kg	T1	4,78	1	4,78
10	Sulfato de hierro	1 Kg	T1	1,15	1	1,15
11	Sulfato de magnesio	1 Kg	T1	1,34	1	1,34
12	Sulfato de manganeso	1 Kg	T1	1,79	1	1,79
13	Sulfato de zinc	1 Kg	T1	1,96	1	1,96
14	Jornal	J	T1	20	0,25	5
	TOTAL					**86,36**