



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación del efecto de diferentes porcentajes en biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad JL5

Centeno, M; Peralta, D; Rocha, V.

Asesor/Tutor

Dr. Kenny López Benavides

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN MANAGUA

Centro Universitario Regional De Estelí

CUR-Estelí

Recinto universitario “Leonel Rugama Rugama”

Evaluación del efecto de diferentes porcentajes en biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad JL5

Tesis para optar al grado de
Ingenieros Agrónomos

Autor/es

María Auxiliadora Centeno Muñoz

Daniela Belén Peralta Torrez

Luis Ernesto Rocha Velásquez

Asesor/es

Dr. Kenny López Benavides

Estelí 04 diciembre 2024



Dedicatoria

Dedicamos principalmente a nuestros padres, por su apoyo incondicional, paciencia y amor, gracias por ser una fuente de fortaleza y motivación durante los 5 años. Por habernos impulsado a seguir con nuestros estudios y lograr culminar nuestra carrera.

A todos los profesores que me inspiraron a lo largo de mi carrera académica, quienes nos brindaron su valiosa orientación y conocimientos, a mis compañeros de universidad quienes compartieron conmigo este camino. A todos los que han colaborado directa o indirectamente en nuestra formación, les agradecemos profundamente su compromiso y dedicación.

Agradecimiento

Agradecemos principalmente a Dios, porque a lo largo de nuestras vidas sociales y académicas nos brindó sabiduría y fortalezas, quien guio nuestros pasos a lo largo de este camino académico y nos brindó las bendiciones necesarias para superar cada obstáculo. Agradecemos este logro a todos los profesores que nos brindaron su apoyo y consejo al Dr. Kenny López Benavides y el Ingeniero Josué Tomas Urrutia, cuya dedicación, paciencia y compromiso nos inspiraron a seguir adelante y a dar siempre lo mejor de nosotros.

A la UNAN CUR Estelí, queremos expresar nuestro agradecimiento por el apoyo y recursos que nos permitieron desarrollarnos plenamente durante estos cinco años de formación y por habernos brindado materiales para llevar a cabo nuestra tesis.

También agradecemos a nuestros padres, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional fueron el motor que nos impulsó a alcanzar esta meta.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS Y SALUD

2024: "Universidad gratuita y de calidad para seguir en victorias"

Estelí, 02 de diciembre 2024

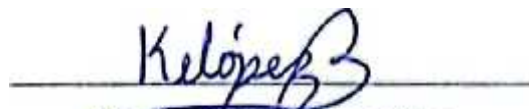
CONSTANCIA

Por este medio estoy manifestando que la investigación: **Evaluación del efecto de diferentes porcentajes en biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad JL5**, cumple con los requisitos académicos de Seminario de Graduación, para optar al título de Ingeniero (a) en Agronomía.

Los autores (as) de este trabajo son los estudiantes: **María Auxiliadora Centeno Muñoz, Daniela Belén Peralta Torrez y Luis Ernesto Rocha Velásquez**; y fue realizado en el II semestre de 2024 en el marco de la asignatura de Seminario de Graduación, cumpliendo con los objetivos generales y específicos establecidos, que consta en el artículo 9 de la normativa, y que contempla un total de 60 horas presenciales y 240 horas de trabajo independiente.

Considero que este estudio será de mucha utilidad para productores del sector hortícola, la comunidad estudiantil y personas interesadas en esta temática.

Atentamente,


Dr. Kenny López Benavides

<https://orcid.org/0009-0003-6736-3244>

CUR-Estelí, UNAN.Managua

Cc/Archivo

¡Universidad Del Pueblo Y Para El Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL,
Tel 27137734, Ext 7430 dcts.curcesteli@unan.edu.ni

Resumen

Se realizó un muestreo con diferentes dosificaciones de enmienda de biochar, las cuales fueron en proporciones de 45% de biochar, 35% de biochar, 25% de biochar y el testigo (0% biochar), el restante era sustrato (tierra), su distribución estaba constituida por 4 tratamientos y una población de 800 plántulas de tomate variedad JL5, donde se tomó un muestreo de 200 plántulas, tomando 50 por tratamiento de manera al azar, las bandolas tienen capacidad de 126 alveolos, de los cuales solo se ocupó 50 por bandolas.

