

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE CIENCIAS DE TIERRA Y LA CONSERVACION



Uso de Biochar y biofertilizantes como acondicionador de suelos en el cultivo de tomate
(*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de estructura protegida en la finca agroecológica
UNAG.

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales

POR:

Milton David Reyes Hernández

Catacamas, Olancho

Agosto, 2024

Uso de Biochar y biofertilizantes como acondicionador de suelos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de estructura protegida en la finca agroecológica UNAG.

Por:

Milton David Reyes Hernández

Josué David Matute M.Sc

Director de tesis

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero En Gestión Integral De Los Recursos Naturales

Catacamas Olancho Honduras C.A.

Agosto 2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de Trabajo de investigación certificamos que:

El estudiante **MILTON DAVID REYES HERNÁNDEZ** del IV Año de Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales presentó su informe intitulado:

USO DE BIOCHAR Y BIOFERTILIZANTES COMO ACONDICIONADOR DE SUELOS EN EL CULTIVO DE TOMATE (SOLANUM LYCOPERSICUM) BAJO CONDICIONES DE ESTRUCTURA PROTEGIDA EN LA FINCA AGROECOLÓGICA UNAG.

El cual, a criterio de los evaluadores _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los _____ días del mes de agosto de dos mil veinticuatro.

Director de Tesis
M.Sc Josue David Matute

Jurado de Tesis
M.Sc Wendy Leonela Castellanos

M.Sc Jose Irias

Jurado de Tesis

DEDICATORIA

Primero, expreso mi más profunda gratitud a Dios Todopoderoso, quien me ha brindado la sabiduría, salud y fortaleza necesarias para alcanzar cada una de las metas que he trazado a lo largo de mi vida. Su guía ha sido mi luz constante en cada paso de este camino.

A mis padres, María Natalia Hernández Vásquez y Emiliano Reyes Martínez, les agradezco de todo corazón por ser la base de mi vida y el motor que impulsa todos mis sueños. Su fe en mí y su enseñanza de valores como la disciplina y el respeto me han formado en la persona que soy hoy

A mis hermanos, Joel Reyes, Nolvía Reyes, Miguel Reyes, Junior Reyes, Antonio Reyes José Emilio Reyes, quienes me inspiran a ser un ejemplo digno de seguir. Son mi motivación para continuar superándome y ser una guía que los impulse a alcanzar sus propias metas, superando mis logros con excelencia.

Dedico esta tesis con profundo amor y gratitud a mi querido abuelo Fulgencio Hernández, quien ha sido una parte fundamental en mi vida y en este proyecto. Gracias por tu apoyo constante, tus enseñanzas, y por brindarme siempre una palabra de aliento cuando más lo necesito. Tus consejos y tu ejemplo de vida me han inspirado a seguir adelante con perseverancia y determinación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios por ser mi fortaleza y guía durante cada etapa de mi vida académica, y por su presencia constante en este importante logro.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Agricultura, mi Alma Mater, por brindarme una formación integral durante estos cuatro años, permitiéndome crecer como profesional y culminar con éxito mis estudios universitarios.

Al M.Sc. Josué David Matute Aguilar, mi asesor principal, le agradezco por su apoyo incondicional, sabios consejos y enseñanzas a lo largo de esta investigación. Su ejemplo de disciplina y constancia ha sido esencial para el éxito de mi trabajo.

Extiendo mi gratitud a los asesores auxiliares, M.Sc. Wendy Leonela Castellano y M.Sc. José Irías, por su dedicación, exigencia y valiosa retroalimentación durante todo el proceso. Sus correcciones y apoyo han sido invaluable para la mejora continua de este proyecto.

A todo el personal de la Finca Agroecológica, quienes, con generosidad, me brindaron su tiempo, conocimientos y experiencias, a pesar de sus múltiples ocupaciones. Gracias por haberme recibido con calidez y por facilitar un entorno propicio para mi investigación.

Amigos (as) Xiomara Rivera, Flhor Bautista Osman Nolasco, Saul Alvarado, Erin Reyes Harvey Gálvez, Oscar Aguirre, José Irías, Oscar Godoy, Ángel Funes, Miguel Mejía, Jonatan Sanches. Greisy Morazán, Nipzon Portillo, Pablo Flores, Jonathan Cuello, Diego Escoto Cristian Salgado, Alonzo Pineda, Gustavo Bustillo A. Corinto.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE TABLAS}	viii
LISTAS DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS.....	3
Objetivo General:.....	3
Objetivos Específicos	3
3. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Biochar en la agricultura.....	4
3.1.1 Características del biochar	5
3.1.2 Composición química y propiedades físicas del Biochar en el suelo.....	6
3.1.3 Impacto del Biochar en el Suelo.....	6
3.1.4 Mejora de la estructura del suelo.....	7
3.1.5 Secuestro de Carbono	7
3.1.6 Biochar y la nutrición vegetal.....	8
3.1.7 Efectos del Biochar en el secuestro de carbono	8
3.2 biofertilizantes	8
3.2.1 Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas	9
3.2.2 Biofertilizantes basados en microorganismos	10
3.2.3 Biofertilizantes a base de nutrientes solubles	10

3.2.4	Interacciones entre Biofertilizantes y Plantas.....	10
3.2.5	Efectos en la absorción de nutrientes por las plantas.	11
3.2.6	Ventajas de los biofertilizantes en la agricultura:.....	11
3.3	Cultivo del tomate	12
3.3.1	Descripción botánica	12
3.3.2	Ventajas del cultivo de tomate en estructuras protegidas.....	13
3.3.3	Relación del cultivo de tomate en estructuras protegidas.....	13
3.3.4	Fisiología del cultivo de tomate.....	14
3.3.5	Valor nutricional del Tomate.....	14
3.4	La agricultura protegida.....	15
3.4.1	Invernadero	16
3.4.2	Factores del clima de los invernaderos.....	16
3.4.3.	Control de temperatura y humedad en estructuras protegidas.....	17
3.4.4	El cultivo de tomate en estructuras protegidas	17
4	MATERIALES Y MÉTODO.....	19
4.1.	Ubicación del área de trabajo	19
4.2.	Estudio	20
4.3.	Materiales, equipo e insumos a utilizar	21
	Arreglo de los tratamientos en campo	21
4.4.	Descripción de los tratamientos.....	22
4.5.1.	Preparación del terreno	24
4.5.2	Proceso de pirólisis.....	26
4.5.3	Pesado del Biochar	27
4.5.4	Modo de aplicación	27
4.5.4	Beneficios del Biochar de Bambú.....	28
4.5.	Manejo del experimento	29
4.6.1	Uso de Bocachi.....	29

4.6.2	Aplicación de Microorganismos de Montaña líquido (MMs)	30
4.6.3	Caldo sulfocálcico	31
4.6.4	Sulfato de cobre	31
4.6.5	Bioplaguicida Neem	32
4.6.6	Biofertilizantes	32
4.6.7	Melaza combinada con bioestimulantes	32
4.6.8	Ceniza y vinagre blanco	33
4.6.9	La melaza.....	33
4.6.10	Polinización de Flores de Tomate mediante Bomba de Motor de Aire en Invernadero.....	34
	Importancia de la Polinización en el Cultivo de Tomate	35
	Polen.....	35
4.7	Analizar las propiedades física, química y biológica del suelo de sitio de estudio.	37
4.8	Evaluar variables vegetativas del cultivo de tomate producidas con el uso enmiendas orgánicas.	38
4.8.1	Variables del comportamiento del Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	39
4.9	Medición de la calidad nutricional del tomate cultivado bajo estructuras protegida.	41
4.9.1	Variables a medir durante la etapa de desarrollo y producción del cultivo..	41
4.9.2	Grados Brix	41
4.9.3	Medición de Grados Brix en Hojas de Tomate	42
4.9.4	Medición de Grados Brix en Frutos	42
4.10	Análisis estadístico	42
4.10.1	Diseño en Parcela Dividida	42
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
5.1	Análisis de las propiedades física, química y biológica del suelo de sitio de estudio	44
5.1.1	Análisis físico del suelo en el sitio de estudio.....	44

5.1.1.1 Textura	44
5.1.1.2 Porosidad.....	46
5.1.2 Análisis químicos de suelos	48
5.1.2.1 pH de suelo.....	48
5.1.2.2 Materia orgánica.....	51
5.1.2.3 Microelementos Químicos	53
5.1.3 Análisis Biológico.....	54
5.1.3.1 Índice de Shannon	54
5.2. Variables del comportamiento del Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	55
5.2.1 Altura.....	55
5.2.2 Numero de frutos.....	57
5.2.3 Peso en rendimiento L/Kg.....	59
5.3. Evaluar la calidad nutricional del tomate cultivado bajo estructuras protegida	61
5.3.1 Grados Brixs en hojas	61
5.3.2 Grados brixs en fruto.....	64
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍAS.....	69
ANEXOS.....	75

LISTA DE TABLAS}

T

Tabla 1. Valor nutritivo del tomate por 100 g de fruto.....	15
Tabla 2 Estructura desarrollada dentro de la parcela.....	21
Tabla 3 Establecimiento de los tratamientos estudiados dentro de la casa malla.....	22
Tabla 4 Cronograma de aplicaciones.....	29
Tabla 5 Labores de mantenimiento en el cultivo.....	36
Tabla 6 Variables físico, químico, evaluadas del suelo.....	37
Tabla 7 Se muestra las variables tomadas en el comportamiento del Tomate (solanum lycopersium).	39
Tabla 8 Análisis de microelementos químicos del suelo.....	

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Finca Agroecológica Unag.....	19
Figura 2.Tratamientos que se aplicaran en las parcelas divididas 2x2 con un diseño completamente aleatorio.....	24
Figura 3. Elaboración del Biochar.....	26
Figura 4 Principales enfermedades encontradas en cultivo de tomate durante su etapa de crecimiento hasta la producción	31
Figura 5. Fenología del Tomate.....	39
Figura 6 Textura observada en el suelo de los diferentes tratamientos.	46
Figura 7 Grafica de porcentaje de porosidad.....	48
Figura 8 Tipos de pH en la cual dentro del estudio realizado se ha encontrado una alta disponibilidad de nutrientes.....	49
Figura 9 Evaluación del pH en suelo en cultivo de tomate.	50
Figura 10 Grafica de porcentaje de M.O.	52
Figura 11 Abundancia y riquezas de organismos biológicos.	54
Figura 12 Promedio de altura en el cultivo de tomate evaluados en el invernadero en un periodo de tres meses.....	57
Figura 13 Números de frutos del cultivo de tomate en casa malla.....	59
Figura 14 Peso en L/KG de los distintos factores.	61
Figura 15 Promedio de grados brixs en hoja.	64
Figura 16 Promedio de grados brixs en fruto de Tomate.	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza ANAVA de altura en el cultivo de Tomate	75
Anexo 2 Análisis de varianza ANAVA de numero de frutos en el cultivo de Tomate	77
Anexo 3 Análisis de varianza ANAVA del rendimiento L/Kg en el cultivo de Tomate	77
Anexo 4 Análisis de varianza ANAVA de Grados Brix en hojas del cultivo de Tomate ...	78
Anexo 5 Análisis de varianza ANAVA de Grados Brix en Frutos del cultivo de tomate. .	79
Anexo 6 Análisis de varianza ANAVA de Media en altura en el cultivo de Tomate	80
Anexo 7 Análisis de varianza ANAVA de Media en Numero de frutos en el cultivo de Tomate.	80
Anexo Hoja de trabajo para Análisis Químicos de suelo	81
Anexo 8 preparación del terreno.	81
Anexo 9 Preparación del Biochar.	85
Anexo 10 Preparación del semillero.....	86
Anexo 11 muestreo de suelos y laboratorio.	86
Anexo 12 Grados brix en hoja.	87
Anexo 13 Grados brix en fruto de tomate	88
Anexo 14 Control y manejo de enfermedades durante el cultivo.....	89
Anexo 15 Preparación de fertilizantes para la nutrición y bioplaguicidas para el control de plagas encontradas dentro de la casa malla.	89
Anexo 16 Aceite de Neen.	90
Anexo 17. Preparación de Bocachi en relación en carbono y nitrógeno.....	77

REYES HERNÁNDEZ, M. D. 2024. Uso de Biochar y biofertilizantes como acondicionador de suelos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de estructura protegida en la finca agroecológica UNAG.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la Finca Agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura durante los meses de febrero, marzo, junio de 2024. El objetivo del estudio fue evaluar el uso del Biochar y biofertilizantes en el suelo para la producción orgánica de Tomate (*Solanum lycopersicum*). Se establecieron dos factores Biochar y Biol, cada uno con cuatro repeticiones. Los Factores fueron los siguientes: FA1 con Biochar FA2 sin Biochar FB 1 con biol y FB2 sin Biol Se evaluaron tres variables relacionadas con la fisiología de la planta, como la altura de la planta, el número y peso de los frutos. Además, se analizaron variables físico-químicas del suelo, como el pH, la textura, porosidad y la materia orgánica. Los resultados del estudio mostraron que el Biochar no tuvo diferencias estadísticamente significativas en las variables del cultivo. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la altura peso y el número de frutos En cuanto a las variables físico-químicas del suelo, no se observaron diferencias significativas. En resumen, el estudio concluyó que el uso del Biochar si tuvo un impacto significativo en las variables del cultivo de Tomate, pero no tuvo efectos en propiedades del suelo físico químico y biológico. Es importante tener en cuenta que este estudio se realizó en una ubicación y en un período de tiempo específicos, por lo que los resultados pueden variar en diferentes condiciones y contextos y en el tiempo de uso del biochar.

Fuentes:

Estudio sobre el Uso de Biochar y biofertilizantes como acondicionador de suelos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de estructura protegida en la finca agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura.

1. INTRODUCCION

La agricultura es un pilar fundamental para la subsistencia de la humanidad y desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria global. Sin embargo, ha enfrentado crecientes desafíos relacionados con la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la intensificación de los impactos ambientales, especialmente en América Latina y Honduras.

En este contexto, la agroecología ha surgido como un enfoque prometedor para abordar estos desafíos, al tiempo que busca mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas de cultivo, ofreciendo alternativas que no solo se enfocan en la producción, sino también en la regeneración de los recursos naturales (González et al. 2018).

Dentro de la agroecología, se han incorporado diversas prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de biochar, biofertilizantes y otras técnicas como la rotación de cultivos, la agroforestería y el uso de compostaje. Estas prácticas, respaldadas por estudios como los de Pulido Castro et al (2004).Y Elizabeth et al.(2020) han demostrado ser efectivas para mejorar la calidad del suelo, incrementar la biodiversidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En particular, el biochar, un producto derivado del proceso de pirólisis de biomasa como el bambú, ha ganado atención significativa por su capacidad de mejorar la retención de nutrientes en el suelo y su aplicación en cultivos de alto valor nutricional como el tomate.

El cultivo del tomate, en específico, es una fuente valiosa de proteínas y nutrientes esenciales en la dieta humana, convirtiéndose en un área de interés particular para la implementación de prácticas agroecológicas González et al.(2018). Señala que la incorporación de biochar y biofertilizantes en sistemas protegidos como invernaderos, donde se pueden controlar mejor las condiciones ambientales, representa una estrategia viable para mejorar la eficiencia de los recursos y mitigar los desafíos climáticos

.

En este estudio, nos enfocamos en la evaluación del uso combinado de biochar y biofertilizantes en el cultivo de tomate bajo condiciones de estructura protegida. Estas estructuras permiten maximizar el uso de recursos naturales mientras se optimiza la producción agrícola, proporcionando un entorno ideal para la implementación de prácticas agroecológicas innovadoras.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar la la efectividad de esta combinación de enmiendas orgánicas en términos de productividad, calidad del suelo y sostenibilidad ambiental. Para alcanzar este objetivo, se establecieron objetivos específicos que abarcaron desde el análisis de suelo (físico, químico y biológico) y los efectos individuales del biochar y los biofertilizantes hasta la evaluación de su interacción en el sistema de cultivo.

Al enfocarnos en el cultivo de tomate y el uso de biochar y biofertilizantes en condiciones de estructura protegida, esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre prácticas agrícolas sostenibles que pueden mejorar la seguridad alimentaria y reducir el impacto ambiental(Santin 2017).

Además, los resultados obtenidos sirvieron como una base sólida para la promoción de prácticas agroecológicas en otros sistemas de cultivo, promoviendo así la transición hacia una agricultura más sostenible y resiliente.

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el uso de Biochar y Biofertilizantes como acondicionador de suelos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de estructura protegida en la finca agroecológica UNAG.

Objetivos Específicos

Analizar las propiedades física, química y biológica del suelo de sitio de estudio.

Evaluar variables vegetativas del cultivo de tomate producidas con el uso enmiendas orgánicas.

Evaluar la calidad nutricional del tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado bajo estructuras protegida.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Biochar en la agricultura

El biochar es un tipo de carbón vegetal que se obtiene a partir de restos vegetales y residuos de biomasa. A diferencia del carbón vegetal clásico, el biochar no se utiliza como combustible, sino que se aplica al suelo para mejorar sus propiedades. Algunas de las propiedades beneficiosas del biocarbón incluyen el aumento de la producción vegetal y la estimulación de la actividad microbiana en el suelo. También ayuda a regular el pH de los suelos ácidos y mejorar sus propiedades físicas y químicas(Lu 2021).

El uso del biochar como enmienda para mejorar el suelo se remonta a miles de años atrás, al igual que su producción para las necesidades básicas de calefacción y cocina. El biochar es una forma estupenda de utilizar los residuos verdes que es buena para el clima y el medio ambiente. Añadir biochar a los suelos semidesérticos hará que las plantas sean más resistentes a la sequía, reducirá las pérdidas de nutrientes de las plantas y, mezclado con compost, mejorará también la estructura del suelo(Artiola y Wardell 2017).

EL Biochar es un producto sólido, que se obtiene mediante la carbonización de la biomasa con contenido de carbono y se desarrolla en un entorno con limitado oxígeno. Este puede añadirse al suelo con la finalidad de mejorar las funciones del suelo y minimizar las emisiones de la biomasa ya que de manera natural la degradación generaría gases de efecto invernadero Biochar en la agricultura(Ramirez 2023).

El biocarbón es el producto de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas relativamente bajas

(inferiores a los 700 °C) y que es destinado a uso agrícola, lo que hace que sea diferente al carbón usado como combustible y al carbón activado(Escalante et al. 2016)

Biochar (BC) Conocido como una enmienda del suelo que mejora la fertilidad también se ha propuesto como un vehículo o soporte alternativo para el soporte de bioinoculantes a base de bacterias, obteniéndose resultados favorables relacionados con viabilidad y actividad

biológica. Los soportes están destinados a ofrecer un nicho protector para los microorganismos inoculados y, por lo tanto, reducir la competencia con los microorganismos autóctonos(Jayanti y Brier 2020)

3.1.1 Características del biochar

Las características del biochar son muy variables y dependen de la materia prima y de su elaboración (temperatura alcanzada y mantenida, cantidad de oxígeno en la combustión, etc.), Aun así, comunes a todos los biochar son:

- Alto contenido en carbono (posee un 75-90% de C)
- Bajo contenido en nitrógeno
- pH alcalino
- Baja densidad
- Alta retención hídrica
- Material muy poroso y con gran superficie específica con propiedades adsorbentes.
- Alta aromaticidad (relación H:C)
- Degradación muy lenta.

Debido a su recalcitrancia, el tiempo de residencia del biochar en el suelo es de cientos a miles de años, al menos de 10 a 10.000 veces mayor que los tiempos de residencia de la mayoría de la materia orgánica del suelo. Sin embargo, no todo el biocarbón permanece inalterado en el suelo, sino que una parte de éste puede ser oxidada, lo que modifica algunas cualidades del suelo.

La caracterización del Biochar es esencial para comprender su composición, propiedades y aplicaciones en diversos campos, incluyendo la agricultura, la restauración ambiental y la mitigación del cambio climático la composición elemental y la capacidad de retención de nutrientes, para comprender su idoneidad en aplicaciones agrícolas y ambientales. Como mejorador de suelos agrícolas tomando como indicadores las propiedades físicas y químicas del material y su contenido de nutrimentos y metales tóxicos (Velázquez Machuca *et al.* 2019)

3.1.2 Composición química y propiedades físicas del Biochar en el suelo.

La composición física y química del biochar es compleja debido a que la materia prima utilizada para elaborarlo es muy heterogénea, y durante su proceso de producción se producen una gran variedad de reacciones químicas. Los componentes principales del biochar son el carbono fijo, la materia volátil, las sustancias minerales (cenizas) y la humedad. El biochar, debido al aumento relativo en la pérdida de material volátil (principalmente agua, seguido por hidrocarburos, vapores alquitranados, H₂, CO y CO₂), y la conversión de alquilos, se convierte en una estructura carbonosa altamente porosa que facilita la retención de nutrientes y agua en el suelo (Gratal y Aguilar Bail 2016).

Es crucial entender que la composición del biochar puede variar considerablemente dependiendo del tipo de biomasa utilizada y las condiciones del proceso de pirólisis, como la temperatura y el tiempo de residencia. A temperaturas más altas, por ejemplo, el biochar tiende a tener un mayor contenido de carbono fijo y menos materia volátil, lo que lo hace más resistente a la degradación microbiana en el suelo, aumentando así su eficacia a largo plazo (Hidalgo 2010)

3.1.3 Impacto del Biochar en el Suelo

La agricultura enfrenta actualmente una serie de desafíos críticos, como el cambio climático, la degradación y pérdida de fertilidad de los suelos, y la alta demanda de alimentos. En este contexto, el uso de biochar ha emergido como una solución potencial para mitigar algunos de estos problemas.

El sector agrícola es muy relevante en este escenario, ya que, por una parte, la actividad agrícola contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y, por otra, se ve afectada negativamente por las consecuencias derivadas del cambio climático, como el incremento de la temperatura, el aumento de la aridez y la erosión del suelo. Algunos estudios han encontrado que el biochar puede mejorar la retención de nutrientes y agua en el suelo, lo que ayuda a reducir la necesidad de fertilizantes y riego, disminuyendo así la emisión de gases de efecto invernadero(Prieto 2016).

Sin embargo, se requiere más investigación para comprender completamente su impacto en diferentes condiciones de suelo y cultivo, ya que los efectos pueden variar dependiendo de factores como el tipo de suelo, el clima y la especie cultivada. En particular, se ha documentado que en suelos ácidos, el biochar puede aumentar el pH, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El proceso estabiliza el Carbono de la materia orgánica haciéndolo más resistente a la descomposición química y biológica(Prieto 2016).

3.1.4 Mejora de la estructura del suelo.

Las propiedades del Biochar. (superficie y nano-porosidad) pueden estar relacionadas directa e indirectamente con su efecto sobre el suelo. El Biochar, cuando se agrega al suelo, tendrá un impacto positivo en la respuesta del suelo al agua, la agregación, el manejo y la capacidad de retención de cationes. Esto es causado por la porosidad del Biochar que aumenta la superficie del suelo, aumentando así la retención de agua y nutrientes (Nates 2014).

3.1.5 Secuestro de Carbono

El secuestro de carbono se refiere al proceso de capturar y almacenar el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, evitando que contribuya al calentamiento global. Este fenómeno puede ocurrir de forma natural a través de procesos biológicos, como la fotosíntesis de las plantas, o mediante tecnologías y prácticas humanas(Henreaux 2012).

El secuestro de carbono es importante porque ayuda a reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera, mitigando el cambio climático. Al almacenar el carbono en los ecosistemas y en formaciones geológicas, se evita que el CO₂ contribuya al efecto invernadero y al calentamiento global (Henreaux 2012)

3.1.6 Biochar y la nutrición vegetal

El Biochar puede aportar nutrientes al suelo de forma directa o aumentar la disponibilidad de los nutrientes para la planta, a través del incremento de la capacidad de intercambio catiónico (lo cual favorece la retención de nutrientes y minimiza las pérdidas por lixiviación), cambios en el pH, de las condiciones redox del suelo y su influencia sobre la actividad biológica del suelo. (González Marquetti et al. 2021)

3.1.7 Efectos del Biochar en el secuestro de carbono

El carbono puede mantenerse secuestrado durante más tiempo en el suelo si se ponen en práctica diversas estrategias que fomenten la formación de materiales recalcitrantes (materia orgánica muy persistente por su estabilidad o resistencia a los procesos de degradación microbianos o físico y químicos, y por tanto, no biodisponibles) y disminuyan la mineralización (proceso esencialmente microbiano en el que se descompone la materia orgánica en productos inorgánicos sencillos generando CO₂). (Gratal y Aguilar Bail 2016)

3.2 biofertilizantes

El manejo de los biofertilizantes en el sector agropecuario ha llevado a un aumento en la demanda de productos orgánicos en el sector agrícola. Aunque la calidad de los fertilizantes convencionales no es necesariamente un problema, integrar fertilizantes orgánicos con los

convencionales puede tener beneficios para los cultivos, como mayor calidad y mejores rendimientos.

Los fertilizantes orgánicos son residuales, lo que significa que con el tiempo aumentan el porcentaje de materia orgánica del suelo, lo que fortalece los cultivos y los hace menos susceptibles a plagas y enfermedades. Sin embargo, los fertilizantes orgánicos pueden ser deficitarios en elementos mayores como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Es importante destacar que el uso de fertilizantes orgánicos no es contrario al uso de productos convencionales, ya que contienen los mismos elementos, además de microorganismos benéficos y compuestos adicionales. (Rodríguez 2009)

Según lo que menciona Grageda-Cabrera *et al.* (2012) Los biofertilizantes tienen una amplia representación desde los microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección. Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo, su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos

3.2.1 Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas

Los biofertilizantes son preparados que contienen cepas seleccionadas de microorganismos vivos, los cuales interactúan con las raíces de las plantas para mejorar la disponibilidad de nutrientes. Estos microorganismos actúan a nivel de la rizosfera, promoviendo procesos químicos y biológicos que liberan nutrientes clave como nitrógeno, fósforo, y potasio. Por ejemplo, bacterias fijadoras de nitrógeno convierten el nitrógeno atmosférico en formas que las plantas pueden absorber, mientras que los solubilizadores de fósforo transforman fosfatos insolubles en formas solubles accesibles para las plantas. (Pedraza *et al.* 2021)

3.2.2 Biofertilizantes basados en microorganismos

Los biofertilizantes basados en microorganismos incluyen bacterias, hongos y actinomicetos que mejoran la fertilidad del suelo. Estos microorganismos llevan a cabo reacciones bioquímicas que incrementan la disponibilidad de nutrientes minerales. La fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la movilización de potasio son procesos clave facilitados por estos biofertilizantes, que permiten una nutrición más eficiente de las plantas.(FAO 1993)

3.2.3 Biofertilizantes a base de nutrientes solubles

Estos biofertilizantes contienen nutrientes esenciales en formas que las plantas pueden absorber directamente. Los microorganismos presentes en estos productos facilitan la conversión de compuestos complejos en nutrientes solubles, permitiendo una absorción más rápida y eficiente por las raíces. Este proceso reduce la dependencia de fertilizantes químicos, promoviendo una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.(Sánchez et al. 2021).

3.2.4 Interacciones entre Biofertilizantes y Plantas

Según Chávez-Díaz et al.(2020) Las interacciones entre biofertilizantes y plantas son fundamentales para la disponibilidad de minerales. Los microorganismos en los biofertilizantes establecen simbiosis con las plantas, optimizando la absorción de nutrientes y mejorando la salud de la planta. Estas interacciones no solo aumentan la eficiencia en la absorción de minerales, sino que también fortalecen la resistencia de las plantas a enfermedades y estreses abióticos.

3.2.5 Efectos en la absorción de nutrientes por las plantas.

Según L. Rodriguez (2016) define como los biofertilizantes mejoran la absorción de nutrientes a través de varios mecanismos:

- ❖ **Interacciones microbianas:** Microorganismos como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos incrementan la disponibilidad de nutrientes esenciales al descomponer la materia orgánica y solubilizar minerales.
- ❖ **Condiciones del suelo:** Los microorganismos ayudan a mantener la estructura del suelo y a optimizar las condiciones físicas y químicas para la absorción de nutrientes.
- ❖ **Factores ambientales:** Los biofertilizantes pueden mediar los efectos de factores ambientales como la temperatura y la humedad, mejorando la capacidad de las plantas para absorber nutrientes en condiciones variables.

3.2.6 Ventajas de los biofertilizantes en la agricultura:

En contexto con Grageda-Cabrera et al. (2012) da a conocer el uso de biofertilizantes que nos ofrece varias ventajas, entre las cuales destacan:

- ❖ **Aumento de la biodiversidad y fertilidad del suelo:** Los biofertilizantes enriquecen el suelo, promoviendo una mayor actividad microbiana y mejorando la estructura del suelo.
- ❖ **Protección del medio ambiente:** Son más sostenibles y menos contaminantes que los fertilizantes químicos.
- ❖ **Mejora de la absorción de agua y fijación de carbono:** Favorecen la retención de agua en el suelo y contribuyen a la captura de carbono, lo que ayuda a mitigar el cambio climático.

- ❖ **Mayor sostenibilidad agrícola:** Reducen la dependencia de fertilizantes químicos y promueven prácticas agrícolas sostenibles a largo plazo.

3.3 Cultivo del tomate

El tomate es una planta de la familia de las solanáceas, ampliamente cultivada por su fruto comestible. El fruto del tomate es redondo u ovalado, con una piel lisa que varía en color según la variedad y el grado de madurez. Su interior es jugoso y contiene numerosas semillas. Además de su uso culinario, el tomate es valioso por sus propiedades nutricionales, siendo una fuente rica en vitaminas, minerales y antioxidantes(Troiani *et al.* 2017).

La planta de tomate es adaptable a diferentes tipos de suelo, pero requiere un buen drenaje. Los suelos con alto contenido de materia orgánica son ideales. El tomate se desarrolla bien en suelos con pH entre 6 y 6.5, aunque puede crecer en suelos ligeramente ácidos o medianamente alcalinos. En regiones como Arica y Parinacota, se han cultivado exitosamente tomates en suelos con pH 8, demostrando su tolerancia a diferentes condiciones de pH y salinidad, incluso en suelos con conductividad superior a 3 dS/m(Guzmán *et al.* 2017)

Para el cultivo de tomate, es esencial elegir la variedad adecuada y preparar el suelo para asegurar un buen drenaje y disponibilidad de nutrientes. El riego adecuado y el control de malezas y plagas son fundamentales. A medida que las plantas crecen, se requieren tutores para mantenerlas erguidas, y la cosecha debe realizarse en el momento óptimo para garantizar la calidad del fruto(NCAT 2019).

3.3.1 Descripción botánica

El sistema radicular del tomate varía según el método de cultivo. En cultivos directos, las raíces son profundas y pivotantes, mientras que en trasplantes, las raíces son superficiales y ramificadas, concentrándose principalmente en los primeros 20-30 cm del suelo. Los tallos y ramas son herbáceos y necesitan soporte.

Las hojas son compuestas y cubiertas de una fina vellosidad, dispuestas de forma alternada. Las flores, perfectas y agrupadas en racimos, varían en número según la variedad y fase de crecimiento. El fruto es una baya de forma y tamaño variable, dependiendo del número de lóculos, que pueden variar de uno a diez.

Las semillas son ligeramente pubescentes y tienen una viabilidad de 3-4 años en condiciones tropicales, extendiéndose hasta 12 años bajo refrigeración. Un fruto puede contener entre 100 y 300 semillas, con un gramo de semillas albergando entre 300 y 400 unidades. Las variedades de tomate se clasifican según el tiempo de producción, hábito de crecimiento, tipo de maduración del fruto, uso del fruto, y porte de la planta(Zickuhr 2016).

3.3.2 Ventajas del cultivo de tomate en estructuras protegidas

Según la FAO (2013) el cultivo de tomate en estructura protegida como el invernadero presenta varias ventajas significativas. Para el mejoramiento de la agricultura orgánica:

Protección Climática: Los invernaderos protegen las plantas de heladas, granizo y vientos fuertes, minimizando pérdidas.

Control Ambiental: Permiten regular la temperatura, humedad y luz, optimizando el crecimiento y calidad del fruto.

Prolongación de la Temporada: Facilitan el cultivo durante todo el año, incluso en climas desfavorables, aumentando la rentabilidad.

Reducción de Plagas y Enfermedades: Actúan como barrera física, reduciendo la necesidad de pesticidas.

Eficiencia en el Uso de Recursos: Mejoran el manejo del riego y la fertilización, aumentando la eficiencia en la absorción de nutrientes

3.3.3 Relación del cultivo de tomate en estructuras protegidas

El cultivo de tomate en estructuras protegidas ha ganado popularidad en los últimos años debido a los beneficios que ofrece. Estas estructuras, como los invernaderos, brindan protección contra condiciones climáticas adversas, como heladas, granizo y lluvias intensas, lo que permite un mayor control sobre el entorno de cultivo.

El uso de estructuras protegidas en el cultivo de tomate también permite un mejor control de plagas y enfermedades, ya que se reduce la exposición de las plantas a insectos y patógenos presentes en el ambiente exterior. Además, se pueden implementar sistemas de riego eficientes y controlar la temperatura y humedad de manera más precisa, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Lopes y Parrado 2021).

3.3.4 Fisiología del cultivo de tomate

La fisiología del tomate se adapta según el entorno de cultivo. En invernaderos, las condiciones controladas modifican su crecimiento, formación de racimos y desarrollo de frutos. La primera fase de desarrollo, conocida como vegetativa, abarca desde la germinación hasta la aparición del primer racimo floral, que ocurre tras la formación de 5 a 10 hojas.

Durante la etapa productiva, los frutos maduran y son cosechados mientras la planta continúa desarrollando nuevas hojas y racimos. Finalmente, factores como el hábito de crecimiento o las prácticas de manejo detienen el crecimiento de la planta, enfocándose en la maduración de los frutos ya formados (López y Parrado 2021)

3.3.5 Valor nutricional del Tomate

El tomate es rico en carotenoides, vitamina C, calcio, fósforo y otros minerales esenciales. Sus carotenoides y vitamina C actúan como antioxidantes, protegiendo contra el daño celular y enfermedades crónicas. El licopeno, otro carotenoide presente en el tomate, reduce la oxidación del colesterol, disminuyendo el riesgo de enfermedades cardíacas (Bonfiglio y Hernández 2013).

Tabla 1. Valor nutritivo del tomate por 100 g de fruto.

Vitaminas y minerales	Valor
Residuos	6.00%
Materia seca	6.2 g
Energía	20.0 kcal
Proteínas	1.2 g
Fibra	0.7 mg
Calcio	7.0 mg
Hierro	0.6 mg
Caroteno	0.5 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina C	23.00 mg
Valor nutritivo medio (VNM)	2.39 g
VNM: por 100 g de materia seca	38.5

Fuente: (Nuez, 1,999)

3.4 La agricultura protegida

Se considera agricultura protegida al uso de determinadas técnicas para controlar los efectos de factores ambientales como la luz, humedad, temperatura, vientos, granizos o diferentes plagas, entre otros, y minimizar así sus efectos sobre los cultivos. Los clásicos invernaderos son una de las técnicas que se utilizan en la agricultura protegida, pero hay otros métodos como el uso de túneles y mallas.

Los túneles, que pueden ser micro túneles o macro túneles según su tamaño, son una hilera de arcos que se coloca sobre las plantas y que se cubre con una malla o un plástico. Además, con ellas se regula la entrada de calor; se mitiga el exceso de radiación solar, y se mantiene algo de calor en las noches frías.

Lo que se pretende es reproducir determinadas condiciones climáticas que son más adecuadas para el desarrollo de ciertos cultivos. En estas condiciones de protección, resulta más sencillo el control de las condiciones de cultivo de las plantas, lo que facilita la aplicación de técnicas relacionadas con las nuevas tecnologías, como la monitorización y el análisis de datos, la climatización controlada o la automatización del riego (Moreno et al. 2011).

3.4.1 Invernadero

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior.

De las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Juárez López et al. 2011)

3.4.2 Factores del clima de los invernaderos

El ambiente en un invernadero está representado por un grupo de factores climáticos, tales como radiación, temperatura, humedad relativa y concentración de CO₂, los cuales afectan el desarrollo y crecimiento de la planta. Para poder interpretar cómo se manifiesta el clima interno del invernadero y sus posibles variaciones, es necesaria una aproximación al conocimiento de las variables que influyen en ese clima interno y a los cambios que se verifican el exterior del invernadero (radiación, viento, temperatura). Esto permite tomar medidas preventivas para tener las mejores condiciones para el cultivo (Jayanti y Brier 2020).

Es necesario estudiar las características del clima local con el fin de conocer los factores favorables y desfavorables para el cultivo y asimismo para las instalaciones, ya que el diseño debe responder a las condiciones naturales. Se denomina clima espontáneo del invernadero al que se produce sin la intervención humana ni aporte de energía importante, calor, ventilación forzada, nebulización. La pintura de sombreo, la ventilación natural se consideran contribuyentes al clima espontáneo (Martínez y Roca 2011)

3.4.3. Control de temperatura y humedad en estructuras protegidas.

El control de temperatura y humedad en estructuras protegidas es importante para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos. El control adecuado de estos factores puede ayudar a prevenir enfermedades, mejorar la calidad de los productos y aumentar la productividad. Estos métodos permiten ajustar la temperatura interior de la estructura de acuerdo con las necesidades de los cultivos. El control de la humedad en estructuras protegidas también es esencial para el crecimiento saludable de los cultivos. (U.S Environmental Protection Agency 2016).

3.4.4 El cultivo de tomate en estructuras protegidas

El cultivo de tomate en estructuras protegidas es una práctica común en la agricultura moderna. Estas estructuras, como los invernaderos, brindan un ambiente controlado que permite cultivar tomates durante todo el año y proteger las plantas de condiciones climáticas adversas, plagas y enfermedades.

El cultivo de tomate en estructuras protegidas se ha vuelto cada vez más popular debido a los beneficios que ofrece. Al proporcionar un ambiente controlado, se pueden crear condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate. Esto incluye controlar la temperatura, la humedad, la luz y la ventilación. Además, las estructuras

protegidas también pueden ayudar a prevenir enfermedades transmitidas por el suelo y reducir la necesidad de pesticidas(Verónica Elizabeth Pérez arce 2022)

En el cultivo del tomate, es importante mantener un equilibrio adecuado de nutrientes para asegurar un buen rendimiento y calidad del fruto. Los análisis foliares pueden ayudar a identificar deficiencias de micronutrientes y permitir un tratamiento adecuado para las plantas

En resumen, el cultivo de tomate en estructuras protegidas es una técnica que permite cultivar tomates de manera eficiente y protegida durante todo el año. Estas estructuras brindan un ambiente controlado que optimiza el crecimiento de las plantas y protege los cultivos de condiciones adversas. Esta práctica ha demostrado ser beneficiosa para aumentar la productividad y la calidad de los tomates.

4 MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación del área de trabajo

El presente estudio de investigación se realizó en la prestigiosa Finca Agroecológica, ubicada en la reconocida Universidad Nacional de Agricultura. Esta destacada finca, situada en la localidad de Catacamas, Olancho, es ampliamente reconocida por su compromiso en promover y fomentar la agricultura sostenible, la cual persigue el objetivo fundamental de lograr un equilibrio armonioso entre la producción de alimentos y la preservación del medio ambiente.

La Finca Agroecológica se encuentra en un entorno geográfico privilegiado, con una latitud norte de $14^{\circ}50'22.40''$ y una longitud oeste de $85^{\circ}50'36.55''$. A una altitud de 361 metros sobre el nivel del mar, este espacio se ha convertido en un referente para la implementación de prácticas agrícolas que minimizan el impacto negativo en los ecosistemas. En la (Figura 1) se muestra la ubicación

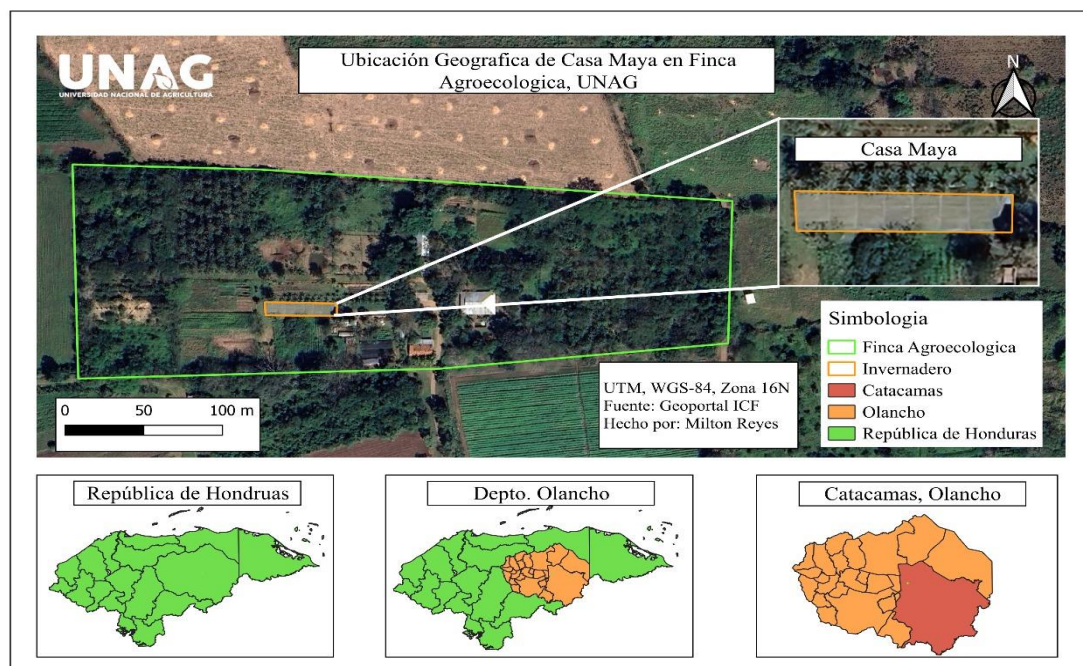


Figura 1. Ubicación de la Finca Agroecológica UNAG. Se muestran todos sus datos correspondidos donde se llevó a cabo el estudio.

4.2. Estudio

Este estudio adoptó un enfoque mixto, combinando tanto métodos cuantitativos como cualitativos para evaluar el impacto del biochar en el cultivo de tomate en una finca agroecológica.

La fase cuantitativa se centró en la recolección de datos numéricos a través de mediciones precisas de variables relacionadas con el crecimiento del cultivo, las características del suelo, y los rendimientos obtenidos. Para esto, se utilizaron instrumentos calibrados y técnicas estadísticas apropiadas para analizar los datos.

Simultáneamente, la fase cualitativa incluyó la observación directa y la documentación de prácticas agrícolas y fenómenos observados en el campo. Esta fase también incluyó visitas de otros agricultores, vistas de estudiantes y algunas entrevistas informales con los con los compañeros y otros estudiantes para obtener una visión más profunda sobre las percepciones y experiencias relacionadas con el uso del biochar.

El proceso experimental comenzó con la preparación del terreno en la finca agroecológica, que incluyó la limpieza, el picado del suelo y la creación de camas de cultivo. Paralelamente, se construyó un horno pirolítico en el suelo para la producción del biochar, utilizando biomasa de bambú recolectada localmente. Este biochar fue luego integrado en las camas de cultivo como enmienda del suelo.

Se estableció un semillero para la germinación de las plántulas, las cuales fueron trasplantadas al campo una vez alcanzaron el tamaño adecuado. El mantenimiento del cultivo incluyó la adición de cobertura vegetal, el control de malezas, y la fertilización diaria con bioles orgánicos. Para el control de plagas y enfermedades, se aplicaron Bioplaguicida artesanales.

Durante todo el proceso, se realizaron mediciones periódicas de variables clave, como la altura de las plantas, el tamaño y peso de los frutos, y la calidad del suelo, utilizando métodos estandarizados. Además, se implementaron técnicas cualitativas para documentar los cambios en las condiciones del suelo y del cultivo, así como las percepciones de los

agricultores. Finalmente, se procedió a la cosecha de los frutos, seguido de un análisis comparativo entre las parcelas tratadas con biochar y las subparcelas con biol

4.3. Materiales, equipo e insumos a utilizar

En el proceso de elaboración del Biochar, Bioles, MM y Caldos se emplearon diversas herramientas. Estas incluyeron el uso de un biello, una pala, un azadón, una piocha, un machete, botas de hule, barriles plásticos y una carreta. Para medir las variables del cultivo como la altura, se utilizaron los instrumentos de cinta métrica y regla y para la nutrición se utilizó el instrumento Refractómetro para medir grados brixs. Para recolectar muestras de suelo, se utilizaron bolsas ziploc para guardar las muestras, así como una cubeta pequeña y una pala de punta pesada y una libreta de apuntes.

El equipo utilizado en el estudio fue: Cámara fotográfica, computadora, Qgis, InfoStat®, PowerPoint®, Excel®, Canva® y Word®.

Arreglo de los tratamientos en campo

Tabla 2 Estructura desarrollada dentro de la parcela.