El experimento tuvo una duración de 24 días, tomando datos de germinación en los primeros 12 días, seguido se recopilaron datos de germinación y sobrevivencia se procedió, a recolección de datos, de medición diámetro al cuello de la raíz, longitud parte Área, longitud sistema radicular, peso de fresco de la biomasa aéreo y biomasa radicular, seguido de eso cada plántula se introdujo en bolsas de papel Graf, luego se introdujeron todas las muestras al horno por 24 horas a una temperatura de 105°C, obteniendo así su peso seco de la parte Área y Radical.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos de 4 repeticiones, haciendo un cálculo del índice de calidad Esbeltez, índice calidad Robustez y índice calidad Dickson, obteniendo los mejores de resultados de altura (12.5cm), diámetro del cuello de la raíz (2.7 mm) en el tratamiento testigo (0% biochar). Con los cálculos realizados se evidencio que el biochar mas sustrato dio mejor resultado en el sistema radicular, entre ellos el tratamiento que tuvo mejor resultado fue 35% biochar (17cm), los mejores resultados obtenido en cuanto germinación fue en el tratamiento 45% biochar (16.67 ± 9.26).

Palabras claves: Biochar, Tomate, Germinación, Tratamientos, Índices de calidad.

Abstract

A sampling was conducted using different dosages of biochar amendment, with proportions of 45% biochar, 35% biochar, 25% biochar, and a control (0% biochar). The remaining portion consisted of substrate (soil). The distribution included four treatments and a population of 800 JL5 tomato seedlings, from which a random sample of 200 seedlings was taken, with 50 seedlings per treatment. Trays with a capacity of 126 cells were used, but only 50 cells per tray were filled.

The experiment lasted 24 days, with germination data collected during the first 12 days. Additional data collection included measurements of survival, root collar diameter, aerial part length, root system length, fresh biomass weight of both aerial and root systems, and subsequent drying. Each seedling was placed in a Graf paper bag, and all samples were placed in an oven for 24 hours at 105°C to obtain the dry weight of the aerial and root parts.

A completely randomized design (CRD) was used, with four treatments and four replications. Quality indices were calculated, including slenderness index, robustness index, and Dickson quality index. The best results for height (12.5 cm) and root collar diameter (2.7 mm) were observed in the control treatment (0% biochar). The calculations showed that biochar combined with substrate yielded better results for the root system, with the 35% biochar treatment achieving the best root system length (17 cm). The highest germination rate was observed in the 45% biochar treatment (16.67 ± 9.26).

Keywords: Biochar, Tomato, Germination, Treatments, Quality indices.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	2
3. Plantamiento de problema	3
Preguntas Problemas.....	4
4. Justificación	5
5. Objetivos.....	6
5.1. Objetivo General	6
5.2. Objetivos Específicos	6
• Analizar el efecto de diferentes dosis de biochar en la germinación de semillas de tomate. .	6
• Determinar la sobrevivencia de las plántulas de tomate bajo el uso de diferentes porcentajes de biochar.	6
• Evaluar el establecimiento y crecimiento de plántulas de tomate aplicando tres porcentajes de biochar como sustrato.	6
6. Fundamentación teórico	7
6.1. Definición.....	7
6.2. Características.....	7
6.3. Taxonomía	7
6.4 Origen del tomate	8
6.5. Descripción Morfológica	8
6.6 Condiciones Agroecológicas Del Cultivo.....	9
6.6.1. Temperatura.....	9
La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen el fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. (Ligia , 2017)	9
6.6.2. Humedad Relativa	9
6.6.3. Luminosidad	10
6.6.4. Altitud.....	10
6.6.5. Suelo	10
6.6.6. Abonos Orgánicos.....	10
6.7. Biochar	11
6.7.1. Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal	11
6.7.2. Biochar En El Suelo	12

6.7.3.	¿Qué es el Biochar?.....	12
6.7.4.	El Potencial Del Biochar.....	13
6.7.5.	La Importancia Del Biochar En La Agricultura	13
6.7.6.	Composición Química Del Biocarbón.....	13
6.7.7	Historia del Biochar	14
6.7.8.	Biochar y Su Contribución A La Nutrición, Crecimiento y Defensa De Las Plantas 14	
6.8.	Tomate Variedad del tomate INTA JL5.....	15
6.8.1.	Características de la variedad	15
6.8.2.	¿Cuántas variedades de tomate existen en Nicaragua?	15
6.8.3.	Producción	16
6.8.4.	Beneficios	16
7.	Hipótesis	18
	Hipótesis de investigación	18
8.	Operacionalización de variables	19
9.	Diseño metodológico	21
10.	Análisis y discusión de los resultados.....	28
11.	Conclusiones.....	34
12.	Recomendaciones	35
13.	Referencia y bibliografía	36
14.	Anexos.....	40
	Ilustración 1 Germinación	40
	Ilustración 2 Preparación en bandolas	41
	Ilustración 3 Riego uniforme para crecimiento óptimo	41
	Ilustración 4 Preparación de Biochar	42
	Hoja de campo para la recolección de datos de germinación de tomate variedad JL5	43

1. Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, tanto por su valor económico como por su aporte nutricional. Sin embargo, la producción de tomate enfrenta desafíos significativos, como la degradación del suelo, el uso intensivo de fertilizantes químicos y la necesidad de prácticas agrícolas más sostenibles. En este contexto, la evaluación de biochar como sustrato puede ofrecer una solución innovadora para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción de tomate.

Diversos estudios han indicado que la incorporación de biochar en sustratos de cultivo puede influir positivamente en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Investigaciones previas han demostrado mejoras en la calidad del suelo y en la disponibilidad de nutrientes, lo que se traduce en un mejor desarrollo de las plantas. (Gallo, junio de 2018)

El biochar se presenta como una opción promisoría, con resultados relevantes en el aumento de la productividad de los cultivos y en la mitigación de los efectos del cambio climático, por su alta capacidad para secuestrar el carbono atmosférico. Es un material muy estable, abundante en nutrientes, fundamentalmente carbono que, enriquecido con fertilizantes y/o productos biológicos, puede tener un mejor efecto sobre los cultivos (Benaventes Ferraces, 2022; González Marquetti, Rodríguez, Delgado Oramas, & Schmidt, 2020).

La degradación del suelo se puede entender como la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad. Ella tiene expresión en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos del suelo (deficiencia de materia orgánica). Sumado a esto, La degradación del suelo se produce también debido a la compactación por maquinaria agrícola y a la reducción del contenido de materia orgánica, lo cual afecta a la estructura y a la composición del suelo. (Cartes Sánchez, 2013; Pérez Vázquez & Landero Sánchez, 2009).

2. Antecedentes

En evaluaciones realizadas por Ortega-Martinez et al, (2010) (Ortega-Martínez y otros, 2010) hace mención que los sustratos evaluados presentaron efectos diferentes en la dinámica del crecimiento de las plántulas de tomate y acumulación de materia seca, donde destacaron la turba, lombricomposta y el aserrín. La capacidad de absorción de agua en los sustratos fue de las propiedades determinantes en la emergencia de las plántulas y la turba fue la que destacó en esta propiedad, sin embargo, el aserrín y la lombricomposta tuvieron suficiente CAA. Los sustratos aserrín y lombricomposta presentaron efectos similares a la turba en el crecimiento de las plántulas de tomate, por lo que son una alternativa a utilizar como sustratos para la producción de plántulas en invernadero.

Al evaluar la germinación de semillas de tomate bajo diferentes sustratos Fernandez-Bravo et al., (2006) encuentra que el mejor sustrato para sustituir a la turba fue la mezcla de compost de cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco molida en relación 2:1. Dado que presentaron elevado porcentaje de germinación, alta tasa de germinación y uniformidad en la germinación de semillas de tomate. Tomando en cuenta que en este experimento se evaluó el efecto del uso de las mezclas de compost y aserrín de coco como sustrato en la germinación de semillas de tomate cv Río Grande, en bandejas plásticas, bajo condiciones de umbráculo.

En la búsqueda de alternativas sostenibles para la agricultura, el biochar ha emergido como un material prometedor debido a sus propiedades beneficiosas para el suelo. El biochar ha demostrado la mejora en todos los aspectos. Esto lo convierten en una opción interesante para mejorar la productividad de los cultivos, especialmente en suelos degradados o de baja fertilidad. (Rolando Barrera, 2019)

3. Plantamiento de problema

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), la variedad JL5, enfrenta diversos desafíos relacionados con la calidad del sustrato utilizado para la germinación y crecimiento de las plantas. La búsqueda de sustratos alternativos que mejoren la productividad y sostenibilidad del cultivo es una prioridad para agricultores y científicos. Una de las opciones emergentes es el uso de biochar, un tipo de carbón producido a partir de la biomasa vegetal mediante un proceso de pirólisis, que ha demostrado tener beneficios potenciales en la mejora de la calidad del suelo y la promoción del crecimiento de las plantas.