Aspecto del Estudio	Detalles
Área del Estudio	Estructura protegida de 400 m ²
Número de Camas	6 camas de 33 m de longitud por 1.20 m de ancho
Diseño Experimental	Diseño factorial 2x2 en parcelas divididas, con parcelas y subparcelas alternando biochar y biol
Distribución de Tratamientos	- Parcela Grande: Una con biochar y otra sin biochar
	- Subparcelas: Una con biol y otra sin biol
Siembra	- Filas simples en cada cama
	- Distancia entre plantas: 0.50 m
	- Distancia entre camas: 1.20 m
Número Total de Plantas Sembradas	476 plantas
Repeticiones por Tratamiento	3 repeticiones por tratamiento en parcela y subparcelas
Puntos de Muestreo	2 puntos de muestreo por cada cama (total de 6 puntos de muestreo)

Distribución de Mediciones	Mediciones del comportamiento del cultivo realizadas en los puntos de muestreo
Diseño del Bloque	Diseño de bloques completamente al azar con 3 réplicas
Trasplante	Realizado en parcelas de 33 m de largo por 1.20 m de ancho

4.4.Descripción de los tratamientos

Un diseño experimental 2x2 en parcelas divididas implica dos factores principales, cada uno con dos niveles, y se divide en subparcelas. Se establecieron los tratamientos y las variables a medir, considerando tres réplicas y un diseño aleatorio para la variable Biol y biochar.

A1: Con Biochar

A2: Sin Biochar

B1: Con Biol

B2: Sin Biol

Tabla 3 Establecimiento de los tratamientos estudiados dentro de la casa malla.

Tratamiento	Descripción	Componentes Agregados	Distribución	Observaciones
A1: Con Biochar	Parcelas con aplicación de Biochar	- 15 kg/m ² de Bocachi - 1000 ml/m ² de Microorganismos de Montaña (MM)	Aplicado en 3 camas (ubicación intercalada)	Biochar aplicado para mejorar la retención de nutrientes y agua en el suelo.
A2: Sin Biochar	Parcelas sin aplicación de Biochar	- 15 kg/m ² de Bocachi - 1000 ml/m ² de Microorganismos de Montaña (MM)	Aplicado en 3 camas (ubicación intercalada, utilizado como testigo)	Usado como control para comparar con parcelas con Biochar.
B1: Con Biol	Parcelas con aplicación de Biol	- 15 kg/m ² de Bocachi - 1000 ml/m ² de Microorganismos de Montaña (MM)	Aplicado en 6 de las subparcelas	Biol aplicado como fertilizante orgánico líquido para mejorar la nutrición.
B2: Sin Biol		- 15 kg/m ² de Bocachi		

Parcelas sin aplicación de Biol	- 1000 ml/m ² de Microorganismos de Montaña (MM)	Aplicado en 6 de las subparcelas utilizadas como testigos	Usado para evaluar las subparcelas sin biol en el impacto del Biol en comparación con su ausencia.
---------------------------------	---	---	--

figura 2. Muestra la forma de ubicación de los tratamientos en campo. A1. Con Biochar A2. Sin biochar

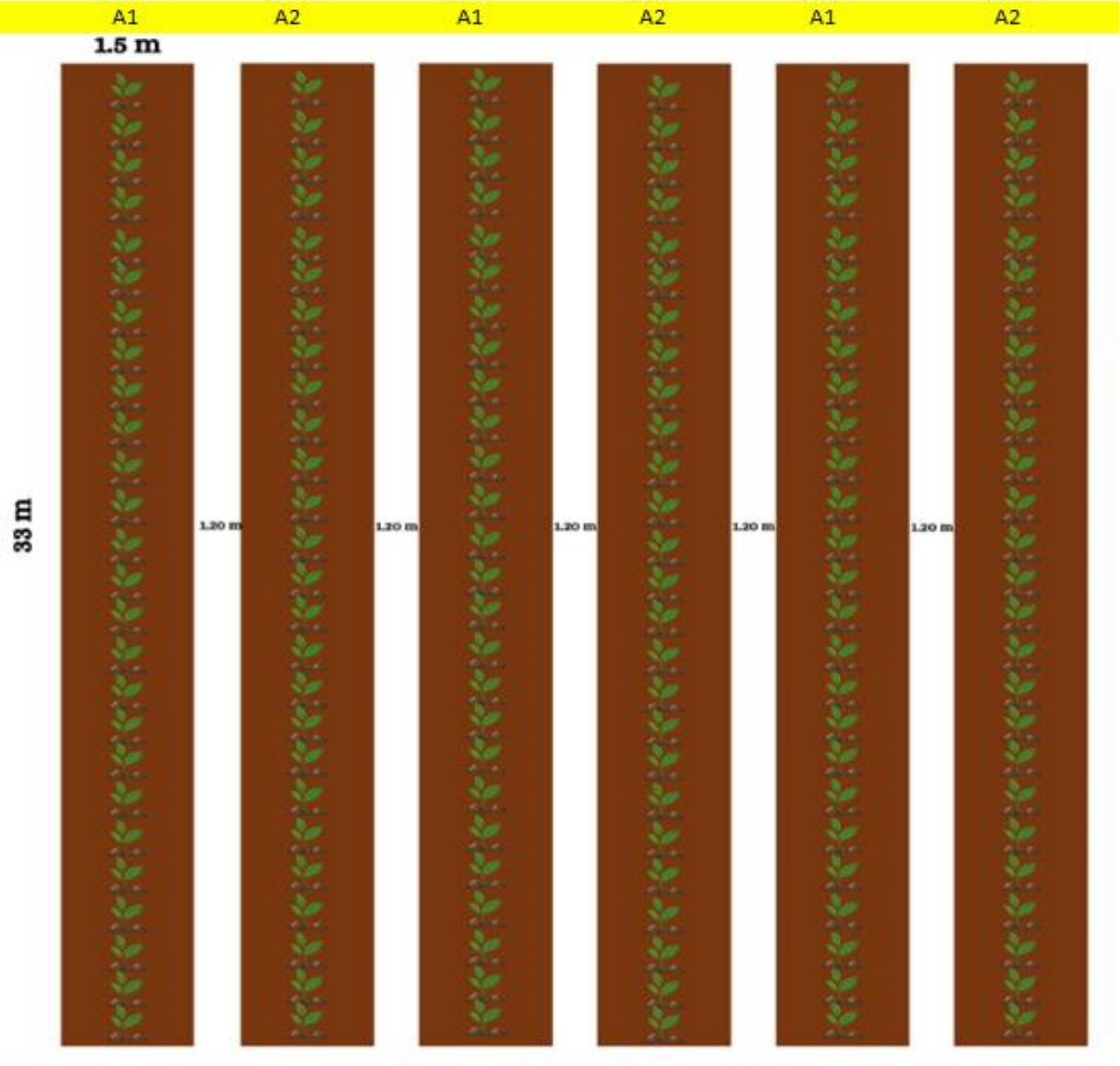


Figura 2. Diagrama de la aplicación se muestran los tratamientos que se aplicaran en las parcelas divididas 2x2 con un diseño completamente aleatorio en el invernadero de la finca Agroecológica de la UNAG.

4.5.1. Preparación del terreno

Luego de preparar las parcelas, se abrieron y se colocaron 15 kg/m² de Biochar por metro cuadrado. Después se aplicó abono orgánico tipo. Bocachi, y se incorporó Microorganismos de Montaña en liquido (MM) 900 ml/m², y se cubrió la cama y se dejó madurar por un periodo de varios días para iniciar el trasplante. Para evitar el crecimiento de plantas no deseadas consideradas malezas, se realizó una cobertura tipo mulch o acolchado usando paja o restos de pasto de desperdicios de ovejos. Para el riego se usó un sistema de goteo que tendrá una frecuencia diaria con un tiempo de 60 minutos y una descarga por gotero de 600 ml.

Producción de plantas: Para comenzar, se realizó la preparación del sustrato de siembra adecuado. Una mezcla que se utilizó fue de un 70% de humus de lombriz, un 20% de carbón molido y un 10% de carbonato de calcio. Se sembró una semilla por agujero en bandejas con 200 espacios. Después de la siembra, se esperó un período de aproximadamente 15 días para lograr la germinación de las semillas. Durante este tiempo, se tuvo en cuenta el riego diario a las semillas para mantener el sustrato húmedo y favorecer su desarrollo.

Así mismo se tomó en cuenta el manejo de plagas que afectaron algunas de las plantas de tomate, como el gusano, mosca blanca, cochinilla y saltamontes ya que estos pueden defoliar rápidamente las plantas de tomate, por lo que es importante estar atentos y tomar medidas de control si es necesario

El trasplante: Se realizó el trasplante a los 25 días después de la germinación de las semillas, cuando ya alcanzaron una altura de 12 cm. El trasplante se desarrolló en la tarde, las temperaturas son más suaves y las plantas pueden adaptan mejor al nuevo entorno. Antes de realizar el trasplante, se aplicó una solución arrancadora a base de micorrizas en el agujero donde se colocó la planta.

Proporcionándole un riego adecuado después del trasplante para ayudar a las plantas a establecerse en su nuevo entorno. Se tuvo un seguimiento regular del riego y brindando los cuidados necesarios para un crecimiento saludable

Proceso de elaboración del biochar de Bambú

• Introducción al Proceso de Carbonización

El biochar es un carbón vegetal producido mediante la pirolisis, un proceso térmico que se realiza en ausencia o baja presencia de oxígeno, lo que permite la carbonización del material orgánico sin combustión completa.

Selección y Preparación del Bambú

Se escogió el bambú con bajo contenido de humedad y madurez adecuada, y se hizo de especies que tengan un crecimiento rápido y alta resistencia estructural.

Preparación:

- **Corte y Talla:** El bambú (*Bambusa vulgaris*) se cortó en segmentos manejables se hizo necesario, cortarlo en piezas más pequeñas para facilitar su carbonización.
- **Secado:** Antes de la pirolisis, se hizo la reducción del contenido de humedad del bambú por debajo del 15%, lo que puede lograrse mediante secado natural o en hornos controlados.

Para producir biochar, se hizo la construcción de un horno pirolítico diseñado para transformar la biomasa de Bambu mediante el proceso de pirolización, generando como resultado el biochar. Este horno se configurará como un hoyo con forma de tronco de

pirámide cuadrangular excavado en el suelo, y las dimensiones y apariencia se pueden apreciar en la figura 3 adjunta. Se muestra la estructura que realizo para preparar el biochar



Figura 3. Esquema del proceso de la elaboración del Biochar utilizando en el cultivo de tomate como enmienda orgánica preparado de Bambú.

Es esencial garantizar que la cámara de combustión tenga la capacidad de bloquear el acceso de oxígeno durante la quema de la biomasa, ya que el biochar se forma en ausencia de oxígeno. Por lo tanto, el oxígeno solo deberá ingresar en la parte superior para alimentar el fuego, mientras que en el interior no se permitirá la entrada de oxígeno, ya que esto podría convertir el biochar en cenizas. La figura 3 ilustra el proceso de pirolización en acción, destacando la importancia de controlar el flujo de oxígeno en el horno

4.5.2 Proceso de pirólisis.

El proceso de pirólisis se llevó a cabo utilizando bambú (*Bambusa vulgaris*) como materia prima, debido a su rápida tasa de crecimiento, alta densidad de carbono, y sostenibilidad como recurso renovable. El bambú es una opción ideal para la producción de biochar, ya que su estructura fibrosa y contenido de lignina favorecen la formación de un material carbonoso con alta porosidad y capacidad de retención de nutrientes.

Este proceso de pirólisis, conocido como pirolisis lenta, se extendió durante 5 horas. La pirolisis lenta se caracteriza por temperaturas moderadas y tiempos prolongados, lo que permite una conversión más completa de la biomasa en biochar. A lo largo de este periodo, la combustión controlada transformó la biomasa de bambú en un biochar de alta calidad, manteniendo la mayor parte del carbono en su estructura.

Temperatura de Operación: La pirolisis del bambú generalmente se realizó a temperaturas entre 400°C y 700°C. La temperatura seleccionada influirá en las propiedades finales del biochar, como su porosidad y área superficial.

Tiempo de Retención: El tiempo que el bambú se mantuvo a la temperatura deseada también para no afectar la calidad del biochar. Típicamente, el proceso duro entre 2 y 6 horas.

Control del Ambiente de Pirolisis: El proceso se realizó en un ambiente controlado con bajo oxígeno para evitar la combustión completa del material y garantizar la máxima retención de carbono.

Enfriamiento: Una vez completada la pirolisis, el material se enfrió lentamente para evitar la oxidación del biochar, lo que podría reducir su eficacia y calidad. Ya una vez enfriado, el biochar de bambú se retiró del reactor o cámara de pirolisis.

4.5.3 Pesado del Biochar

Una vez terminado el proceso de pirolización y de regulación de la temperatura, El biochar se trituro y se tamizado para obtener el tamaño de partícula deseado, según se realizó su aplicación final. se procedió a colar con una zaranda de 0.1 cm de grosor del agujero y luego a pesar el carbón, esto se hará para conocer cuál es la cantidad total obtenida del proceso a base de la biomasa utilizada. Este pesado se hará utilizando una báscula y pala. Y su almacenamiento fue en un lugar seco y protegido de la humedad para preservar sus propiedades.

4.5.4 Modo de aplicación

El biochar se aplicó directamente al suelo mediante una técnica de incorporación superficial, utilizando diferentes presentaciones del material: en trozos, triturado y en forma de harina fina. De estas, la forma más recomendada y efectiva fue la aplicación en forma de harina fina (biochar triturado), debido a su mayor capacidad para integrarse homogéneamente en el suelo y su facilidad para mezclarse con otros insumos, como compost y biofertilizantes.

Antes de aplicarlo, el biochar fue inoculado con compost y biofertilizante, lo que favoreció la actividad microbiana y potenció sus beneficios como enmienda orgánica. Este proceso de inoculación asegura que el biochar no solo actúe como una fuente de carbono estable, sino también como un sustrato activo que mejora la fertilidad del suelo y promueve un crecimiento saludable de las plantas.

El tamaño óptimo de las partículas de biochar fue reducido a pequeñas fracciones, similares al tamaño de la harina, lo que mantiene su estructura porosa. Esta porosidad es fundamental, ya que permite una mejor retención de agua y nutrientes en el suelo, contribuyendo significativamente a la mejora de las condiciones edáficas.

4.5.4 Beneficios del Biochar de Bambú

Este producto realizó sus beneficios en el suelo durante la etapa del desarrollo del cultivo su efecto lo que se describe a continuación.

Retención de Agua: El biochar mejoró la capacidad del suelo para retener agua, lo que es especialmente beneficioso en suelos arenosos o en áreas propensas a la falta de agua.

Aumento de la Fertilidad: Actuó como un reservorio de nutrientes, liberándolos gradualmente y mejorando la eficiencia de los fertilizantes.

Estabilidad del pH: Ayudó a estabilizar el pH del suelo, haciéndolo menos ácido y más favorable para el crecimiento de las plantas.

Hábitat Microbiano: La estructura porosa del biochar proporcionó un excelente hábitat para microorganismos beneficiosos, promoviendo un ecosistema del suelo más saludable.

Secuestro de CO₂: El biochar es una forma estable de carbono que, al ser aplicado al suelo, actuó como un sumidero de CO₂, ayudando a mitigar el cambio climático.

Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Mitigación de CH₄ y N₂O: Su aplicación en el suelo fue reducir las emisiones de metano y óxido nitroso, dos gases con un alto potencial de calentamiento global.

4.5. Manejo del experimento

La producción de tomates se gestionó de forma ecológica, empleando fertilizantes orgánicos, bioles, soluciones minerales y extractos de plantas según los requerimientos minerales particulares de los cultivos. La totalidad de las labores de mantenimiento a lo largo del ciclo de cultivo se ejecutaron de manera manual.

En la Tabla 4 se detallan las aplicaciones semanales planificadas para el cultivo, mostrando así el enfoque estructurado y programado en el manejo del cultivo.

Tabla 4 Cronograma de aplicaciones de la nutrición y el control de enfermedades plagas desarrolladas en el cultivo de tomate en el invernadero de la Finca Agroecológica UNAG..

Cronogramas De aplicación Al Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)																		
objetivo	Aplicación	Dosis	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Nutricion y desarrollo	Biochar	5 kg/ Cama	X	X														
	Bocachi	100g/ Planta			X	X		X				X						
	Biofertilizantes	1L/ 20L			X		X		X		X		X		X		X	
	Biocalcio y biopotasio	1/2 L /20L				X		X		X		X		X		X		X
	MMs biofermentado	50g/ planta	X	X		X		X		X		X		X		X		X
	Biofosforo y biomagnesio	1L/ 20L			x			x			x			x			x	
	Melaza	50g/ 20L			X		X		X		X			X		X		X
	MMs liquido	1L/ 20L				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de enfers, plags ..	caldo Sulfocalcico	500 ML/ 20 L			X			X			X	X		X	X		X	
	caldo burguelero	300 ML/ 20L					X		X		X		X		X		X	
	Neem				X		X		X		X		X		X		X	
	sulfato de cobre	30g/20L			X		X		X		X	X	X	X	X	X		X
	sulfato de sodio	20g/20L					X			X		X						
	aceite de neem	200ML/20L					X		X			X	X	X				
	Caldo de cal	400MI/20L								X	X		X		X	X	X	

4.6.1 Uso de Bocachi

Se utilizó Bocashi como un fertilizante orgánico clave para potenciar el crecimiento del cultivo, seleccionado específicamente por su equilibrada proporción carbono/nitrógeno de 24 y 8 utilizando una cantidad de 19 qq. Dada la disponibilidad existente en la finca, se aprovechó una preparación actual de Bocashi, complementándola con una producción adicional para garantizar la suficiencia del insumo durante todo el ciclo de cultivo.

La aplicación se realizó con precisión, incorporando 100 g de Bocashi directamente en el suelo, cerca de la base de cada planta. El fertilizante fue cuidadosamente colocado en un orificio junto a la planta y luego cubierto con tierra para maximizar su efectividad. Este método asegura una distribución uniforme de nutrientes, optimizando el impacto positivo en el desarrollo de cada planta.

4.6.2 Aplicación de Microorganismos de Montaña líquido (MMs)

Este fue utilizado como ayuda a la salud del suelo como a la planta la aplicación se desarrolló usando 1.5 litro de MMs líquido en 20 litros de agua. Este se Aplico en las mañanas de forma foliar al cultivo cada 5 días. Este fue aplicado durante toda la etapa del cultivo.

Importancia del MIP del tomate

El Tomate es un cultivo susceptible a varios insectos y enfermedades. Sobre todo las enfermedades por virus y organismos del suelo le afectan seriamente. Además, los insectos atacan varias partes de la planta, y transmiten el virus. En consecuencia, los productores de tomate se ven obligados a dedicar mucho tiempo y labor para mantener la sanidad de este cultivo. El Tomate es indispensable como producto alimentario y tiene alto valor nutritivo. El MIP puede contribuir a los productores a reducir su labor y costo para controlar las enfermedades y plagas y últimamente para proveer el fruto seguro para los consumidores. El Tomate es uno de los cultivos más desarrollados de las variedades resistentes. El uso de las variedades resistentes puede ser una medida muy efectiva para el MIP.

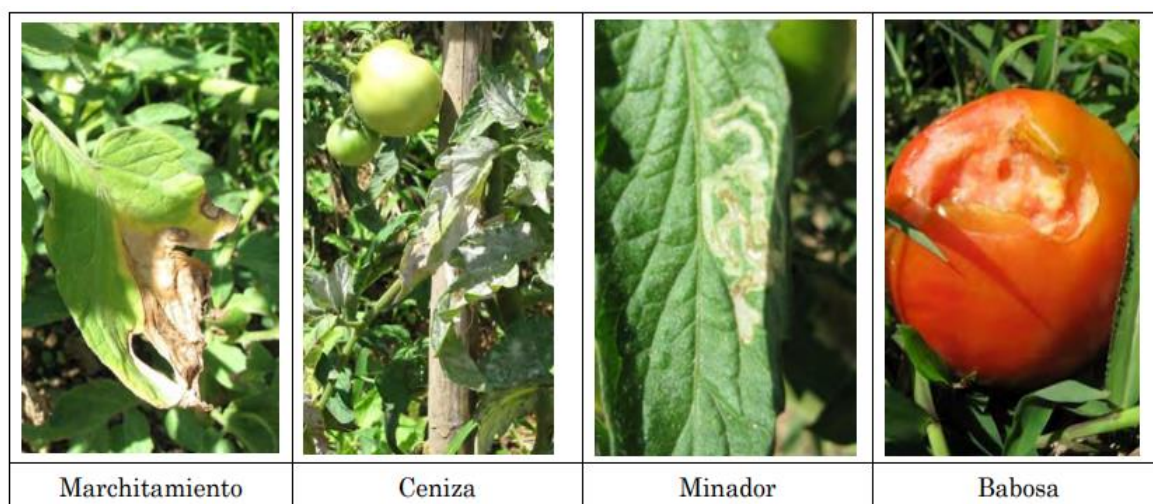


Figura 4 Principales enfermedades encontradas en cultivo de tomate durante su etapa de crecimiento hasta la producción

En la figura adjuntada se muestran los tipos de enfermedad más común que se dieron durante la etapa de desarrollo, y así mismo se describen los bioplaguicidas preparados para el control de estas enfermedades

4.6.3 Caldo sulfocálcico

Se implementó este método con el propósito de prevenir y gestionar la presencia de plagas y enfermedades, tales como trips o ácaros, en los cultivos. La aplicación consistió en una dosis de 400 mililitros del caldo, debidamente diluido en 20 litros de agua. Esta aplicación se llevó a cabo de manera preventiva en el cultivo, realizándose inicialmente cada 7 días. Sin embargo, en situaciones donde se presentó más plagas fue más frecuente su aplicación, la frecuencia de aplicación se ajustó, realizándose cada 5 días. Este enfoque flexible asegura una respuesta adaptativa ante las condiciones específicas del cultivo, garantizando una gestión efectiva de plagas y enfermedades.

4.6.4 Sulfato de cobre

El sulfato de cobre es un compuesto químico que contiene cobre en su forma catiónica. En el contexto de la agricultura y el cultivo de tomates, el sulfato de cobre fue como fungicida

y bactericida que me ayudo a controlar diversas enfermedades que afectaron las plantas, como el mildiú polvoriento, las manchas foliares y otras infecciones fúngicas.

4.6.5 Bioplaguicida Neem

Se utilizo como un repelente este se trata de un insecticida natural y fungicida artesanal, se elaboró mediante la combinación de hojas de madreño y hojas de Neem, las cuales son machacadas en un recipiente con agua. La aplicación de esta solución al cultivo tuvo como objetivo prevenir la aparición de plagas y enfermedades, tales como hongos o gusanos. La dosis que se aplico fue un 1 litro por cada 20 litros de agua, y en aceite 200 ml por cada 20 litros y su aplicación se llevó a cabo cada 4 días en presencia destacada de plagas. En situaciones donde la existencia de plagas disminuyo, se ajustaron la frecuencia de aplicación a cada 8 días. Este enfoque nos proporcionó una medida adaptativa que se ajustó a las necesidades específicas del cultivo y al nivel de amenaza de plagas y enfermedades.