El biochar se ha investigado por sus propiedades de mejora del suelo, tales como aumentar la capacidad de retención de agua, mejorar la disponibilidad de nutrientes y promover la actividad microbiana del suelo. Sin embargo, los efectos específicos de diferentes porcentajes de biochar en la germinación y el crecimiento de las plantas de tomate JL5 aún no se han estudiado exhaustivamente. Es crucial determinar si el biochar puede ser utilizado como un sustrato eficaz y sostenible para el cultivo de tomate, y si es así, identificar los porcentajes óptimos para maximizar los beneficios.

El uso de biochar como enmienda del suelo ha ganado atención por sus potenciales beneficios para mejorar las propiedades del suelo. Sin embargo, el impacto del biochar no siempre es positivo y puede variar significativamente según su porcentaje en el sustrato.

Preguntas Problemas

Pregunta General

¿Cómo influyen diferentes porcentajes de biochar en la germinación y el crecimiento de las plántulas de tomate JL5 y cuál es el porcentaje óptimo de biochar que puede ser utilizado como sustrato en este cultivo?

Preguntas Especificas

- ¿Qué efectos puede tener el uso de diferentes porcentajes de biochar en la germinación de semilla?
- ¿El uso de biochar puede estimular el crecimiento de las plántulas de tomate?
- ¿Las diferentes dosis puede aumentar el desarrollo de las plántulas de tomate?

4. Justificación

El estudio de la "Evolución del efecto de diferentes porcentajes de biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate" es de gran relevancia en el contexto actual de la agricultura sostenible. El biochar, un material carbonizado producido a partir de biomasa, ha mostrado un potencial significativo para mejorar la calidad del suelo, retener nutrientes y aumentar la eficiencia del uso del agua. Sin embargo, la eficacia del biochar puede variar según su porcentaje en el sustrato y su impacto específico en cultivos importantes como el tomate.

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas a nivel mundial, y cualquier mejora en su cultivo puede tener repercusiones significativas en la seguridad alimentaria y en la economía agrícola. Por lo tanto, comprender cómo diferentes concentraciones de biochar afectan la germinación y el crecimiento de las plántulas de tomate es crucial para desarrollar prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.

Este estudio contribuirá a llenar el vacío de conocimiento existente sobre las dosis óptimas de biochar para maximizar el rendimiento y la salud de las plantas de tomate. Los resultados podrán proporcionar directrices claras para los agricultores sobre cómo utilizar el biochar de manera efectiva, lo que puede traducirse en una reducción del uso de fertilizantes químicos, menor impacto ambiental y una mejora general en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Esta investigación no solo tiene el potencial de optimizar el uso de biochar en la agricultura, sino que también puede contribuir significativamente a la sostenibilidad agrícola. Al proporcionar datos concretos y directrices prácticas, este estudio permitirá a los agricultores mejorar la salud y productividad de sus cultivos de tomate, reducir la dependencia de insumos químicos y fomentar prácticas agrícolas más ecológicas. De esta manera, la investigación no solo beneficiará a los productores de tomate, sino que también tendrá un impacto positivo en el medio ambiente y en la seguridad alimentaria global.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Determinar el efecto de los diferentes porcentajes de biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate JL5.

5.2. Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de diferentes dosis de biochar en la germinación de semillas de tomate.
- Determinar la sobrevivencia de las plántulas de tomate bajo el uso de diferentes porcentajes de biochar.
- Evaluar el establecimiento y crecimiento de plántulas de tomate aplicando tres porcentajes de biochar como sustrato.

6. Fundamentación teórica

6.1. Definición

En Nicaragua la producción de tomate es de gran importancia económica, tanto por su función como fuente generadora de divisas, fuente alimenticia, así como su potencial para generar empleos tanto rurales como urbanos. Sin embargo, su producción se ve afectada por un sin número de problemas tanto fitosanitarios, factores climáticos, como de manejo por eso el objetivo fue describir el manejo agronómico utilizado en la producción de tomate. (Raudez Centeno & Rojas Meza, Manejo agronomico en tomate y chiltoma realizado por los socios de la cooperativa de productos hortaliceros COPRAHOR, en Sebaco-Matagalpa-Nicaragua , 2023)

6.1.1. Este tomate tiene como características

1. Días de floración 24 días después del trasplante
2. El inicio de la cosecha es de 67 a 70 días después del trasplante
3. a forma predominante del fruto suele ser ovalado
4. Y el peso promedio del fruto es de 99 a 105 gramos
5. Y ya hablando sobre el rendimiento por manzana es de 1800 cajillas por manzanas

6.2. Características

El tomate es un alimento poco energético, dos tomates medianos aportan tan sólo 22 calorías. Relativamente el 95% de su peso es agua, cerca de un 4% son hidratos de carbono. En su composición de vitaminas destacan la B1, B2, B5, vitamina C y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo que identifica al tomate). Estas dos últimas sustancias tienen carácter antioxidante con una función protectora del organismo.

(Características del tomate JL5, 25 de diciembre de 2020)

6.3. Taxonomía

El tomate, cuyo nombre científico es *Solanum lycopersicum*, forma parte del reino Plantae, que incluye todas las plantas con múltiples células. Se encuentra dentro de la división Magnoliophyta de este reino, que se caracteriza por plantas con flores y semillas encerradas

en frutos. Las dicotiledóneas, plantas con dos cotiledones en sus semillas, pertenecen a su clase Magnoliopsida. Además, el tomate pertenece a la subclase Asteridae, una variedad de plantas que comparten ciertos rasgos morfológicos y genéticos. Esta clasificación taxonómica coloca al tomate en una posición amplia dentro del reino vegetal, reflejando su complejidad y diversidad.

6.4 Origen del tomate

Muchos de los platos que se preparan actualmente se remontan a tiempos antiguos y al intercambio de plantas alimenticias entre el Viejo y el Nuevo Mundo. En México, los aztecas cultivaban tomate en los bajos Andes. La palabra azteca "tomatl" se traducía literalmente como "fruta hinchada", mientras que los conquistadores españoles la denominaron "tomate". Colón llevó el tomate, el maíz, la patata, el chile y la batata a España a principios del siglo XVI.

Debido a sus múltiples usos culinarios, el tomate se considera una verdura, pero en realidad es una fruta de la familia de las solanáceas. La berenjena, el pimiento y la patata son parientes cercanos. Debido a su versatilidad y su facilidad para combinarse con queso, huevos, carne y una variedad de hierbas aromáticas, el tomate es uno de los alimentos o ingredientes más populares en Europa. (Berry Ottaway, 03 August 2001)

6.5. Descripción Morfológica

Diferentes cultivares de tomate pueden alcanzar diferentes alturas, desde menos de 20-80 pulgadas o más. Dependiendo del cultivar, el tallo principal generalmente puede alcanzar una altura de uno a dos pies. Tanto los tallos primarios como los secundarios se desarrollan bastante amplias y sólidas. Al principio, el porte puede ser erecto o rastrero, pero luego se transformará en uno más o menos postrado. Las características del crecimiento de las plantas de tomate varían entre los cultivares. Uno de tipo indeterminado o ilimitado de crecimiento (donde una yema vegetativa domina el ápice de las ramas) y uno altamente determinado o compacto de crecimiento (donde una yema vegetativa eventualmente domina el ápice de las ramas).

La forma de las hojas, pinnada compuesta, es muy variable y depende en gran medida del entorno. Su lámina está dividida en dos a doce pares de segmentos o folíolos de diferentes

tamaños que miden entre seis y doce pulgadas de largo. Las hojas son dentadas y rizadas, pero también pueden ser lisas. El pecíolo mide entre una y dos y media pulgadas de largo. La pubescencia es abundante tanto en las hojas como en los tallos jóvenes. Cuando se pasa la mano sobre los tallos, hojas y pedúnculos, se encuentran pequeños pelos glandulares que emiten un olor notable.