4.6.6 Biofertilizantes

Se llevo a cabo aplicaciones regulares de biofertilizantes con el objetivo de proporcionar al cultivo un aporte nutricional integral y corregir posibles deficiencias que pueda experimentar. Estos biofertilizantes se aplicaron diariamente utilizando la técnica de aplicación foliar, asegurando así una absorción eficiente por parte de las plantas. Este enfoque sistemático nos ayudó a fortalecer la salud del cultivo, sino también optimizar su rendimiento al abordar las posibles carencias nutricionales de manera constante. Se prepararon biofertilizantes orgánicos dentro de a finca como bioestimulantes para una estructura de la planta más fuerte

4.6.7 Melaza combinada con bioestimulantes

La sábila es rica en azúcares, jocosos, glucosa y vitaminas esenciales para el crecimiento de las plantas. Es crucial destacar que contiene una hormona llamada auxina, fundamental para el enraizamiento, además de componentes esenciales como calcio, potasio, azufre, hierro y

fósforo. Para mejorar la calidad del suelo, se recomienda incorporar cáscaras de huevo, que aportan ácido benéfico. También se puede aprovechar algunos biofertilizantes que proporcionan potasio, calcio, hierro y zinc para la nutrición del suelo.

Para preparar un fertilizante natural, se trituraron 20 cáscaras de huevo hasta obtener una harina y mezclarlas con 5 litros de agua mezclados con sábila, evitando el cloro. Luego, agregar una taza de arroz a medio litro de agua con sábila. Finalmente, combinar esta mezcla con el agua y la harina de cáscara de huevo, obteniendo un total de 2 litros de una solución nutritiva, enriquecida con los beneficios de la sábila, el arroz y las cáscaras de huevo para estimular el desarrollo saludable de las plantas.

4.6.8 Ceniza y vinagre blanco

Se llevó a cabo la aplicación de ceniza de leña con vinagre blanco en las plantas y el suero fue una estrategia efectiva para potenciar el rendimiento y el desarrollo robusto del sistema de raíces. Esta combinación nos aportó nutrientes esenciales como fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio y otros micronutrientes, beneficiando el crecimiento y la salud general de las plantas. Para preparar esta solución enriquecedora, necesite 5 litros de agua, 1 litro de ceniza de leña y medio litro de vinagre blanco al 5%. La interacción entre la ceniza y el vinagre favorece la absorción de nutrientes por parte de la planta, además de proporcionar calcio esencial para el desarrollo de las raíces.

El proceso implicó dejar reposar la mezcla durante 3 horas, asegurándonos de revolverla periódicamente para garantizar una distribución uniforme de los componentes. Una vez que la solución ya estaba lista, se diluyó un litro en 5 litros de agua y se aplicó medio litro por planta. Este procedimiento se repitió cada 12 días, contribuyendo así a un crecimiento saludable y sostenido de las plantas.

4.6.9 La melaza

Para la aplicación de melaza en el desarrollo del tomate se utilizó una dosis de melaza un 1 L, diluida en 20 litros de agua una vez por semana. Esta solución se aplicó durante el período de desarrollo del tomate, especialmente durante las etapas de crecimiento vegetativo y

floración. La melaza, rica en nutrientes y azúcares simples, no solo actúa como un suplemento alimenticio para las plantas, sino que también favoreció la actividad microbiana en el suelo, mejorando la absorción de nutrientes por parte de las raíces.

4.6.10 Polinización de Flores de Tomate mediante Bomba de Motor de Aire en Invernadero

La polinización es un proceso esencial en el desarrollo de cultivos, ya que asegura la formación de frutos y semillas. En cultivos de tomate bajo condiciones de invernadero, donde no se permite la entrada de polinizadores naturales, es necesario implementar métodos artificiales para garantizar el éxito del cultivo. En este contexto, la técnica de polinización utilizando una bomba de motor para generar aire constituye una alternativa viable y económica, especialmente en sistemas donde la presencia de polinizadores no es factible.

Metodología de Polinización con Aire

Durante la etapa de floración del cultivo de tomate, implemente con una bomba de motor de aire, utilizada regularmente para fumigación, pero en este caso, exclusivamente para mover el polen. Este método se implementó en horarios específicos: por la mañana y por la tarde, evitando las horas de luz solar directa para minimizar el estrés en las plantas. La técnica consistió en dirigir chorros de aire hacia las flores, simulando el movimiento que normalmente sería realizado por polinizador.

El uso de aire como medio para mover el polen facilita el desprendimiento y transferencia del mismo dentro de las flores, promoviendo la autofecundación, que es característica en el tomate. Este método resultó eficiente gracias a las condiciones controladas del invernadero y a la adecuada nutrición de las plantas.

La polinización es uno de los procesos más críticos en la producción agrícola, ya que asegura el cuajado de frutos y, en última instancia, el rendimiento de los cultivos. En condiciones de invernadero o casa malla, donde el acceso de polinizadores naturales está

restringido, la implementación de métodos alternativos de polinización se vuelve indispensable para garantizar el éxito del cultivo.(Jaramillo et al. 2007)

En este artículo se analiza la técnica de polinización mediante el uso de una bomba de motor tipo fumigar, la cual fue empleada para movilizar el polen en un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero. Además, se discuten los beneficios, limitaciones y recomendaciones para el uso de este método como una solución viable en la polinización y formación de buenos frutos

Importancia de la Polinización en el Cultivo de Tomate

El tomate es una planta autógama que, aunque puede polinizarse por sí misma, obtiene mejores resultados productivos con la ayuda de agentes externos que facilitan el movimiento del polen. En ambientes naturales, insectos como abejas y abejorros suelen ser los principales responsables de este proceso, complementados por la acción del viento. Sin embargo, en invernaderos o instalaciones de casa malla, estos factores están ausentes o son limitados, lo que puede comprometer significativamente la no realizarse la polinización(García García et al. 2016)

La falta de polinización efectiva puede generar problemas como deformaciones en los frutos, bajo cuajado o pérdida de calidad. Por ello, es crucial implementar métodos que sustituyan el papel de los agentes naturales. La polinización asistida o artificial ofrece soluciones prácticas, como la vibración de las flores, la aspersión de aire.

La experiencia demuestra que el uso de una bomba de aire para polinización puede ser una técnica efectiva en invernaderos de tomate, especialmente cuando se acompaña de un manejo agronómico integral que asegure una nutrición adecuada del cultivo.

Polen

El aire puede actuar como un medio efectivo para la polinización, especialmente en cultivos donde el diseño estructural (como casas malla o invernaderos) limita la interacción con agentes polinizadores naturales. Métodos como la vibración manual, el uso de abanicos o

incluso sopladores han sido empleados en la agricultura para solucionar problemas de polinización. La técnica que implementaste es un ejemplo práctico de cómo adaptar herramientas convencionales, como una bomba de motor, para suplir este problema (FAO 2015)

Algunas Investigaciones han demostrado que, en el tomate, la transferencia de polen puede ser facilitada mediante técnicas de vibración o movimientos de aire controlados, generando resultados comparables a los obtenidos con polinizadores biológicos. La clave está en la sincronización con el periodo óptimo de polinización.

La técnica empleada demostró ser exitosa. Las flores de tomate lograron cuajar adecuadamente, y los frutos se desarrollaron en condiciones óptimas, lo que se atribuye no solo a la efectividad del método de polinización

Este análisis demuestra que la polinización artificial, cuando se realiza con herramientas adaptadas y en sincronía con el ciclo biológico del cultivo, puede ser una solución práctica y efectiva. Además, resalta la importancia de considerar un enfoque integral en la gestión del cultivo, donde la nutrición adecuada juega un papel esencial para un mejor rendimiento.

La siguiente tabla (Tabla 5.) Se muestra las diferentes labores de mantenimiento que se realizaron en el cultivo.

Tabla 5 Labores de mantenimiento en el cultivo de tomate en el invernadero de la Finca Agroecológica UNAG.

Labores de Mantenimiento												
Labores Manuales	MARZO				ABRIL				MAYO			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Aplic. de cobertura			X							X		
Riego		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aporcado				X				X			X	
Poda				X		X			X		X	
Tutorado				X		X		X			X	
Visi. De plagas				X			X	X	X		X	X
Desmalezado			X		X		X		X	X		X
Polinizacion								X	X	X	X	

4.7 Analizar las propiedades física, química y biológica del suelo de sitio de estudio.

En esta investigación se realizó muestreo de suelos con el objetivo de identificar cómo el biocarbón podía mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el sitio de estudio.

La siguiente tabla (Tabla 4.) Se muestra las diferentes variables evaluadas en el suelo al interior de la estructura protegida por medio de muestras de los 6 tratamientos correspondientes. Así mismo, se menciona el método utilizado en cada variable y una descripción del procedimiento realizado para la obtención de los resultados.

Tabla 6 Variables físico, químico, evaluadas del suelo. La evaluación de las variables físico-químicas del suelo es un componente crucial para determinar la calidad del mismo y su capacidad de soportar un cultivo saludable. En este estudio, se analizaron aspectos fundamentales como la textura, porosidad, pH y la materia orgánica y la población biológica del suelo, los cuales influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la capacidad de retención de agua.

N	VARIABLES EVALUADAS	FRECUENCIA	DESCRIPCION	METODO DE MEDICION
1	TEXTURA	Al final del cultivo	Se preparo el secado, tamisado toda la muestra se usan 50g en un beaker de 25ml y se deja reposar con 100ml de agua desionizada y 10ml de solucion dispersante y se realiza el calculo de los datos obtenidos	Metodo de bouyoucos
2	POROSIDAD	Al final del cultivo	Se saco la muestra en la parcela asiendo uso Anillo de muestra de suelo 100 cm ³ y se peso al inicio y se puso a secar Se coge un agregado de suelo seco (24 horas en estufa a 105 °C) y a temperatura ambiente (enfriamiento en campana sin humedad), y se pesa en la balanza de precision (Ma).	Secado horno pirolitico
3	MATERIA ORGANICA	Al final del cultivo	Este analisis incluye preparar las muestras mediante digestión.mediciones de propiedades como analizar e interpretan los resultados para evaluar	Se realizo en labotario dentro la universidad Nacional de Agricultura
4	PH	Al final del cultivo	El trabajo de laboratorio la medicion que se realizo fue con 10g de suelo en un beaker con 25ml de agua desionizada e introduciendo el electrodo y realizando varias lecturas en el mismo.	Metodo de potenciometro relacion de suelo
	ANALISIS BIOLOGICO	Al final del cultivo	Se desarrollo la abundancia y riquezas de organismos biológicos atraves de atrapandolos y realizando un muestreo visual	Muestreo visual

Las propiedades físicas del suelo incluyen las variables a medir como la textura, porosidad. En cuanto a las propiedades químicas del suelo, se evaluará el pH del suelo, que es importante para determinar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Se utilizará un potenciómetro en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Agricultura para medir el pH del suelo.

Además, se llevará a cabo un análisis de las propiedades biológicas del suelo, que incluye la evaluación de la actividad microbiana y la presencia de organismos beneficiosos para el suelo y las plantas.

4.8 Evaluar variables vegetativas del cultivo de tomate producidas con el uso enmiendas orgánicas.

Este estudio es analizaron las variables vegetativas del cultivo, con la finalidad de entender su impacto en el desarrollo y rendimiento de las plantas.

Para llevar esta evaluación, se llevaron a lo largo del ciclo de cultivo. A continuación, se describen las variables a evaluadas y los momentos específicos de medición:

4.8.1 Variables del comportamiento del Tomate (*Solanum lycopersicum*)

En la figura 4, se observa las etapas de crecimiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) donde: **(a)** Corresponde a la etapa de germinación; **(b)** etapa de rápido desarrollo; **(c)** la etapa de floración; **(d)** desarrollo del fruto y **(e)** la fructificación. En aplicación todos los tomates están maduros. Cabe mencionar que tan pronto como una flor se marchita, comienza a crecer una fruta en el mismo lugar de la rama, y a medida que aumenta la edad de una fruta, su tamaño aumenta gradualmente y su color cambia suavemente de verde a rojo, en el caso del tomate Cherry, suelen estar listos para cosechar entre 50 y 65 días después de la siembra.

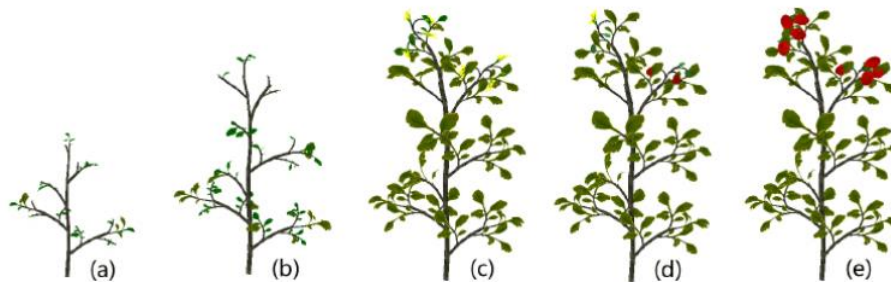


Figura 5. Fenología del Tomate.

La siguiente tabla (Tabla 7.) Se muestra las diferentes variables evaluadas en el cultivo ubicado al interior de la estructura protegida, definiendo los tiempos que se recolectaron los datos, los instrumentos utilizados y la forma en que se realizó.

Tabla 7 Se muestra las variables tomadas en el comportamiento del Tomate (*solanum lycopersium*). El monitoreo de estas variables fue fundamental para comprender el impacto de los tratamientos aplicados en el comportamiento general de la planta. A lo largo del ciclo de cultivo, se observarán variaciones en la altura de las plantas, el número de frutos y el peso total, que son indicadores directos del rendimiento y la calidad del tomate bajo condiciones controladas.

N	Variables evaluadas	Frecuencia	Descripcion	Materiales de medicion
1	Altura de las plantas	Semanalmente	Se desarrollo medicion desde el primer dia que se transplanto desde la primer hoja asta el apice del tallo mediendo en centimetros	Regla, Cinta metrica
2	Numero de frutos	Mensual	se realizo el conteo de frutos por tratamientos de los de con biol y son biol y con biochar y sin biochar y se realizo en todos los trtamientos	Libreta de campo
3	Peso de frutos	Mensual	Se peso la cantidad de tomates por cada tratamientos realizandolo con todo el tratamieto	Bacula digital

El efecto de los tratamientos sobre las plantas fue evaluado mediante tres variables de respuesta, Altura, Número de frutos y Peso en L/Kg.

Las medidas altura de las plantas se tomaron semanalmente tomando 12 individuos de cada parcela. Dividiéndolo en 6 por cada subparcela, desde el nivel del suelo hasta el meristema apical. Para compensar la variabilidad inicial del tamaño de las plántulas, el crecimiento semanal de cada individuo se medirá a modo de porcentaje, el mismo que representa el cambio en relación con la medida inicial de cada individuo, aquí se describe la fórmula a utilizar:

$$C = (B/A)*100$$

A=altura inicial de la planta

B=altura de las plantas a la semana dada

C=tasa de crecimiento calculada en porcentaje.

Para la evaluación del peso se realizó en el momento de cada cosecha en la producción y así de esa manera se desarrolló el conteo de tomates dados por plantas y por tratamiento evaluado ver el rendimiento, al ser uso del biochar y de los vióles realizados orgánicamente y aplicados de manera precisa

4.9 Medición de la calidad nutricional del tomate cultivado bajo estructuras protegida.

Se analizaron las características nutricionales del tomate cultivado bajo estructuras protegidas. Para lograrlo, se mediaron las siguientes variables descritas en la tabla siguiente.

4.9.1 Variables a medir durante la etapa de desarrollo y producción del cultivo

Tabla 8 Variables a medir la nutrición de las plantas a través de grados brix en hoja y frutos de tomate.

En este estudio, la medición de los grados Brix en las hojas de tomate fue crucial para detectar posibles deficiencias nutricionales a lo largo de las diferentes etapas fenológicas de la planta. Asimismo, en los frutos, los grados Brix permitieron determinar el momento adecuado para la cosecha, asegurando así una alta concentración de azúcares y un mejor sabor, lo que se traduce en un valor agregado al producto final.

N	Variables Evaluadas	Frecuencia	Descripción	Materiales de Medición
4	Grados Brix en hoja	Mensual	Se realizó la medición de grados brix en oja en etapa de floración realizando seis puntos de muestreo con las plantas evaluadas en la altura	Instrumento Refractómetro y libreta de apuntes
5	Grados brix en fruto	Mensual	Se realizó la medición grados brix en fruto para evaluar la nutrición en el cultivo, se desarrolló con las mismas plantas de muestreo realizando un fruto por planta realizando seis muestras	Instrumento Refractómetro y libreta de apuntes

4.9.2 Grados Brix

los grados Brix se midieron para determinar el contenido de azúcar en las hojas, el pH de la planta para evaluar su nivel de acidez y el color del fruto para determinar su madurez y calidad.

Estas mediciones nos permitieron obtener información precisa sobre la composición nutricional del tomate y evaluar su valor nutritivo. El análisis de estas características fue fundamental para asegurar la calidad y el valor nutricional de los tomates cultivados en estructuras protegidas.

4.9.3 Medición de Grados Brix en Hojas de Tomate

Para realizar esta medición en hojas de tomate, se utilizó un refractómetro, un instrumento que mide la refracción de la luz a través de una muestra líquida. Para ello, se extrajo el jugo de las hojas y se colocó una pequeña cantidad en la placa de medición del refractómetro. El instrumento mostrará un valor en grados Brix, que indica la concentración de azúcares presentes en las hojas. Este valor no fue utilizado como una indicación de la salud y la calidad de las plantas de tomate

4.9.4 Medición de Grados Brix en Frutos

Para medir los grados Brix en los frutos de tomate, se utilizó un refractómetro, un instrumento que mide la refracción de la luz a través de una muestra líquida. Se extrajo una pequeña cantidad de jugo del fruto y se colocó en la placa de medición del refractómetro. El instrumento mostrará un valor en grados Brix, que me indico la concentración de azúcares presentes en el fruto. Este valor nos Servio para determinar el momento óptimo de cosecha y la calidad de los frutos

4.10 Análisis estadístico

4.10.1 Diseño en Parcela Dividida

El diseño consistió en dividir las parcelas en subparcelas y aplicar un grupo de tratamientos en las parcelas y otro grupo de tratamientos en las subparcelas. La asignación de los tratamientos en las parcelas fue (unidades experimentales) se realizó de acuerdo al diseño aplicado (DCA, DBCA, DCL) y en las subparcelas los tratamientos se aplican al azar completamente.

El análisis estadístico fue de un diseño de parcelas divididas. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos y sus interacciones. Se implicaron comparaciones de medias y la evaluación de la interacción entre los factores

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de las propiedades física, química y biológica del suelo de sitio de estudio

5.1.1 Análisis físico del suelo en el sitio de estudio

5.1.1.1 Textura

La textura observada en los tratamientos realizados dentro de la estructura de la casa de malla fue clasificada como franco-arenosa en todos los casos, lo que indica una falta de distinción significativa entre los diferentes tratamientos. Como se muestra en la gráfica adjunta, los porcentajes de arena, limo y arcilla son relativamente consistentes entre los tratamientos C, T1 A1, T2 A2, T3 A1, T4 A2, T5 A1, y T6 A2, lo que refuerza la idea de que la adición de biochar no logró modificar notablemente la textura del suelo. Esto sugiere que el biochar, al menos en el tiempo observado durante este estudio, no ha tenido un impacto significativo en la estructura física del suelo

Varios estudios han documentado que el impacto del biochar en la textura del suelo puede ser limitado, especialmente en suelos con una estructura bien establecida como los de tipo franco-arenoso. Por ejemplo, Benavente(2022) encontraron que la adición de biochar no modificó sustancialmente la textura del suelo, aunque sí observaron mejoras en otras propiedades, como la capacidad de retención de agua y la fertilidad química. Estos hallazgos son consistentes con los resultados observados en este estudio, donde el biochar no alteró la textura del suelo, probablemente debido a la relativamente baja tasa de aplicación o al corto período de tiempo desde la incorporación.

Comparando estos resultados con estudios anteriores, se observa que el biochar tiene un efecto más pronunciado en suelos de textura más fina o más degradados, donde la estructura es más susceptible a cambios debido a la adición de enmiendas orgánicas. (Esquivel 2000)

De acuerdo los parámetros de la FAO (2021) La textura del suelo franco arenoso se caracteriza por tener un equilibrio entre las diferentes partículas del suelo, con una proporción significativa de arena y una menor cantidad de limo y arcilla. Este tipo de suelo presenta una cohesión moderada y una capacidad de infiltración y drenaje de agua relativamente alta. Además, es más fácil de trabajar en comparación con suelos arcillosos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la textura del suelo no solo se basa en la proporción de partículas, sino también en la distribución y tamaño de las mismas

Chalmeta (2010) Menciona que la textura del suelo franco arenoso puede tener ventajas y desventajas para la producción agrícola. Por un lado, su capacidad de infiltración y drenaje de agua puede ser beneficiosa, ya que evita el encharcamiento y la asfixia de las raíces de las plantas. Además, este tipo de suelo suele ser más fácil de trabajar y permite una buena aireación de las raíces. Sin embargo, debido a su mayor proporción de arena, puede retener menos nutrientes y agua en comparación con suelos más arcillosos. Por lo tanto, puede requerir una mayor fertilización y riego para mantener

En la figura (5) se presenta la gráfica de la distribución porcentual de arena, limo y arcilla en los diferentes tratamientos de suelo aplicados en un cultivo de tomate, utilizando biochar como enmienda. Los resultados muestran que la textura del suelo, clasificada como franco-arenosa, se mantiene relativamente constante a través de todos los tratamientos, con solo ligeras variaciones en los porcentajes de arena, limo y arcilla. Este comportamiento sugiere que la incorporación de biochar no alteró significativamente la composición textural del suelo en el corto plazo, manteniendo una proporción equilibrada entre los tres componentes en todos los tratamientos

De acuerdo con la clasificación textural del suelo, estos valores corresponden a suelos de textura franco-arenosa, ya que presentan un porcentaje de arena superior al 50%, con una cantidad moderada de limo y menor proporción de arcilla.