Durante la producción de plántulas para trasplante, la raíz pivotal fuerte de la planta del tomate frecuentemente se ve afectada. El sistema de raíces del tomate puede alcanzar profundidades de más de 48 pulgadas cuando se siembra directamente, en algunos casos de hasta 120 pulgadas si las condiciones del suelo son favorables para su crecimiento. Un sistema denso de raíces laterales fibrosas se forma de la raíz principal y puede alcanzar una longitud de hasta 60 pulgadas. Cuando se utiliza la siembra de trasplantes, la planta tiende a desarrollar un sistema de raíces que se concentra en las primeras ocho a diez pulgadas del suelo. Este comportamiento también ocurre cuando el riego se realiza con mucha frecuencia o el agua llega a poca profundidad. Las raíces adventicias se pueden desarrollar de los nudos inferiores del tallo y las ramas principales. (Fornaris, Junio 17 del 2015)

6.6 Condiciones Agroecológicas Del Cultivo

6.6.1. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen el fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. (Ligia , 2017)

6.6.2. Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la

evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. (Lidia, 2017)

6.6.3. Luminosidad

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental. (Mayela, 2017)

6.6.4. Altitud

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) crece en una variedad de altitudes, desde el nivel del mar hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm). Su producción en una variedad de áreas geográficas, desde costas hasta montañas, es posible debido a su versatilidad. Las condiciones climáticas varían significativamente a diferentes altitudes, y varios factores, incluida la temperatura, la radiación solar y la humedad, tienen un impacto en el crecimiento y desarrollo del tomate. El tomate puede beneficiarse de temperaturas más cálidas y ciclos de crecimiento más rápidos en altitudes más bajas, mientras que en altitudes más elevadas puede beneficiarse de una menor incidencia de enfermedades y plagas. La capacidad del tomate para sobrevivir en una amplia gama de altitudes demuestra su importancia. (Calvo, Noviembre, 2009)

6.6.5. Suelo

Satisface las cuatro necesidades básicas de las plantas: soporte, oxígeno, nutrientes y agua. Los suelos adecuados para la producción de tomate incluyen suelos medios a ricos en nutrientes, profundos y bien drenados, y pueden ser franco-arenosos, arcillo arenosos u orgánicos. Para maximizar el uso de los fertilizantes, el pH del suelo debe estar entre 5.9 y 6.5. (International, 2008)

6.6.6. Abonos Orgánicos

En sustratos bajo invernadero, el cultivo de tomate puede producir frutos de alta calidad y cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria. Además, se ha observado un aumento en la demanda de productos cultivados orgánicamente en los últimos tiempos. Esto se debe a que los abonos orgánicos, como medios de crecimiento, permiten mejorar las características

cualitativas de las plantas consumidas por los humanos (Tourat, 2000). Es fundamental aumentar el conocimiento sobre los componentes que conforman los sistemas de producción orgánicos bajo condiciones protegidas. Estos componentes incluyen cambios en el sistema de producción, uso y dosificación de varios abonos orgánicos, normas y cultivos (Benavidez, 2003 abril)

6.7. Biochar

Debido a sus múltiples beneficios para los cultivos, el biochar, un material carbonoso obtenido mediante la pirolisis de la biomasa, ha ganado atención en la agricultura. Su incorporación en el suelo mejora significativamente la estructura del suelo al aumentar la retención de agua y la porosidad. Esto es particularmente útil en suelos arenosos o degradados. Además, mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas y reduce el uso de fertilizantes químicos. Esto no solo ayuda a los cultivos a crecer de manera más saludable y vigorosa, sino que también contribuye a una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. El biochar también funciona como un sumidero de carbono, lo que ayuda a reducir el impacto del cambio climático al extraer CO₂ de la atmósfera. En resumen, el uso de biochar en la agricultura ofrece una solución multifacética que mejora la productividad de los cultivos, la salud del suelo y la sostenibilidad ambiental. (Tecnológica, 25 Junio 2018)

6.7.1. Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal

Hoy en día, la agricultura tiene que enfrentar una serie de retos como el cambio climático, la degradación y pérdida de fertilidad de los terrenos, así como la elevada necesidad de alimentos. En este contexto, el sector agrícola es de gran importancia, dado que, por un lado, la actividad agrícola contribuye a la liberación de gases de efecto invernadero y, por otro lado, se ve perjudicada por las repercusiones del cambio climático (aumento de la temperatura, incremento de la aridez, etc.). Hasta el momento, se ha logrado incrementar la productividad de los cultivos principalmente a través de prácticas poco sostenibles a largo plazo, como la gestión desmedida del suelo y la aplicación excesiva de fertilizantes. Todo esto se produce a costa de la disminución de la calidad del terreno y del incremento en la polución del mismo. Esto requiere la implementación de estrategias sostenibles en el sector

agrícola que incrementen la productividad de las cosechas sin incrementar el efecto en la zona cultivada y que a su vez disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero. El biochar es un compuesto alto en C que se genera a partir de la degradación termo-química de desechos orgánicos a temperaturas que suelen variar entre 300 y 700 °C, y en ausencia de oxígeno (pirólisis). (Prieto Olmo, 2016)

Las propiedades del biochar le otorgan la posibilidad de potenciar las características físico-químicas del suelo y elevar la productividad de los cultivos, además de contribuir a la captura de C, lo que lo transforma en un instrumento para combatir el cambio climático. Los impactos del biochar en las características del suelo pueden fluctuar dependiendo de las propiedades del biochar, que a su vez están vinculados con las características del material del que se extrae y las condiciones de pirólisis.

6.7.2. Biochar En El Suelo

La incorporación de biocarbón al suelo puede alterar sus propiedades físicas tales como la textura, estructura, la distribución del tamaño de poro, el área superficial total, y la densidad aparente, con repercusión en la aireación, capacidad de retención de humedad, crecimiento de las plantas y facilidad de laboreo del suelo. En ocasiones las partículas de biocarbón que son muy pequeñas pueden bloquear parcial o totalmente la porosidad del suelo con la consecuente alteración de su estructura y la disminución de infiltración de agua. El biocarbón puede mejorar las funciones del suelo, así como intervenir en los procesos que en él se desarrollan. Algunas evidencias muestran que el biocarbón funciona como portador de microorganismos, su adición al suelo puede incrementar la población de hongos micorrízicos y los niveles de infección por *Rhizobium* siendo por ello incorporado a los trabajos de biorremediación. Al aplicar biocarbón al suelo se puede aumentar su permeabilidad al agua y se reduce la escorrentía y los costos de riego. (JOSÉ, 2021)

6.7.3. ¿Qué es el Biochar?

El Biochar es una forma de carbón creado calentando biomasa, como residuos agrícolas, astillas de madera o residuos de cultivos, en un entorno de bajo contenido de oxígeno a través de un proceso llamado pirólisis. La pirólisis ocurre a altas temperaturas, generalmente entre 350 y 700 grados Celsius, lo que elimina los compuestos volátiles y deja un producto estable rico en carbono conocido como Biochar.

Esta sustancia posee propiedades extraordinarias que tienen un inmenso potencial para el almacenamiento de carbono, mejorar la salud del suelo y los árboles, y aumentar los rendimientos de los cultivos para los agricultores. También cautiva a los investigadores y emprendedores ambientales preocupados por mitigar el cambio climático.

6.7.4. El Potencial Del Biochar

Los sistemas de Biochar tienen el potencial de absorber una cantidad significativa de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Las iniciativas de Biochar podrían reducir aproximadamente de 3,4 a 6,3 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono ¡Un potencial superpoder en nuestra lucha contra el calentamiento global!

Debido a su excepcional estabilidad de carbono, el Biochar está emergiendo como una solución altamente prometedora en la lucha contra el cambio climático. Sabemos que los árboles absorben dióxido de carbono de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa. Sin embargo, cuando la madera se convierte en Biochar, el carbono adquiere una notable estabilidad, asegurando que, al ser enterrado en el suelo, permanezca de manera segura secuestrado durante cientos o miles de años.

El creciente interés en el Biochar se debe a su notable potencial para abordar numerosos desafíos ambientales al tiempo que ofrece varios beneficios.

6.7.5. La Importancia Del Biochar En La Agricultura

Las prácticas agrícolas actuales están agotando los nutrientes del suelo y disminuyendo los niveles de materia orgánica debido a cosechas repetidas. Para combatir este agotamiento, la solución predominante implica la aplicación de enmiendas al suelo en forma de fertilizantes. El Biochar puede agregarse a los suelos para mejorar la salud del suelo, aumentar la fertilidad, secuestrar carbono y ofrecer una solución para la gestión de residuos.

6.7.6. Composición Química Del Biocarbón.

70% de carbono estable, junto con hidrógeno (H), oxígeno (O) y trazas de otros elementos, mientras que la composición precisa depende de la biomasa cruda utilizada para la producción de biocarbón y de los parámetros operativos durante la pirólisis.