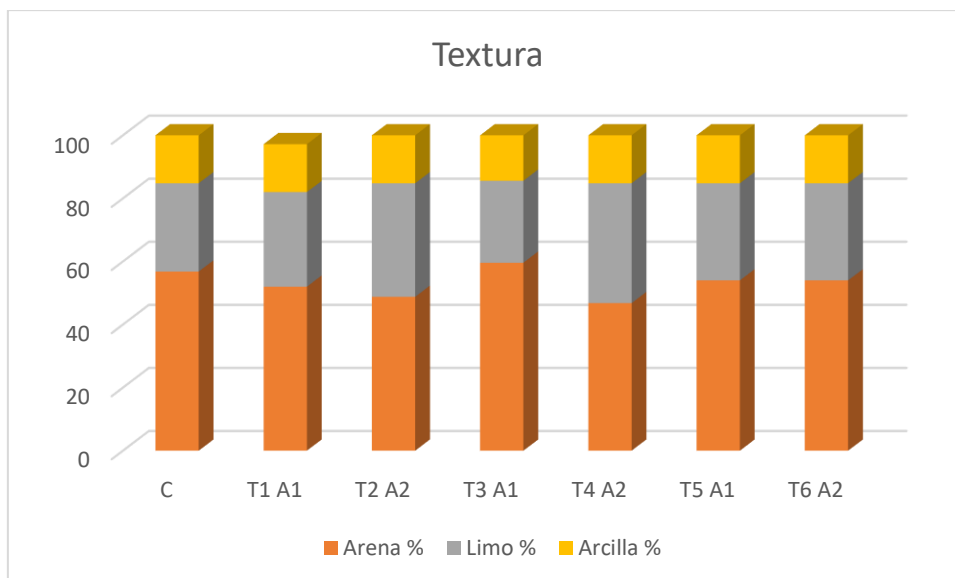


Figura 6 Textura observada en el suelo de los diferentes tratamientos.

5.1.1.2 Porosidad

No se encontraron diferencias significativas en la porosidad entre los distintos tratamientos de Biochar FA y Biol FB, así como tampoco entre las réplicas. Esto sugiere que, según los datos proporcionados, ninguno de los factores evaluados tiene un impacto significativo en la porosidad. En la figura (6) se muestran los resultados de las muestras la diferencia que tuvo el efecto del biochar en el suelo.

Según un estudio Productivo et al.(2022), la adición de biochar aumento significativamente la porosidad del suelo, lo que facilita una mejor infiltración y retención de agua, así como una mayor aireación. Esto puede ser crucial en cultivos como el tomate, que requieren un equilibrio adecuado entre agua y oxígeno en la zona radicular para un crecimiento óptimo. El biochar se ha demostrado como una enmienda eficaz para mejorar la porosidad del suelo, especialmente en suelos compactados o con baja retención de agua

Alberto y Valadez (2020), encontraron que la aplicación de biofertilizantes puede mejorar la actividad microbiana del suelo, lo que a su vez puede contribuir a la agregación del suelo y a un aumento en la porosidad. Esto es especialmente relevante en suelos agrícolas, donde la actividad microbiana es un factor clave para mantener la salud del suelo a largo plazo. Los

biofertilizantes también han mostrado tener un efecto positivo en la estructura y porosidad del suelo, aunque en menor medida que el biochar.

Al comparar los efectos del biochar y los biofertilizantes sobre la porosidad del suelo, se observa que ambos mejoran la estructura del suelo, pero de maneras complementarias. Mario y Torres (2021) sugieren que mientras el biochar actúa principalmente como un mejorador físico, aumentando la porosidad y la retención de agua, los biofertilizantes mejoran la biología del suelo, lo que indirectamente puede contribuir a la estabilidad de los agregados y a la porosidad. Esta complementariedad puede ser particularmente beneficiosa en cultivos como el tomate, que requiere suelos bien estructurados y fértiles para un desarrollo saludable.

En la figura (6) se muestran los valores de porosidad que variaron entre aproximadamente **72.26%** y **99.2%**. La muestra con el valor más bajo de porosidad es **T2 A1B2 (72.26%)**, mientras que la muestra con el valor más alto es **T5 A1B2 (99.2%)**.

Análisis de Promedios:

La mayoría de las muestras presentan un porcentaje de porosidad cercano a 80-90%. Solo dos muestras superan el 100%: **T5 A1B2 (99.5%)** y **T9 A1B1 (99.02%)**.

Posibles Factores:

Es evidente que las variables A y B tienen un impacto en los resultados de porosidad. Las combinaciones A1B2 y A1B1 parecen influir más en los valores más altos. T5 A1B2 y T9 A1B1 destacan significativamente por su alta porosidad, lo que puede sugerir condiciones de proceso (como temperatura, tiempo de carbonización o condiciones de presión) que aumentan el nivel de porosidad.

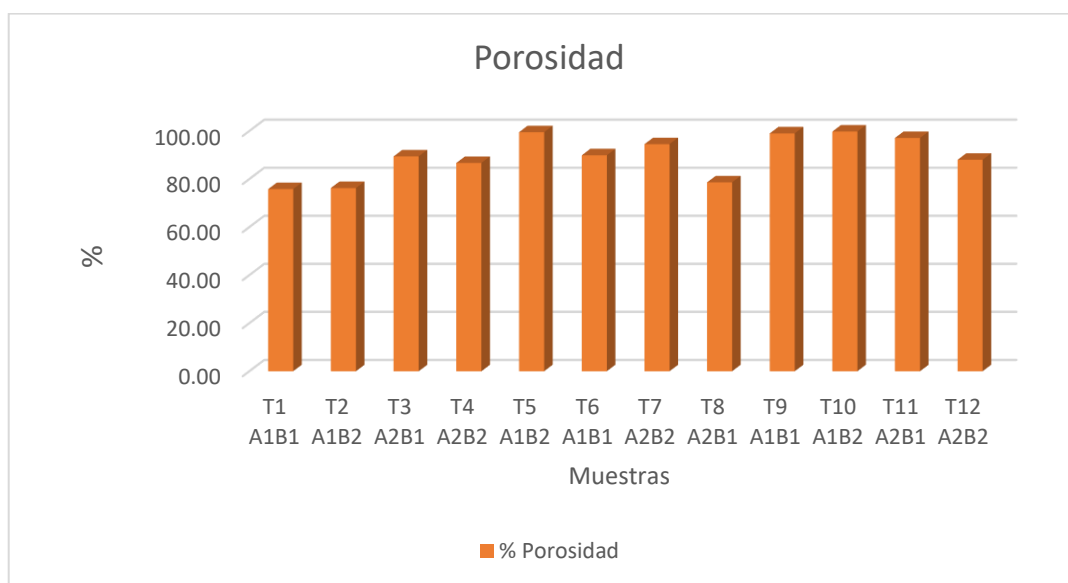


Figura 7 Grafica de porcentaje de porosidad que presenta el suelo dentro del invernadero en la finca agroecológica UNAG.

5.1.2 Análisis químicos de suelos

5.1.2.1 pH de suelo

El pH registrado en los tratamientos dentro de la casa malla varió de 8.2 en el tratamiento con biochar a 7.5 en el tratamiento sin biochar. Aunque ambos valores se encuentran en el rango alcalino, la diferencia observada es considerable y puede influir significativamente en la disponibilidad de nutrientes esenciales como el hierro, manganeso, zinc y cobre, los cuales tienden a bloquearse en suelos con pH superiores a 7.

Es importante destacar que el pH es un factor crítico para la nutrición de las plantas, y la aplicación de biochar parece haber elevado ligeramente el pH, lo que podría afectar la absorción de estos micronutrientes.

Por ejemplo, en el cultivo de tomates en terrenos con un pH superior a 7, puede ocurrir el bloqueo del hierro, un fenómeno conocido como "pájaro canario". Este bloqueo se debe a

que en suelos alcalinos, el hierro se vuelve insoluble y, por lo tanto, no puede ser absorbido adecuadamente por las plantas, lo que conduce a deficiencias nutricionales, manifestadas comúnmente como clorosis en las hojas jóvenes (Martinez 2007)

Gallardo (2017) Destaca que un pH de 8 en el suelo es un factor crucial que afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En suelos con este nivel de pH, se ha observado que microelementos como el hierro, manganeso, zinc y cobre pueden quedar bloqueados, lo que impide que estén fácilmente disponibles para las plantas. Esta situación puede derivar en deficiencias nutricionales, impactando negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por lo tanto, es fundamental monitorear y ajustar el pH del suelo en estos casos para asegurar una nutrición adecuada de las plantas y maximizar la productividad agrícola.

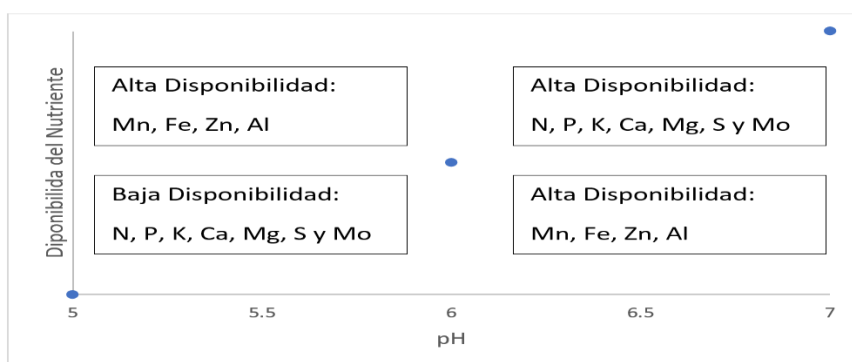


Figura 8 Tipos de pH en la cual dentro del estudio realizado se ha encontrado una alta disponibilidad de nutrientes.

En figura (8) muestra los valores de pH en diferentes tratamientos de suelo en el cultivo de tomate, presentando los valores más altos. Estos resultados sugieren que la adición de biochar tiene un ligero efecto en elevar el pH, pero no lo suficiente como para neutralizar completamente la alcalinidad del suelo.

T1 A1 (8.03) y T3 A1 (8.24):

Estos tratamientos, que incluyen la aplicación de biochar, muestran los valores de pH más altos. Este aumento en el pH puede atribuirse al efecto alcalinizante del biochar, que es bien conocido por su capacidad de elevar los niveles de pH en suelos ácidos. El biochar, especialmente cuando se produce a altas temperaturas, contiene carbonatos y cenizas que

neutralizan la acidez del suelo, lo que explica los valores elevados observados en estos tratamientos.

T2 A2 (7.86):

Este tratamiento, que no incluye la adición de biochar, muestra el valor de pH más bajo en comparación con los demás. Este resultado sugiere que la ausencia de biochar ha mantenido el pH en un rango más neutro o ligeramente ácido, lo que podría ser beneficioso dependiendo de las necesidades específicas del cultivo de tomate.

T4 A2 (8.14), T5 A1 (8.20) y T6 A2 (7.99):

Los tratamientos T4 A2 y T5 A1, que incluyen biochar, también presentan valores elevados de pH, aunque ligeramente inferiores a los de T1 A1 y T3 A1. Por otro lado, el tratamiento T6 A2, sin biochar, muestra un pH cercano a 8, lo que podría indicar la influencia de otros factores, como la calidad del suelo o la interacción con otras enmiendas.

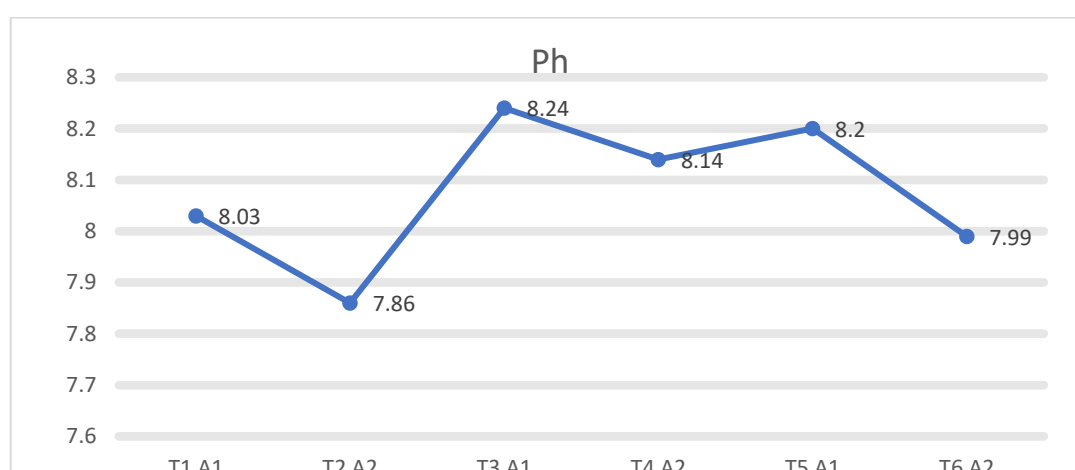


Figura 9 Evaluación del pH en suelo en cultivo de tomate bajo el invernadero de la finca agroecológica Unag.

5.1.2.2 Materia orgánica

De acuerdo con el análisis estadístico realizado (ver figura 10), la gráfica nos resalta las comparaciones utilizando el diseño matemático de parcelas divididas dos x dos, se encontró que no hay una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de materia orgánica entre los dos tratamientos. Esto se debe a que el valor p obtenido fue $> (0.05)$. En promedio, se encontró que el porcentaje de materia orgánica en los tratamientos realizados dentro de la casa de malla fue de 4.35% en el tratamiento con biocarbón y de 3.89% sin biocarbón. Estos resultados demuestran que la aplicación de biocarbón no logró aumentar significativamente la presencia de materia orgánica en el suelo.

Al comparar estos resultados con la literatura existente, varios estudios han documentado cómo la adición de enmiendas orgánicas, como el biochar o el compost, puede incrementar significativamente el contenido de materia orgánica en el suelo. Por ejemplo, un estudio realizado por Chan et al. (2007) mostró un aumento en el contenido de MO en suelos tratados con biochar, alcanzando incrementos de hasta un 5% después de varios ciclos de cultivo.

De manera similar, Steiner et al. (2007) reportaron que la aplicación de biochar en suelos tropicales incrementó el contenido de MO en un 3-4%, alineándose con los valores observados en mi estudio.

Según un estudio realizado por Muñoz y Benavides (2010), En la gráfica se muestra el porcentaje de materia orgánica (MO) en diferentes tratamientos de suelo, donde se observa una variación entre los valores que oscilan desde aproximadamente 1.5% hasta un poco más de 4%. Estos resultados sugieren una diversidad en la respuesta del suelo a los tratamientos aplicados, lo que puede estar influenciado por factores como el tipo de suelo, las condiciones de manejo y el tiempo transcurrido desde la aplicación de las enmiendas.

Aguiñaga-Bravo et al. (2020) encontraron que el uso de productos orgánicos, como el Bocachi, puede incrementar el crecimiento y rendimiento de los cultivos de tomate en invernadero, mejorando la calidad de las cosechas y promoviendo el desarrollo de la producción. Estos efectos fisiológicos incluyen el alargamiento celular y la diferenciación vascular.

En relación a la absorción excesiva de nitratos y sulfatos, Ing y Cartagena s. f (208.) señalan que puede causar problemas tanto en la salud del suelo como en la salud humana. Por lo tanto, es importante buscar prácticas agrícolas que reduzcan la dependencia de fertilizantes químicos y promuevan el uso de abonos orgánicos. Estos abonos orgánicos, además de proporcionar nutrientes fácilmente disponibles para los cultivos, también mejoran la estructura del suelo y promueven la actividad biológica beneficiosa.

Esto ha sido respaldado por estudios que han demostrado que el uso de abonos orgánicos en cultivos de tomate puede aumentar el rendimiento y la capacidad antioxidante de los frutos.

En la figura 10 se muestra la gráfica de los porcentajes de materia orgánica (MO) en diferentes tratamientos de suelo en el cultivo de tomate, donde se ha utilizado biochar. Los valores de MO varían entre aproximadamente 1.5% y 4.2%, siendo más altos en los tratamientos F A1. Esto sugiere que la aplicación de biochar incremento el contenido de materia orgánica en el suelo, especialmente en ciertos tratamientos, lo que podría tener un impacto positivo en la fertilidad y la estructura del suelo.

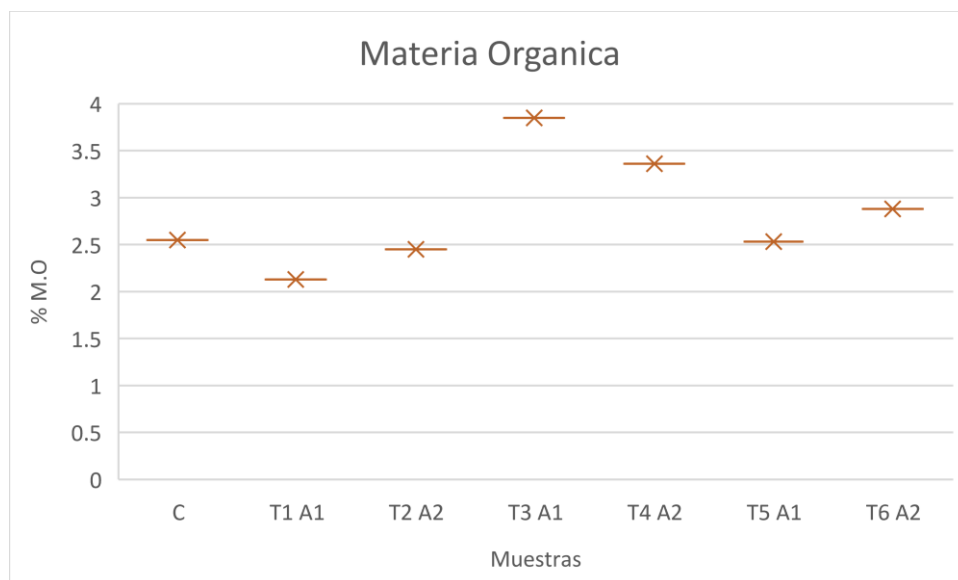


Figura 10 Grafica de porcentaje de M.O. encontrada en el suelo del invernadero de la finca Agroecológica

5.1.2.3 Microelementos Químicos

Los microelementos se describen en la siguiente tabla 8 se describen los valores de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y varios microelementos como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), entre otros, expresados en diferentes unidades como % y mg/kg.

<i>Micronutrientes</i>	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
<i>Muestras</i> <i>Factor</i>									
M1 A1	2.4	0.11	62.86	1409	3622	243.9	960.5	189.4	11.54
M2 A2	2.45	0.12	117.52	1578	3102	243.9	270.6	174.2	0.63
M3 A1	3.8	0.19	177.04	1975	18470	3809	235.7	187.6	3.78
M4 A2	3.6	0.17	176.17	1741	4940	330	252.3	147.1	1.96
M5 A1	2.4	0.13	150.8	1482	9743	362.9	263.4	131.3	0.87
M6 A2	2.8	0.14	157.67	1148	6486	261.1	269.6	142.3	1.14

Tabla 8 Análisis de microelementos químicos del suelo.

El análisis de los microelementos en el suelo de invernadero donde se cultivó tomate revela diferencias significativas en la disponibilidad de nutrientes entre los tratamientos. El nitrógeno (N) varía de 2.4% a 3.8%, siendo el tratamiento M3 A1 el que muestra el valor más alto, lo que indica un crecimiento vegetativo más robusto. El fósforo (P) oscila entre 0.11 mg/kg (M1 A1) y 0.19 mg/kg (M3 A1), sugiriendo que M3 A1 también favorece el desarrollo radicular. El potasio (K) muestra su valor máximo en M3 A1 (177.04 mg/kg), crucial para la regulación hídrica y resistencia al estrés.

El calcio (Ca) alcanza los 1975 mg/kg en M3 A1, contribuyendo a la estructura celular de las plantas, mientras que el magnesio (Mg) tiene su concentración más alta en este mismo tratamiento (18470 mg/kg), lo que favorece la fotosíntesis. En cuanto al hierro (Fe), destaca M3 A1 con 3809 mg/kg, lo que ayuda a prevenir la clorosis.

Manganeso (Mn) y cobre (Cu) presentan valores máximos en M1 A1 (960.5 mg/kg y 189.4 mg/kg, respectivamente), mejorando la fotosíntesis y resistencia a enfermedades.

Finalmente, el zinc (Zn), esencial para el crecimiento hormonal, es más alto en M1 A1 (11.54 mg/kg), mientras que otros tratamientos como M2 A2 muestran niveles más bajos de la mayoría de los nutrientes, lo que podría limitar su rendimiento en el cultivo de tomate.

5.1.3 Análisis Biológico

5.1.3.1 Índice de Shannon

Conteo de abundancia y riqueza en la casa malla

La figura 11 se muestra la abundancia de diferentes organismos biológicos encontrados en el invernadero donde se cultivó tomate. Las lombrices destacan con la mayor abundancia, alcanzando aproximadamente 50 individuos, lo que sugiere un ambiente favorable para su presencia. Le siguen las termitas y las hormigas con alrededor de 25 individuos cada una, mientras que los milpiés muestran una menor presencia, cercana a los 20 individuos. Los ciempiés, la gallina ciega y los caracoles tienen una abundancia menor, con menos de 10 individuos cada uno, indicando una menor prevalencia en el invernadero. Este análisis es relevante para entender la diversidad biológica y el equilibrio ecológico e

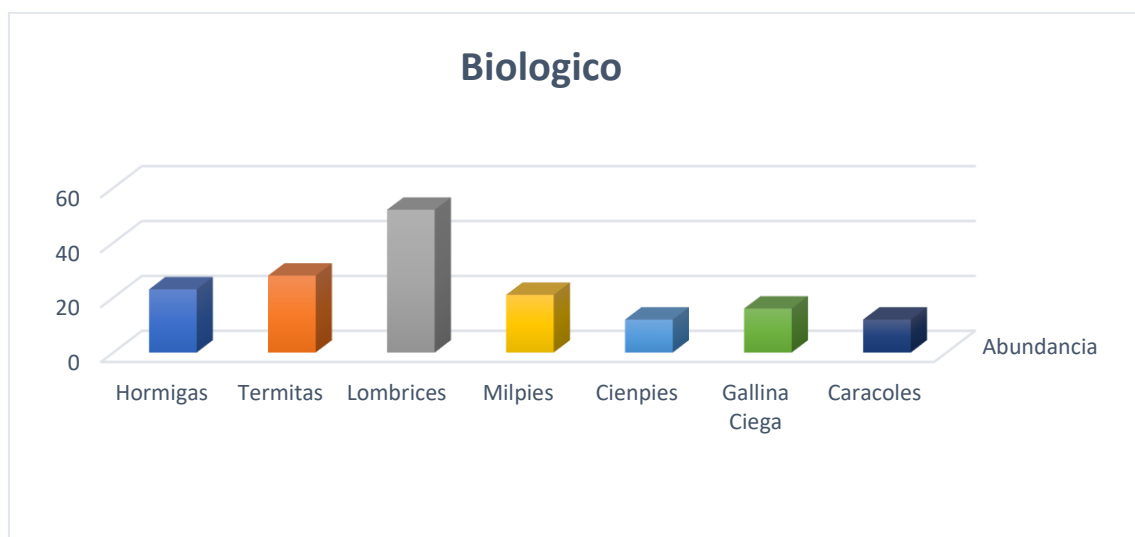


Figura 11 Abundancia y riquezas de organismos biológicos.

Índice de Shannon

Especies	Invern
Acaros	2
Caracacoles	12
Cienpies	12
Cochinilla	2
Cucarrones	1
Escarabajos	3
Gallina Ciega	16
Hormigas	23
Lombrices	52
Milpies	23
Termitas	28
Total de abundancia	174
Total de riqueza	8

5.2. Variables del comportamiento del Tomate (*Solanum lycopersicum*)

5.2.1 Altura

De acuerdo con el análisis estadístico realizado (Anexo 1), El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la altura de las plantas de tomate en parcelas divididas revela resultados variados a lo largo de las semanas. En las primeras semanas (1 y 2), los efectos del Biochar (FA) y Biol (FB) no son significativos, con p-valores altos y valores F bajos, indicando que estas variables no afectan notablemente la altura en esas etapas iniciales. Sin embargo, el modelo en estas semanas tiene bajo poder explicativo (R^2 y R^2 ajustado muy bajos), sugiriendo poca variabilidad explicada por los factores analizados.

A partir de la semana 4, el efecto del Biochar se vuelve significativo con p-valores menores a 0.05 y valores F más altos, sugiriendo que el Biochar comienza a influir de manera considerable en el crecimiento de las plantas. En semanas posteriores (5 a 12), tanto el Biochar como el Biol muestran efectos altamente significativos en la altura de las plantas, con p-valores inferiores a 0.01 y valores F elevados, indicando un impacto fuerte y positivo en el crecimiento. La interacción entre Biochar y Biol también se vuelve significativa en semanas posteriores, especialmente en las semanas 5, 9 y 10, reflejando una influencia combinada notable en el desarrollo de las plantas.

En las semanas finales (11 y 12), el modelo es capaz de explicar gran parte de la variabilidad observada, lo que sugiere que las aplicaciones de Biochar y Biol tienen un impacto

acumulativo considerable sobre el crecimiento de las plantas de tomate a lo largo del tiempo. indicando que si hubo diferencia estadísticamente significativa en la altura de los dos tratamientos. El tratamiento con biochar y con Biol logró una altura máxima de 160 cm mientras que el tratamiento sin biochar y sin Biol logró una altura máxima de 90 cm de altura

Según un estudio realizado por O.G.F (2004), la aplicación de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede tener un impacto significativo en la altura de las plantas. Los bioles, que son líquidos obtenidos a partir de la fermentación de materia orgánica, y el biochar, que es un material carbonizado, pueden mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento de las raíces. Esto a su vez puede resultar en un mayor desarrollo de las plantas de tomate y, por lo tanto, en una mayor altura de los cultivos.

En un estudio comparativo realizado por Caron y Markusen (2016), se encontró que el uso de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede conducir a un aumento significativo en la altura de las plantas en comparación con el uso de fertilizantes químicos convencionales. Los bioles y biochar proporcionan nutrientes de manera más gradual y sostenible, lo que promueve un crecimiento más equilibrado y saludable de las plantas. Además, estos productos orgánicos pueden mejorar la capacidad de retención de agua del suelo y promover la actividad microbiana beneficiosa, lo que contribuye aún más al desarrollo de los cultivos de tomate.

Otro estudio realizado por Rodríguez y Vargas (2022) evaluaron el efecto del uso de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero en comparación con otros métodos de fertilización. Los resultados mostraron que los cultivos tratados con bioles y biochar presentaron una mayor altura de las plantas en comparación con los cultivos tratados con fertilizantes químicos convencionales. Además, se observará una mejora en la calidad de los frutos, con un mayor contenido de nutrientes y una mayor resistencia a enfermedades. Estos hallazgos respaldan la idea de que el uso de bioles y biochar puede ser una alternativa efectiva y sostenible para promover el crecimiento y desarrollo de los cultivos de tomate en invernadero.

En la figura (12) presenta un diagrama de barras donde muestra la altura de plantas de tomate, evaluadas en un invernadero durante tres meses. Se comparan diferentes tratamientos (T1 a T12) con subcategorías que representan variaciones específicas en las

condiciones (A1B1, A1B2, A2B1, A2B2). El tratamiento T9 A1B1 alcanzó la mayor altura promedio con 210.7 cm, destacándose como el más efectivo para el crecimiento del tomate en este experimento. En contraste, el tratamiento T2 A1B2 mostró la menor altura con 107.7 cm. No se incluyen barras de error, lo que sugiere que solo se presentan los valores promedio sin considerar la variabilidad de los datos. Este gráfico permite identificar visualmente las combinaciones de condiciones más favorables para el cultivo de tomate en el invernadero.

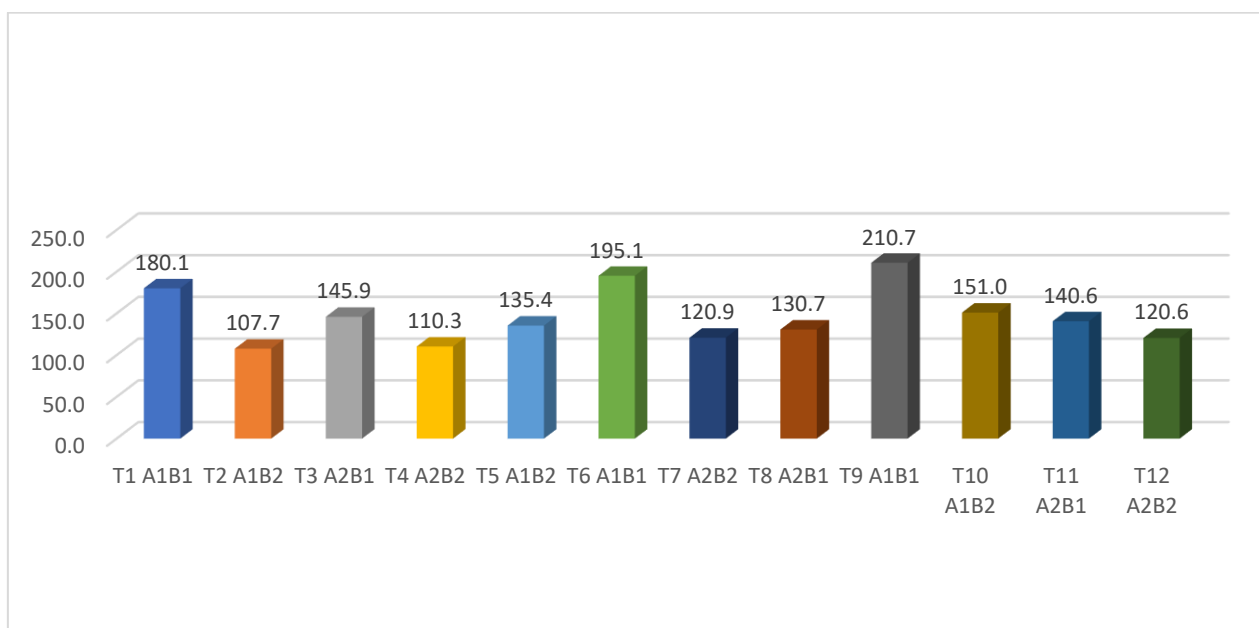


Figura 12 Promedio de altura en el cultivo de tomate evaluados en el invernadero en un periodo de tres meses.

5.2.2 Numero de frutos

Según el análisis de varianza (ANOVA) para el número de frutos en el cultivo de tomate muestra resultados destacados sobre el impacto de los factores Biochar (FA) y Biol (FB). Con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.57 y un coeficiente de variación (CV) de 75.47, el modelo explica una cantidad moderada de la variabilidad en el número de frutos, pero también muestra una alta variabilidad no explicada.

El modelo en general es significativo ($p < 0.0001$), con un valor F de 19.43, lo que indica que al menos uno de los factores tiene un impacto importante en la variable medida. El factor Biol (FB) muestra un efecto muy significativo con un p-valor inferior a 0.0001 y un valor F

de 57.21, indicando que el Biol tiene una fuerte influencia en el número de frutos. Esto sugiere que la aplicación de Biol es crucial para mejorar la producción de frutos en el cultivo de tomate.

En contraste, el factor Biochar (FA) por sí solo no muestra significancia, dado que no se proporcionan detalles específicos debido a la falta de grados de libertad en las réplicas. Además, la interacción entre Biochar y Biol (FA*FB) no es significativa ($p = 0.3503$), lo que implica que no hay un efecto combinado notable de estos dos factores sobre el número de frutos. Esto sugiere que, aunque el Biol tiene un impacto considerable, la combinación de Biochar y Biol no produce un efecto adicional significativo en la producción de frutos.

Según un estudio realizado por Ardiyansyah, M (2023), la aplicación de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede tener un impacto positivo en el número de frutos producidos. Los bioles y biochar mejoran la estructura del suelo y promueven un mayor desarrollo de las raíces, lo que a su vez puede resultar en una mayor producción de frutos. Este estudio encontró que los cultivos tratados con bioles y biochar mostraron un aumento significativo en el número de frutos en comparación con los cultivos tratados con fertilizantes químicos convencionales.

En otro estudio comparativo realizado por Caron y Markusen (2016), se supervisa que el uso de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede aumentar la cantidad de frutos por planta. Los bioles y biochar proporcionan nutrientes de manera más gradual y sostenible, lo que promueve un crecimiento equilibrado de las plantas y una mayor formación de flores y frutos. En comparación con otros métodos de fertilización, los cultivos tratados con bioles y biochar mostraron un incremento significativo en el número de frutos, lo que indica el potencial de estos productos orgánicos para mejorar la productividad del cultivo de tomate.

Otro estudio realizado por Ardiyansyah, M (2023) evaluaron el efecto del uso de bioles y biochar en el número de frutos en el cultivo de tomate en invernadero. Los resultados mostraron que los cultivos tratados con bioles y biochar presentaron un mayor número de frutos en comparación con los cultivos que utilizaron fertilizantes químicos convencionales. Esto puede atribuirse a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y al aumento de la actividad microbiana en el suelo debido a la aplicación de bioles y biochar. Estos hallazgos

respaldan la idea de que el uso de bioles y biochar puede ser una estrategia efectiva para aumentar el rendimiento y el número de frutos en el cultivo de tomate en invernadero.

En la figura (13) se muestra la barra correspondiente a “FA1 FB1” es significativamente más alta, lo que indica un número mucho mayor de frutas en comparación con “FA2 FB2”. Aunque no se especifica el número exacto, parece estar cerca de 9.200 según la escala proporcionada en el eje horizontal. Por el contrario, la categoría “FA2 FB2” tiene un número mucho menor, que parece rondar los 5.000 o un poco más.

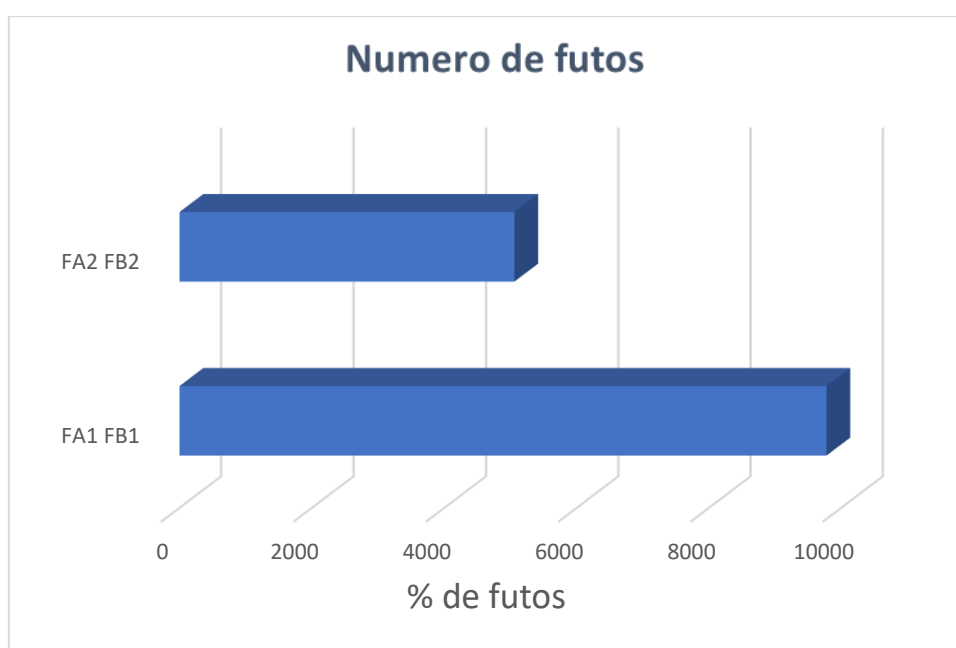


Figura 13 Números de frutos del cultivo de tomate en casa malla comparando el rendimiento del biochar y los bioles aplicados durante la etapa de desarrollo.

5.2.3 Peso en rendimiento L/Kg

El análisis de varianza (ANOVA) de los datos de REN (rendimiento en L/Kg) con 48 observaciones muestra un modelo estadístico con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.66 y un coeficiente de variación (CV) de 45.04, indicando una explicación moderada de la variabilidad por el modelo y una alta variabilidad en los datos.

El análisis revela que el modelo general tiene un efecto significativo en la variable con un valor F de 28.40 y un p-valor < 0.0001 , lo que indica que el modelo explica una cantidad significativa de la variabilidad en el rendimiento. Entre los factores analizados, el factor Biol (FB) tiene el mayor impacto, con un valor F de 46.72 y un p-valor < 0.0001 , indicando una influencia considerable en el rendimiento.

El factor Biochar (FA) también muestra significancia, pero los detalles son limitados debido a la falta de grados de libertad en la réplica. Además, la interacción entre Biochar y Biol (FA*FB) es significativa con un valor F de 9.81 y un p-valor de 0.0031, sugiriendo que la combinación de estos dos factores tiene un efecto notable sobre el rendimiento. El peso promedio en kg fue de 9.11 kg en el tratamiento con biochar y bioles y de 4.42 kg en el tratamiento sin biochar y sin bioles

Según un estudio realizado por el Ing. Néstor Francisco Núñez García (1995), se encontró que el uso de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede tener un impacto positivo en el peso en kg y el rendimiento de los cultivos. Estos productos orgánicos mejoran la estructura del suelo, aumentan la disponibilidad de nutrientes y promueven un mayor desarrollo de las plantas. En comparación con los fertilizantes químicos convencionales, los cultivos tratados con bioles y biochar mostraron un aumento significativo en el peso en kg de los frutos y en el rendimiento total del cultivo.

En otro estudio realizado por Díaz-Chuquizuta et al. (2022), se observó que la aplicación de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede resultar en un mayor peso en kg de los frutos y un mayor rendimiento. Estos productos orgánicos mejoran la capacidad de retención de agua del suelo, promueven la actividad microbiana beneficiosa y aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los resultados mostraron que los cultivos tratados con bioles y biochar tuvieron un incremento significativo en el peso en kg de los frutos y en el rendimiento en comparación con los cultivos que utilizaron fertilizantes químicos convencionales.

En un estudio realizado por Madriz (2019) se encontró que el uso de bioles y biochar en el cultivo de tomate en invernadero puede influir positivamente en el peso en kg de los frutos

y en el rendimiento. Estos productos orgánicos mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua y promueven la actividad microbiana beneficiosa, lo que resulta en un mayor desarrollo de las plantas y una mayor producción de frutos. Los resultados mostraron que los cultivos tratados con bioles y biochar tuvieron un mayor peso en kg de los frutos y un mayor rendimiento en comparación con los cultivos que utilizaron fertilizantes químicos convencionales.

En la figura (14). Se muestra La gráfica compara el rendimiento en peso (en libras por quintal) de tomates bajo dos tratamientos (A1 y A2). El tratamiento A1 (barra azul) muestra un rendimiento significativamente mayor, superando los 250 L/Kg, mientras que A2 (barra naranja) presenta un rendimiento menor, cercano a 100 L/Kg, indicando una diferencia notable en la productividad entre los dos tratamientos.

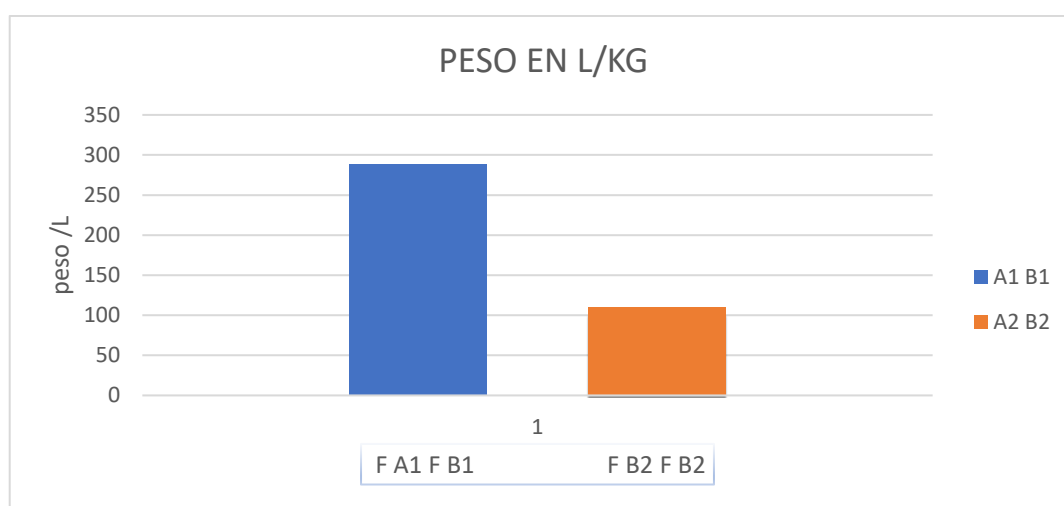


Figura 14 Peso en L/Kg de los distintos factores A Biochar y B Biol donde se observa la reacción de estos biofertilizantes y enmiendas orgánicas.

5.3. Evaluar la calidad nutricional del tomate cultivado bajo estructuras protegida

5.3.1 Grados Brix en hojas

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los grados Brix en hojas de tomate revela que tanto el Biochar (FA) como el Biol (FB) tienen efectos altamente significativos en la calidad nutricional del cultivo. Los p-valores inferiores a 0.0001 en todas las mediciones indican que

ambos factores influyen notablemente en los grados Brix, que reflejan la concentración de azúcares en las hojas y, por ende, la calidad del tomate.

Las mediciones muestran variaciones en el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de variación (CV), sugiriendo diferencias en la capacidad del modelo para explicar la variabilidad en los grados Brix y en la precisión de las mediciones. Aunque el efecto principal del Biochar es consistentemente significativo, las interacciones entre Biochar y réplicas, así como entre Biochar y Biol, no son significativas en la mayoría de los casos. Solo en la última medición, la interacción entre Biochar y Biol resulta significativa ($p = 0.0001$), lo que indica que en ciertas condiciones, la combinación de estos factores también afecta los grados Brix de manera relevante.

En términos de nutrición del tomate, los elementos nutricionales proporcionados a través de los Bioles (FB) juegan un papel crucial en la mejora de los grados Brix. Los Bioles, que son ricos en nutrientes esenciales, favorecen la acumulación de azúcares en las hojas, contribuyendo así a un mayor contenido de azúcar en los frutos. La aplicación de Bioles, en combinación con el Biochar, puede optimizar los beneficios nutricionales, aunque la interacción entre estos dos factores solo se vuelve significativa bajo ciertas condiciones experimentales. Esto sugiere que la correcta combinación de estos insumos puede potenciar la calidad y el rendimiento del cultivo de tomate, mejorando su valor nutricional.

Según un estudio realizado por Cullingworth (2015) Quien observó un incremento significativo en los grados Brix en hojas de tomates tratados con bioles y biochar en comparación con el uso de fertilizantes químicos convencionales. Ambos estudios sugieren que estos tratamientos orgánicos pueden mejorar la calidad del cultivo al aumentar el contenido de azúcares, lo que es un indicador de una mayor calidad nutricional de la planta. los grados Brix en hojas del cultivo de tomate en invernadero pueden ser influenciados por el uso de bioles y biochar.

En otro estudio realizado por Mario y Torres (2021), reportaron que el uso de bioles y biochar resultó en niveles más altos de azúcares en las hojas de tomate, similar a lo que observaste en los tratamientos A1 y A2 en este trabajo se experimento , donde los valores de grados Brix también fueron elevados. Sin embargo, a diferencia de tu estudio, donde los

bloques A1 y A2 mostraban valores más bajos, alrededor de 5, Mario y Torres encontraron una menor variabilidad entre los tratamientos. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las condiciones de cultivo o la composición específica de los bioles y biochar utilizados.

En un estudio realizado por Rivki et al. (2008), se compararon los grados Briox en hojas del cultivo de tomate en invernadero utilizando diferentes enmiendas orgánicas, incluyendo bioles y biochar. Los resultados mostraron que los cultivos tratados con bioles y biochar tuvieron niveles más altos de grados Brix en comparación con los cultivos que utilizaron otras enmiendas orgánicas o fertilizantes químicos convencionales. Esto indica que el uso de bioles y biochar puede mejorar la calidad de los tomates al aumentar los niveles de azúcares en hojas.

Estas comparaciones no solo confirman la efectividad de los bioles y biochar en mejorar los grados Brix, sino que también destacan la importancia de considerar las condiciones específicas de cada estudio para interpretar las variaciones en los resultados.

En la figura (13) se muestra La gráfica muestra los promedios de grados Brix en las hojas de tomate para diferentes tratamientos (FA: Biochar y FB: Biol) y bloques experimentales (B1 y B2). Los valores más altos de Brix se observan en los tratamientos A1 y A2, ambos superiores a 8, mientras que los bloques A1 y A2 tienen valores menores, alrededor de 5, reflejando una menor concentración de azúcares en las hojas.

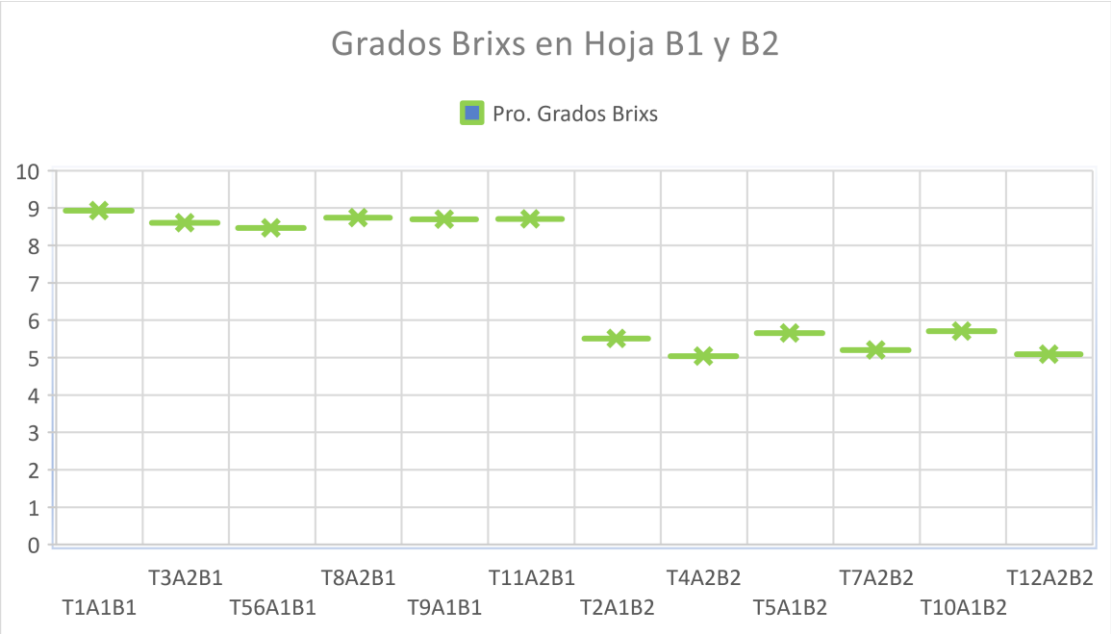


Figura 15 Promedio de grados brix en hoja evaluando muestras con Biol y sin Biol en el cultivo de tomate bajo el invernadero en la Finca Agroecológica UNAG.

5.3.2 Grados brix en fruto

El análisis de varianza (ANOVA) de los grados Brix en frutos de tomate revela información clave sobre el impacto de los factores Biochar (FA) y Biol (FB) en la nutrición de los cultivos. Las mediciones muestran un rango de coeficientes de determinación (R^2) y coeficientes de variación (CV), reflejando variaciones en la calidad de los datos y la precisión del análisis.

En todas las mediciones, el factor Biol (FB) tiene un efecto altamente significativo en los grados Brix, con p-valores que varían entre 0.0008 y <0.0001 . Esto indica que el Biol tiene una influencia notable en el contenido de azúcar en los frutos, lo cual es crucial para evaluar la calidad nutricional del tomate. En contraste, el efecto del Biochar (FA) no muestra significancia estadística en ninguna de las mediciones ($p > 0.05$), lo que sugiere que, bajo las condiciones experimentales, el Biochar no tiene un impacto significativo en los grados Brix.

Según un estudio realizado por Enr et al. (2020) encontraron que los tomates orgánicos presentaban un grado Brix significativo. Los grados Brix son una medida utilizada para evaluar el contenido de azúcar en los frutos, incluyendo los tomates. En el caso de los cultivos orgánicos, se ha demostrado que estos frutos pueden tener un mayor contenido de azúcar en comparación con los tomates cultivados de manera convencional.

Los grados Brix son una medida crucial en la evaluación de la calidad de los tomates, ya que indican el contenido de azúcar presente en el fruto. En estudios recientes, se ha demostrado que los tomates cultivados en condiciones controladas pueden alcanzar niveles de Brix significativamente más altos en comparación con los tomates cultivados al aire libre. Por ejemplo, un estudio de Velásquez (2009) encontró que los tomates cultivados en invernaderos alcanzaron un promedio de 6,5 grados Brix, mientras que los cultivados en campo abierto promediaron 4,8 grados Brix. Esta diferencia puede atribuirse a la capacidad

de controlar factores ambientales como la temperatura y la humedad en un entorno de invernadero, lo que favorece una acumulación más efectiva de azúcares.

Comparativamente, en un estudio de Rodríguez et al. (2009), se observó que los tomates orgánicos presentan una variabilidad en los grados Brix dependiendo del tipo de fertilización utilizada. Los tomates fertilizados con enmiendas orgánicas alcanzaron un promedio de 5,2 grados Brix, mientras que aquellos fertilizados con abonos químicos promediaron 4,9 grados Brix. Esto sugiere que el método de fertilización puede influir significativamente en el contenido de azúcar de los tomates, posiblemente debido a la disponibilidad y absorción de nutrientes que favorecen la síntesis de azúcares en el fruto.

Otro estudio realizado por Mühlbauer y Müller (2020) comparó los grados Brix de distintas variedades de tomates y encontró que las variedades de tomate cherry suelen tener grados Brix más altos en comparación con las variedades de tomate grande. En particular, las variedades de tomate Cherry alcanzaron entre 8 y 10 grados Brix, mientras que las variedades de tomate grande oscilaron entre 5 y 7 grados Brix. Estos resultados indican que la elección de la variedad también es un factor crucial que influye en el contenido de azúcar de los tomates, siendo las variedades más pequeñas generalmente más dulces y apreciadas por su sabor intenso

En la figura (14) Se muestra la gráfica donde compara los grados Brix en cultivos de tomate en dos bloques (B1 y B2). B1 muestra mayor variabilidad en las mediciones, con un promedio cercano a 3, mientras que B2 tiene un promedio más bajo, alrededor de 2, y menor dispersión. La línea anaranjada indica el promedio de grados Brix en los frutos para ambos bloques

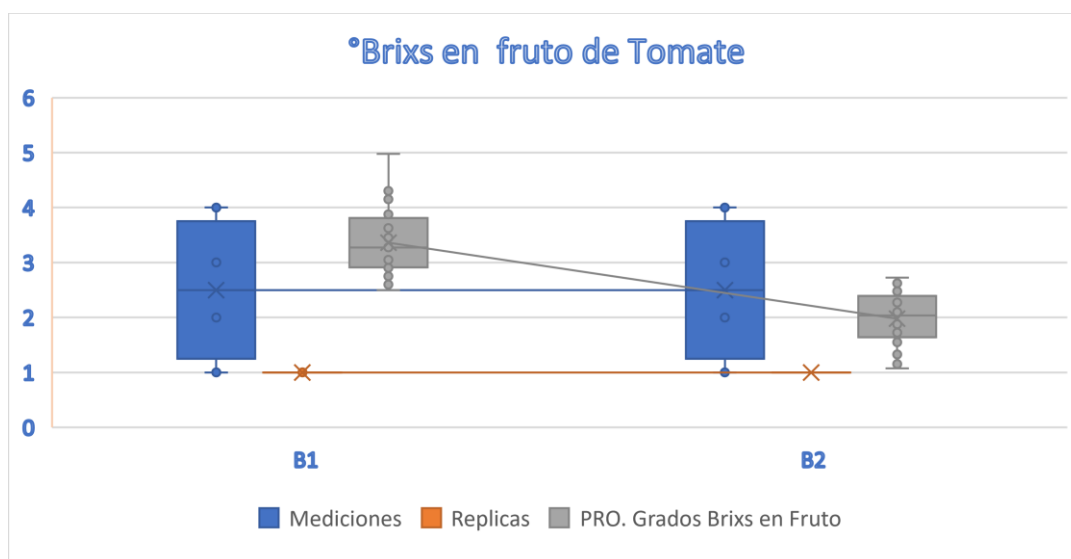


Figura 16 Promedio de grados brixs en fruto de Tomate alcanzando un nivel adecuado en la nutrición del cultivo durante su etapa de desarrollo en el invernadero de la finca Agroecológica UNAG.

CONCLUSIONES

1. La implementación de prácticas agroecológicas como el uso de biochar y biofertilizantes mejora la calidad del suelo y fomenta la sostenibilidad agrícola. Aunque no se observaron cambios significativos en la textura del suelo, estas prácticas contribuyeron a aumentar la retención de agua y nutrientes, beneficiando la producción de tomate bajo condiciones de agricultura protegida.
2. La adición de biochar mostró un impacto positivo en el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate, particularmente en la altura de las plantas, el número de frutos y el peso de los mismos. Esto indica que, aunque el biochar no afecta directamente las propiedades físico-químicas del suelo, mejora el rendimiento del cultivo al optimizar la retención de nutrientes y agua en las raíces.
3. La combinación de biochar con bioles y otros biofertilizantes resulta en una producción orgánica más sostenible, reduciendo la dependencia de insumos químicos. Esto promueve un manejo ecológico del cultivo y contribuye a la salud del suelo, incrementando la biodiversidad microbiana sin comprometer la productividad.
4. El uso de estructuras protegidas como los invernaderos permite controlar factores ambientales como temperatura y humedad, optimizando las condiciones para el desarrollo del tomate. Esto facilita la producción durante todo el año y reduce las pérdidas por plagas y enfermedades, especialmente cuando se combina con biofertilizantes.
5. Calidad Nutricional del Tomate en Producción Orgánica: El estudio destaca que la combinación de biochar y bioles en el cultivo de tomate bajo invernadero mejora significativamente los grados Brix en las hojas y frutos. Este indicador de la concentración de azúcares y calidad nutricional sugiere que los tratamientos orgánicos pueden aumentar la calidad de los productos, haciendo que los tomates sean más nutritivos y atractivos para los mercados especializados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios a más largo plazo para evaluar los efectos acumulativos del biochar en el suelo, especialmente en términos de su influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. El biochar tiene un impacto de larga duración, por lo que investigaciones extendidas permitirán entender mejor su potencial en la mejora de la estructura del suelo y la retención de nutrientes.
2. Para obtener una visión más amplia de los beneficios del biochar, sería útil probar diferentes fuentes de biomasa para su producción, así como otros biofertilizantes. Esto permitiría identificar cuál combinación ofrece los mejores resultados en términos de productividad y sostenibilidad, y podría adaptarse a diferentes condiciones de suelo y clima.
3. Extender la investigación a otros cultivos de importancia comercial, como pimientos, pepinos u hortalizas de alto valor, permitirá validar la efectividad del biochar y biofertilizantes en una mayor diversidad de plantas. Esto facilitará una mejor comprensión de cómo los diferentes cultivos responden a estos tratamientos bajo condiciones protegidas.
4. Para optimizar el manejo de los cultivos y mejorar el control de las variables ambientales, sería recomendable implementar tecnologías avanzadas de monitoreo (sensores de humedad, temperatura, pH) dentro de los invernaderos. Estos sistemas permitirán ajustar automáticamente las condiciones ambientales y mejorar el uso eficiente del biochar y biofertilizantes, optimizando aún más los rendimientos agrícolas.

BIBLIOGRAFÍAS

(Cullingworth, 1988). 2015. This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search . Help ensure our sustainability . (en línea). AgEcon Search :18. Disponible en file:///F:/Spec 2/Traffic Delay Model.pdf.

Aguiñaga-Bravo, A; Medina-Dzul, K; Garruña-Hernández, R; Latournerie-Moreno, L; Ruíz-Sánchez, E. 2020. Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*. Acta Universitaria 30(March):1-14. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2020.2475>.

Alberto, L; Valadez, V. 2020. uso de biofertilizantes y biochar en cultivos para mejorar la porosidad. .

ardiyansyah, M, AM. 2023. USO DE ENMIENDAS ORGANICAS EN EL RENDIMIENTO DE CULTIVOS (en línea). :1-14. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>.

Artiola, JF; Wardell, L. 2017. Guide to Making and Using Biochar for Gardens in Southern Arizona (en línea). University of Arizona College of Agriculture Cooperative Extension (AZ1752). Disponible en <https://extension.arizona.edu/pubs/guide-making-and-using-biochar-gardens-southern-arizona>.

Benavente, I. 2022. Efectos del uso de biochar sobre el cultivo y las propiedades del suelo en ecosistemas agrícolas semiáridos. .

Bonfiglio, F; Hernández, R. 2013. Caracterización nutricional de tres cultivares de tomate (en línea). . Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8733/1/3927bon.pdf>.

Caron, J; Markusen, JR. 2016. Estudio biologico fertilizants organicos. :1-23.

_____. 2016. USO DE ENMIENDAS MIXTOS Y BIOLES. :1-23.

Chalmeta, BT. 2010. Books @ Books.Google.Es (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://books.google.es/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover&dq=termodinamica&hl=es&sa=X&ei=yCsoVeW1F8GLNvySgqAH&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>.

Chávez-Díaz, IF; Zelaya Molina, LX; Cruz Cárdenas, CI; Rojas Anaya, E; Ruíz Ramírez, S; De los Santos Villalobos, S. 2020. Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro- biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11(6):1423-1436. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>.

Díaz-Chuquizuta, P; Hidalgo-Melendez, E; Cabrejo-Sánchez, C; Valdés-Rodríguez, OA.

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. DOI: <https://doi.org/10.29393/chjaa38-14rmpo40014>.

Elizabeth, J; Chávez, C; Maribel, C; Arangundi, E; Alexander, G; García, C. 2020. Efectividad De Biochar Y Biofertilizantes En El Crecimiento Y Calidad De Plántulas De Cacao Effectiveness Of Biochar And Biofertilizers In The Growth And Quality Of Cocoa Seedling. .

Enr, L; Portillo, A; Aleixandre, SS; Mart, ER; De, S. 2020. nutricion. .

Escalante, A; Pérez, Guadalupe Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil; Hidalgo, C; López, J; Campo, J; Valtierra, E; Etchevers, J. 2016. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil (en línea). Terra Latinoamericana 34:367-382. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>.

Esquivel, G. 2000. Importancia del pH en la Agricultura. Drokasa :5-7.

FAO. 1993. FAO. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology 20(12):801-808. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>.

_____. 2013. El Cultivo De Tomate Con Buenas Prácticas Agrícolas En La Agricultura Urbana Y Periurbana (en línea). s.l., s.e. 1-72 p. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>.

_____. 2015. Agricultura sostenible una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación :48. Disponible en <https://www.fao.org/3/i5754s/i5754s.pdf>.

_____. 2021. X6706S06 @ Wwww.Fao.Org (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm.

Gallardo, XB. 2017. Universidad Nacional De San (en línea). Universidad Nacional de San Martín 1:1-125. Disponible en <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5720>.

García García, M; Ríos-Osorio, L; Alvarez del Castillo, J. 2016. La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. Idesia (Arica) 34:53-68. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>.

González Marquetti, I; Rodríguez, MG; Peteira Delgado-Oramas, B; Schmidt, H-P. 2021. Artículo Reseña Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas Biochar and its contribution to plant nutrition, growth and defense (en línea). Revista de Protección Vegetal 35(2):2224-4697. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/348686777_Articulo_Resena_Biochar_y_su_contribucion_a_la_nutricion_crecimiento_y_defensa_de_las_plantas_Biochar_and_its_contribution_to_plant_nutrition_growth_and_defense.

Gonzálvez, V; Cifre, H; Dolores Raigón, M; José Gómez, M. 2018. Estudio-Diagnóstico

(en línea). s.l., s.e. Disponible en www.agroecologia.net.

Grageda-Cabrera, OA; Díaz-Franco, A; Peña-Cabriaes, JJ; Vera-Núñez, JA. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura* Impact of biofertilizers in agriculture. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(6):1261-1274.

Gratal, LG; Aguilar Bail, A. 2016. INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN EL SECUESTRO DE CARBONO. BIOCHAR, UNA ESTRATEGIA POTENCIAL (en línea). Universidad de Zaragoza :1-79. Disponible en <https://zaguan.unizar.es/record/112622/files/TAZ-TFG-2022-641.pdf>.

_____. 2016. PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOCHAR DERIVADO DE SARMIENTO DE VIÑA (Vitis vinifera). ESTUDIO PRELIMINAR DE SU APLICACIÓN SOBRE EL DESARROLLO DE PLANTAS GRAMÍNEAS (en línea). Universidad de Zaragoza :1-79. Disponible en <https://zaguan.unizar.es/record/112622/files/TAZ-TFG-2022-641.pdf>.

Guzmán, A; Corradini, F; Martínez, JP; Allende, M; Abarca, S; Autúnez, A; Riquelme, J; Salinas, L; Olivares, N; Sepúlveda, P. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) :1-94. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/11 Manual Tomate Aire Libre.pdf>.

Henreaux, J. 2012. Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo , productividad y resistencia de las plantas , Turrialba , Costa Rica. :1-113.

Hidalgo, NDE. 2010. Director de Tesis. .

Ing. Néstor Francisco Núñez García. 1995. Universidad de matanzas «camilo cienfuegos».

Ing, FV; Cartagena, Y. s. f. Fertilizantes y enmiendas. .

Jaramillo, J; Rodriguez, V; Guzman, M; Zapata, M; Rengifo, T. 2007. Manual tecnico de Buenas Practicas Agricolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación :331.

Jayanti, lia dwi; Brier, J. 2020. Desarrollo de un biofertilizante a base de biochar y bacterias fosfato solubilizadoras para el cultivo de Allium cepa L. (en línea). Malaysian Palm Oil Council (MPOC) 21(1):1-9. Disponible en <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ahttp://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>.

_____. 2020. GUIA DIDACTICA: CULTIVOS PROTEGIDOS (en línea). Malaysian Palm Oil Council (MPOC) 21(1):1-9. Disponible en <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ahttp://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>.

Juárez López, P; Bugarín Montolla, R; Castro Brindis, R; Sánchez-Monteón, A; Cruz-Crespo, E; Juárez Rosete, C; Alejo Santiago, G; Balois Morales, R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente (8):21-27.

L. Rodriguez. 2016. Conservacion de los recursos naturales para una Agricultura sostenible Materia organica y actividad biologica Que es y que hace. :1-28.

LÓPEZ, HU; PARRADO, CA. 2021. Producción De Tomate Bajo Invernadero. s.l., s.e. 13-18 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv23dxc51.6>.

Lu, S. 2021. Efecto de la aplicación de biocarbón de sarmientos sobre las propiedades fisicoquímicas de un suelo de vid (en línea). :1-31. Disponible en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/50532/TFG-L2893.pdf?sequence=1>.

Madriz, M. 2019. Efecto del biocarbón, lombricompost y Robust® aplicados al suelo sobre el desarrollo y tolerancia del pepino (*Cucumis sativus* L.) a la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) bajo condiciones de invernadero en Barva, Heredia. :1-123.

Mario, R; Torres, V. 2021. Escuela Agrícola Panamericana , Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Ingeniería Agronómica TANYA MÜLLER GARCÍA ANA MARGARITA MAIER ACOSTA Vicepresidenta y Decana Académica ROGEL CASTILLO Director Departamento de Ciencia y Producción (en línea). Biblioteca Wilson Popenoe I(Efectos de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de plátano):1-25. Disponible en <http://hdl.handle.net/11036/7151>.

Martínez, P; Roca, D. 2011. El control del clima de los invernaderos de plástico. Un enfoque actualizado. (en línea). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. (May):179-245. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/237100819_El_control_del_clima_de_los_invernaderos_de_plastico_Un_enfoque_actualizado.

Martinez, S. 2007. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate SUELO Y PREPARACION DEL TERRENO (en línea). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate de Ensalada :1-7. Disponible en upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Suelo-y-Preparación-del-Terreno-v2007.pdf.

Moreno, RA; Aguilar, DJ; Luévano, GA. 2011. Characteristics of protected agriculture and their environment in Mexico (en línea). Revista Mexicana De Agronegocios 29:763-774. Disponible en <https://ageconsearch.umn.edu/record/114479/files/12.Alex.Narro.Rev.pdf>.

Mühlbauer, W; Müller, J. 2020. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Drying Atlas :195-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818162-1.00023-7>.

Muñoz, JSC; Benavides, ACM. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible (en línea). Producción + limpia 5(2):79-95. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552010000200007&script=sci_arttext.

Nates, E. 2014. Evaluación Del Efecto De Biochar En El Suelo Y La Calidad De Los Frutos En Un Cultivo De Uchuva (en línea). Pontificia Universidad Javeriana :44. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17900/NatesOcampoEvelynMaria2014.pdf?sequence=1>.

NCAT. 2019. ATTRA-Agricultura Sustentable. Hoja de Datos: Manejo Orgánico de Plagas (en línea). (1-800-411-3222):4. Disponible en <https://attra.ncat.org/attra-pub/biorationals/>.

O.G.F, A. 2004. Doctor en Ciencias. .

Pedraza, RO; Estrada-Bonilla, GA; Bonilla-Buitrago, RR. 2021. Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola (en línea). Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible :32-45. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36977>.

Prieto, M. 2016. Efectos del biochar sobre el suelo , las características de la raíz y la producción vegetal (en línea). Tesis :1-157. Disponible en <http://www.uco.es/investiga/grupos/ecologiavegetal/images/stories/pdf/biochar.pdf>.

Productivo, C; Tomate, DEL; Cherry, V; Ambiente, B. 2022. EFECTO DEL BIOCHAR Y NIVELES DEL HUMUS DE LOMBRIZ EN EL. .

Pulido Castro, SX; Jaramillo Salazar, CA; Rintá Piñeros, AB. 2004. Biofertilizantes. (en línea). :64 p.,Il. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20659>.

Ramirez, JR. 2023. Influencia del biochar en suelos agrícolas degradados de la provincia de La Mar – Ayacucho, 2021. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Continental. (en línea). . Disponible en www.coursehero.com.

Rivki, M; Bachtiar, AM; Informatika, T; Teknik, F; Indonesia, UK 2012. 2008. Revistas de ciencias agrícolas. (112).

Rodríguez, D; Vargas, J. 2022. Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). Agronomía Costarricense 46(2):47-60.

Rodríguez, I. 2009. Fertilizantes orgánicos y convencionales: la combinación perfecta para mejores rendimientos. Revista Industrial del Campo 2000Agro 1:2000.

Rodríguez, DN; Cano, RP; Figueroa, VU; Favela, CE; Moreno, RA; Ochoa, MHC; Ochoa, ME; Preciado, RP. 2009. Use of Organic Fertilizer in Tomato Production in Greenhouse. Tierra Latinoamericana 27:319-327.

Sánchez, E; Ford, T; Berghage, R; Di Gioia, F. 2021. Sistemas Hidropónicos: Programas y Recetas de Soluciones Nutritivas. PennState Extensio .

Santin, E. 2017. Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L .) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras (en línea). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras 5(1):1-22. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6191/1/IAD-2017-041.pdf>.

Troiani, H; Prina, A; Tamame, M; Beinticinco, L. 2017. Botanica, morfología, taxonomía y fitogeografía (en línea). s.l., s.e. 326 p. Disponible en <http://www.unlpam.edu.ar/images/extension/edunlpam/QuedateEnCasa/botanica-morforlogia-taxonomia-y-fitogeografia.pdf>.

U.S Enviromental Protection Agency. 2016. Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones (en línea). :156. Disponible en https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2016-07/documents/moisture_control_guidance_spanish_april_2016_508_final.pdf.

Velásquez, P. 2009. Escuela politécnica nacional (en línea). Facultad de Ingeniería química y Agroindustrial :1-145. Disponible en file:///C:/Users/Emerito Huaman/Downloads/CD-2283 desbloquear_unlocked.pdf.

Velázquez Machuca, MA; Equihua Soriano, JR; González, JV; Montañez Soto, JL; Pimentel Equihua, JL; Navia, MM. 2019. Physical and chemical characterization of residual sludge biochar. *Terra Latinoamericana* 37(3):243-251. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i3.409>.

VERÓNICA ELIZABETH PÉREZ ARCE. 2022. -Pa15015-Salsa De Tomate-Cde2022. Universidad del Salvador :1-181.

Zickuhr, BKM. 2016. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE TOMATE HORTÍCOLA “*Lycopersicum esculentum*” BAJO CUBIERTA PLÁSTICA. (June).

ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza ANAVA de altura en el cultivo de Tomate

Nueva tabla_1 : 3/8/2024 - 06:30:41 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	PRO. Altura (cm)	12	0.17	0.00	4.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0.13	3	0.04	0.55	0.6615	
FA(Biochar)	3.3E-03	1	3.3E-03	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	4.5E-03	1	4.5E-03	0.06	0.8147	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.12	1	0.12	1.55	0.2481	
Error	0.62	8	0.08			
Total	0.75	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	PRO. Altura (cm)	12	0.23	0.00	5.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2.10	3	0.70	0.82	0.5190	
FA(Biochar)	0.66	1	0.66	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	1.44	1	1.44	1.68	0.2309	
FA(Biochar)*FB(Biol)	2.1E-04	1	2.1E-04	2.4E-04	0.9879	
Error	6.83	8	0.85			
Total	8.92	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	PRO. Altura (cm)	12	0.10	0.00	3.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0.82	3	0.27	0.31	0.8189	
FA(Biochar)	0.62	1	0.62	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	0.20	1	0.20	0.22	0.6508	
FA(Biochar)*FB(Biol)	1.5E-03	1	1.5E-03	1.7E-03	0.9684	
Error	7.09	8	0.89			
Total	7.91	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	PRO. Altura (cm)	12	0.79	0.71	2.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	34.45	3	11.48	10.16	0.0042	
FA(Biochar)	12.99	1	12.99	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	21.38	1	21.38	18.92	0.0024	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.09	1	0.09	0.08	0.7895	
Error	9.04	8	1.13			
Total	43.49	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
5	PRO. Altura (cm)	12	0.89	0.85	2.51

Cuadro de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	101.72	3	33.91	21.40	0.0004	
FA(Biochar)	50.55	1	50.55	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	23.04	1	23.04	14.54	0.0051	
FA(Biochar)*FB(Biol)	28.13	1	28.13	17.75	0.0029	
Error	12.67	8	1.58			
Total	114.39	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	PRO. Altura (cm)	12	0.98	0.97	1.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	169.56	3	56.52	134.37	<0.0001	
FA(Biochar)	87.71	1	87.71	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	78.69	1	78.69	187.07	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	3.16	1	3.16	7.51	0.0254	
Error	3.37	8	0.42			
Total	172.92	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
7	PRO. Altura (cm)	12	0.86	0.81	2.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	209.41	3	69.80	16.97	0.0008	
FA(Biochar)	85.87	1	85.87	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	104.04	1	104.04	25.29	0.0010	
FA(Biochar)*FB(Biol)	19.51	1	19.51	4.74	0.0611	
Error	32.92	8	4.11			
Total	242.33	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
8	PRO. Altura (cm)	12	0.86	0.80	4.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	607.20	3	202.40	16.13	0.0009	
FA(Biochar)	305.19	1	305.19	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	295.19	1	295.19	23.52	0.0013	
FA(Biochar)*FB(Biol)	6.83	1	6.83	0.54	0.4819	
Error	100.39	8	12.55			
Total	707.59	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
9	PRO. Altura (cm)	12	0.97	0.96	2.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1137.41	3	379.14	95.95	<0.0001	
FA(Biochar)	514.83	1	514.83	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	583.34	1	583.34	147.64	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	39.24	1	39.24	9.93	0.0136	
Error	31.61	8	3.95			
Total	1169.02	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
10	PRO. Altura (cm)	12	0.86	0.81	7.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2529.37	3	843.12	16.42	0.0009	
FA(Biochar)	1169.53	1	1169.53	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	1095.70	1	1095.70	21.35	0.0017	
FA(Biochar)*FB(Biol)	264.14	1	264.14	5.15	0.0530	
Error	410.66	8	51.33			
Total	2940.03	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
11	PRO. Altura (cm)	12	0.97	0.96	2.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2705.61	3	901.87	94.68	<0.0001	
FA(Biochar)	1268.76	1	1268.76	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	1201.80	1	1201.80	126.16	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	235.06	1	235.06	24.68	0.0011	
Error	76.21	8	9.53			
Total	2781.82	11				

Semanas	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
12	PRO. Altura (cm)	12	0.98	0.98	2.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4395.39	3	1465.13	165.39	<0.0001	
FA(Biochar)	2406.44	1	2406.44	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	1409.78	1	1409.78	159.14	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	579.17	1	579.17	65.38	<0.0001	
Error	70.87	8	8.86			
Total	4466.26	11				

Anexo 2 Análisis de varianza ANAVA de numero de frutos en el cultivo de Tomate

Nueva tabla_3 : 4/8/2024 - 15:52:37 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUM.(frutos)	48	0.57	0.54	75.47

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2403334.75	3	801111.58	19.43	<0.0001	
FA(Biochar)	8060.08	1	8060.08	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	2358533.33	1	2358533.33	57.21	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	36741.33	1	36741.33	0.89	0.3503	
Error	1813949.17	44	41226.12			
Total	4217283.92	47				

Anexo 3 Análisis de varianza ANAVA del rendimiento L/Kg en el cultivo de Tomate

Nueva tabla_2 : 4/8/2024 - 15:51:05 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN(L/Kg)	48	0.66	0.64	45.04

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1192.89	3	397.63	28.40	<0.0001	
FA(Biochar)	401.36	1	401.36	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	654.16	1	654.16	46.72	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	137.36	1	137.36	9.81	0.0031	
Error	616.07	44	14.00			
Total	1808.96	47				

Anexo 4 Análisis de varianza ANAVA de Grados Brix en hojas del cultivo de Tomate

Nueva tabla : 3/8/2024 - 06:33:59 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	PRO. Grados Brixs en Hoja	12	0.95	0.93	3.71

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	10.44	3	3.48	47.19	<0.0001	
FA(Biochar)	0.31	1	0.31	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	10.13	1	10.13	137.35	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	2.6E-03	1	2.6E-03	0.03	0.8571	
Error	0.59	8	0.07			
Total	11.03	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	PRO. Grados Brixs en Hoja	12	0.94	0.91	5.39

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	18.47	3	6.16	39.83	<0.0001	
FA(Biochar)	5.2E-05	1	5.2E-05	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	18.44	1	18.44	119.28	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.03	1	0.03	0.21	0.6585	
Error	1.24	8	0.15			
Total	19.71	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	PRO. Grados Brixs en Hoja	12	0.99	0.99	2.69

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	41.31	3	13.77	361.67	<0.0001	
FA(Biochar)	0.14	1	0.14	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	41.16	1	41.16	1081.15	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.01	1	0.01	0.31	0.5942	
Error	0.30	8	0.04			
Total	41.61	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	PRO. Grados Brixs en Hoja	12	0.99	0.98	4.82

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	55.26	3	18.42	181.74	<0.0001	
FA(Biochar)	0.15	1	0.15	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	55.04	1	55.04	543.05	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.07	1	0.07	0.67	0.4381	
Error	0.81	8	0.10			
Total	56.07	11				

Anexo 5 Análisis de varianza ANAVA de Grados Brix en Frutos del cultivo de tomate.

Nueva tabla_2 : 4/8/2024 - 15:43:42 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	PRO. Grados Brixs en Fruto..	12	0.82	0.75	20.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	12.83	3	4.28	12.00	0.0025	
FA(Biochar)	2.48	1	2.48	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	9.72	1	9.72	27.28	0.0008	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.63	1	0.63	1.77	0.2202	
Error	2.85	8	0.36			
Total	15.68	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	PRO. Grados Brixs en Fruto..	12	0.91	0.88	11.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	6.07	3	2.02	27.60	0.0001	
FA(Biochar)	1.33	1	1.33	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	4.56	1	4.56	62.23	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.18	1	0.18	2.39	0.1608	
Error	0.59	8	0.07			
Total	6.66	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	PRO. Grados Brixs en Fruto..	12	0.97	0.96	5.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4.74	3	1.58	83.34	<0.0001	
FA(Biochar)	1.08	1	1.08	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	3.63	1	3.63	191.47	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.03	1	0.03	1.58	0.2439	
Error	0.15	8	0.02			
Total	4.89	11				

Mediciones	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	PRO. Grados Brixs en Fruto..	12	0.93	0.91	9.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	7.89	3	2.63	36.63	0.0001	
FA(Biochar)	1.90	1	1.90	sd	sd	(FA(Biochar)*replica)
FA(Biochar)*replica	0.00	0	0.00	sd	sd	
FB(Biol)	5.92	1	5.92	82.42	<0.0001	
FA(Biochar)*FB(Biol)	0.07	1	0.07	0.99	0.3481	
Error	0.57	8	0.07			
Total	8.46	11				

Anexo 6 Análisis de varianza ANAVA de Media en altura en el cultivo de Tomate

C:\Users\Usuario\Desktop\altura.IDB2 : 4/8/2024 - 20:59:43 - [Versión : 30/4/2020]

Medidas resumen

FA(Biochar)	FB(Biol)	Variable	Media
A1	B1	PRO. Altura (cm)	73.92
A1	B2	PRO. Altura (cm)	61.80
A2	B1	PRO. Altura (cm)	61.20
A2	B2	PRO. Altura (cm)	56.39

Anexo 7 Análisis de varianza ANAVA de Media en Numero de frutos en el cultivo de Tomate.

Resultados

Nueva tabla_1 : 2/8/2024 - 01:14:10 - [Versión : 30/4/2020]

Medidas resumen

FA(Biochar)	FB(Biol)	Variable	Media
A1	B1	NUM. (frutos)	450.08
A1	B2	NUM. (frutos)	62.08
A2	B1	NUM. (frutos)	531.33
A2	B2	NUM. (frutos)	32.67

Anexo 7 Hoja de trabajo para Análisis Químicos de suelo

62m Reyes

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS QUIMICOS DE SUELO										LABORATORIO DE SUELOS AGR PhD ELIO DURON ANDINO			
		AÑO 202										Pág.: Correlativo: 01		CODIGO: RT- 02 Versión No.1 Fecha Vigencia:2023	
No. Lab.	Identificación de la muestra	pH	MO %	N	P	Na	K	Ca	Mg	Fe mg/kg	Mn	Cu	Zn	B	
62		8.03	6.48	0.32	62.86		1409	3622	243.9	260.5	189.4	11.54	8.29		
		$\%CO = 2.96$ $\%CO = 1.23$ $\%MO = 2.13$ $\%N = 0.11$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
63		7.86	2.45	0.12	117.52		1578	3102	226.1	270.4	174.2	0.63	4.25		
		$\%CO = 1.42$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
64		8.24	3.85	0.19	177.04		1975	18470	380.9	235.7	174.1	3.78	7.11		
		$\%CO = 2.23$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
	Control														

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS QUIMICOS DE SUELO										LABORATORIO DE SUELOS AGR PhD ELIO DURON ANDINO			
		AÑO 202										Pág.: Correlativo: 01		CODIGO: RT- 02 Versión No.1 Fecha Vigencia:2023	
No. Lab.	Identificación de la muestra	pH	MO %	N	P	Na	K	Ca	Mg	Fe mg/kg	Mn	Cu	Zn	B	
65		8.14	3.36	0.17	176.17		1741	3822	330.0	252.3	147.1	1.96	7.20		
		$\%CO = 1.95$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
66		8.20	2.53	0.13	150.80		1482	3402	362.9	263.4	131.3	4.40	9.70		
		$\%CO = 1.47$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
67		7.99	2.88	0.14	157.67		1148	18470	261.1	269.6	142.3	1.14	0.01		
		$\%CO = 1.67$													
	Datos requeridos para Plan de Fertilización:														
	Cultivo:														
	Edad:														
	Area:														
	Densidad:														
	Tipo de fertilización:														
	Control														

Analisis de la parcela 1 N° Lab. 62 con Factor A1 con Biochar

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		N° laboratorio 62/2024	
		INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS		N° Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024
Información general					
Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A1B1B2		
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG		
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estructura protegida		
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar		
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A		
Análisis Realizados					
Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad
pH	8.03		Sodio		ppm
Carbono Orgánico	1.23	%	Hierro	260.5	ppm
Materia Orgánica	2.13	%	Manganeso	189.4	ppm
Nitrógeno	0.11	%	Cobre	11.54	ppm
Fosforo	62.86	ppm	Zinc	8.29	ppm
Potasio	149.0	cmol/kg	Boro	--	ppm
Calcio	3,622	cmol/kg	Azufre	--	ppm
Magnesio	243.9	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg
Arenas: 56.8 % Limo: 28.0 % Arcilla: 15.2 % Textura: Franco Arenoso					
Interpretación: Alto Medio Bajo					
Recomendación					
Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1:2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos					
Carlos Irias, MSc Jefe del Laboratorio					

Análisis de la parcela 2 N° Lab 63 con Factor A2 sin Biochar

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		N° laboratorio 63/2024	
		INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS		N° Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024
Información general					
Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A2B2B1		
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG		
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estructura protegida		
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar		
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A		
Análisis Realizados					
Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad
pH	7.86		Sodio		ppm
Carbono Orgánico	1.42	%	Hierro	270.6	ppm
Materia Orgánica	2.45	%	Manganeso	174.2	ppm
Nitrógeno	0.12	%	Cobre	0.68	ppm
Fosforo	117.52	ppm	Zinc	4.25	ppm
Potasio	157.8	cmol/kg	Boro	--	ppm
Calcio	3,102	cmol/kg	Azufre	--	ppm
Magnesio	226.1	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg
Arenas: 52.0 % Limo: 30.0 % Arcilla: 18.0 % Textura: Franco Arenoso					
Interpretación: Alto Medio Bajo					
Recomendación					
Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1:2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos					
Carlos Irias, MSc Jefe del Laboratorio					

Analisis de la parcela 3 N° Lab 64 con Factor A1 con Biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON
ANDINO

INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Nº laboratorio 64/2024

Nº Solicitud
xxx

Fecha de entrega
11/11/2024

Información general

Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A1B1B2
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estructura protegida
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A

Análisis Realizados

Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad	Interpretación
pH	5.24		Sodio		ppm	Arena	48.8	%	
Carbono Orgánico	2.23	%	Hierro	235.7	ppm	Limo	36.0	%	
Materia Orgánica	3.85	%	Manganeso	187.6	ppm	Arcilla	15.2	%	
Nitrógeno	0.19	%	Cobre	3.78	ppm	Textura	Francoso		
Fosforo	177.04	ppm	Zinc	7.11	ppm				Alto
Potasio	197.5	cmol/kg	Boro	--	ppm				Medio
Calcio	18.470	cmol/kg	Azufre	--	ppm				Bajo
Magnesio	380.9	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg				

Recomendación

Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1:2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos

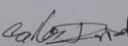
Carlos Irias, MS
Jefe del Laboratorio



Análisis de la parcela 4 N° Lab 65. con Factor A2 sin Biochar

		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		N° laboratorio 65/2024	
		INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS		N° Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024
Información general					
Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A2B2B1		
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG		
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estructura protegida		
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar		
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A		
Análisis Realizados					
Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad
pH	5.14		Sodio		ppm
Carbono Orgánico	1.95	%	Hierro	252.3	ppm
Materia Orgánica	3.36	%	Manganeso	147.1	ppm
Nitrógeno	0.17	%	Cobre	1.96	ppm
Fosforo	176.17	ppm	Zinc	7.20	ppm
Potasio	174.1	cmol/kg	Boro	--	ppm
Calcio	4.940	cmol/kg	Azufre	--	ppm
Magnesio	330.0	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg
Recomendación					

Análisis de la parcela 5 N° Lab 66 con Factor A2 sin Biochar

		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		Nº laboratorio 66/2024	
		INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS		Nº Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024
Información general					
Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A1B1B2		
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG		
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estrutura protegida		
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar		
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A		
Análisis Realizados					
Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad
pH	8.20		Sodio		ppm
Carbono Orgánico	1.47	%	Hierro	263.4	ppm
Materia Orgánica	2.53	%	Manganeso	131.3	ppm
Nitrógeno	0.13	%	Cobre	0.87	ppm
Fosforo	150.80	ppm	Zinc	4.70	ppm
Potasio	148.2	cmol/kg	Boro	--	ppm
Calcio	9.743	cmol/kg	Azufre	--	ppm
Magnesio	362.9	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg
			Arena	54.0	%
			Limo	30.8	%
			Arcilla	15.2	%
			Textura	Franco Arenoso	
			Interpretación		
			Alto		
			Medio		
			Bajo		
Recomendación					
Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1:2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M.O. / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos					
 Carlos Irias, MSc Jefe del Laboratorio					

Análisis de la parcela 6 N° Lab 67 con Factor A2 sin Biochar



UNAG
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON
ANDINO

INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

N° laboratorio 67/2024

N° Solicitud
xxx

Fecha de entrega
11/11/2024

Información general

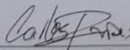
Solicitante:	Milton Reyes	Identificación de la muestra	A2B2B1
Dirección del solicitante	Finca Agroecológica UNAG	Procedencia de la muestra	Finca Agroecológica UNAG
Entregada por	Milton Reyes	Cultivo	Tomate, estructura protegida
Fecha de recepción de la muestra	30 abril	Edad del cultivo	Por sembrar
Condiciones de la muestra	Recipiente adecuado	Densidad de siembra	N/A

Análisis Realizados

Analito	Resultado	Unidad	Analito	Resultado	Unidad	Resultado	Unidad	
pH	7.99		Sodio	269.6	ppm	Arena	54.0	%
Carbono Orgánico	1.67	%	Hierro	142.3	ppm	Limo	30.8	%
Materia Orgánica	2.88	%	Manganeso	1.14	ppm	Arcilla	15.2	%
Nitrógeno	0.14	%	Cobre	0.01	ppm	Textura	Franco Arenoso	
Fosforo	157.67	ppm	Zinc	--	ppm			Interpretación
Potasio	114.8	cmol/kg	Boro	--	ppm			Alto
Calcio	6.486	cmol/kg	Azufre	--	ppm			Medio
Magnesio	261.1	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg			Bajo

Recomendación

Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1:2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M.O. / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos


Carlos Irias, MSc
Jefe del Laboratorio



Anexo 8 Preparación del terreno.



Anexo 9 Preparación del Biochar.

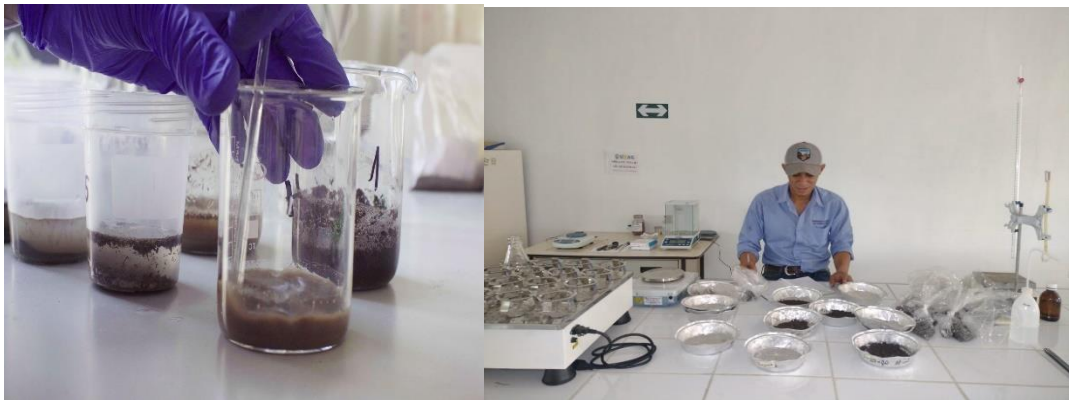
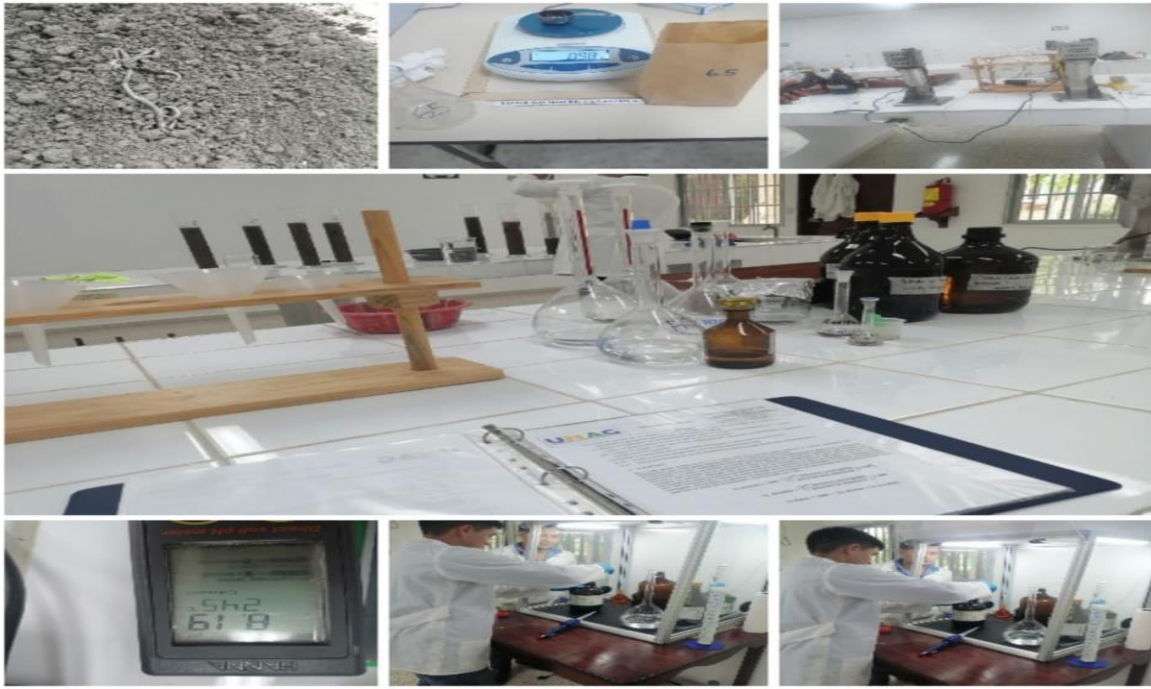


Anexo 10 Preparación del semillero



Anexo 11 muestreo de suelos y laboratorio.





Anexo 12 Grados brix en hoja.





Anexo 13 Grados brix en fruto de tomate



Anexo 14 Control y manejo de enfermedades durante el cultivo.



Anexo 15 Preparación de fertilizantes para la nutrición y bioplaguicidas para el control de plagas encontradas dentro de la casa malla.



Anexo 16 Preparación de Aceite de Neen





Anexo 17. Preparación de Bocachi en relación en carbono y nitrógeno.