6.7.7 Historia del Biochar

Los indígenas precolombinos de la Amazonia crearon un suelo de gran productividad conocido como tierra negra amazónica (en portugués: terra Preta), que entre otros componentes contenía carbón vegetal. No está claro si este carbón se incorporaba al suelo con la intención de mejorar sus propiedades o de si se trata de un fenómeno accidental. Lo producían aplicando combustión latente con sus desechos agrícolas (por ejemplo, cubriendo vegetación ardiente con tierra) en fosas o trincheras. Siguiendo observaciones y experimentos, un equipo de investigadores en la Guayana francesa planteó la hipótesis de que la lombriz de tierra amazónica *Pontoscolex corethrurus* podría ser la agente principal en el proceso de pulverización e incorporación de los restos de carbón a la capa mineral del suelo. ((Climate, 2023)

6.7.8. Biochar y Su Contribución A La Nutrición, Crecimiento y Defensa De Las Plantas

El biochar es el carbón negro rico en C usado para mejorar la fertilidad de los suelos. Este producto se propone como una de las alternativas para enfrentar el cambio climático, debido a su capacidad para secuestrar carbono atmosférico. Sus características físico-químicas están influenciadas por el tipo de biomasa y las condiciones en las que se desarrolla la pirólisis. Se demostró que este material puede poseer altos contenidos de N, P, K, Mg, Mn, Na, Ca, Cu, Zn, Co, Si, Mo, Cr, Ni y otros elementos trazas. La aplicación de biochar en el suelo puede inducir cambios morfofisiológicos y metabólicos en las plantas y mejorar las interacciones que establecen con los microorganismos del suelo, entre los que se incluyen los hongos micorrícicos arbusculares, las bacterias promotoras de crecimiento vegetal y los hongos antagonistas como *Trichoderma*. El biochar puede ser enriquecido o combinado con compost, fertilizantes y microorganismos benéficos, lo que promueve el crecimiento y la defensa de las plantas contra diversas plagas. El efecto interactivo de biochar con las lombrices de tierra es de tipo suelo-específica, debido a que depende de la calidad del suelo en el que se pongan en contacto. Además, el biochar es capaz de suprimir diversas plagas del suelo e inducir resistencia sistémica contra patógenos foliares en algunas plantas. ((al, 2021)

6.8. Tomate Variedad del tomate INTA JL5

Manejo de la variedad JL5 se adapta bien en los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Managua, Masaya y Estelí. Se puede utilizar de 3 a 4 onzas de semilla para una manzana. La distancia de siembra es de 40 a 50 centímetros entre planta y 120 a 150 centímetros entre surcos, para una densidad poblacional de 12,600 a 14,600 plantas en una manzana.

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA, ha adaptado a las condiciones de Nicaragua durante los años 2011 a 2013 una variedad de tomate proveniente del Centro de Desarrollo de Vegetales de Matagalpa (San Isidro), que hemos denominado INTA-JL5. Esta variedad se caracteriza por la dureza de su fruta y por la alta vida de anaquel. Posee alta tolerancia a virosis transmitida por la mosca blanca.

6.8.1. Características de la variedad

- Días a floración: 24 días después del trasplante
- Inicio de cosecha: 67-70 días después del trasplante
- Forma predominante del fruto: Ovalado
- Promedio del fruto: 99 a 105 gramos
- Rendimiento por manzana: 1,800 cajillas por manzana

6.8.2. ¿Cuántas variedades de tomate existen en Nicaragua?

Primeramente, en el mundo existen más de 10.000 variedades de tomate. Son una fruta/vegetal fácil de cultivar, por lo que hacen que sea un alimento muy utilizado en la siembra. En Nicaragua se cultivan tomates de mesa e industrial, siendo mayor el consumo de este último como tomate fresco porque se conserva mayor tiempo. Las variedades más sembradas son: Tropi, Río Grande, VF – 134 1-2, Floradada, Manaluci, UC-82, MTT-13, Charm, Gem Pride, Gemstar.

Manuel Morales investigador del INTA, explicó que esta variedad tiene características muy buenas porque es un tomate pequeño, muy rojo, dulce carga muy bien. Cada planta debe dar 20 libras en su proceso y digamos lo mejor que nosotros tenemos es que como es variedad no es híbrido, entonces la variedad es más rústica y entonces se acondiciona más a los niveles del cambio climático. (PAIPSAN, 2017)

6.8.3. Producción

Los tomates crecen mejor en suelos que tienen buena infiltración de agua y aire. Antes de plantar tomates, debe hacer un análisis del suelo. De acuerdo con las recomendaciones de un análisis de suelo, la cal debe aplicarse para alcanzar un pH de 5,8 a 6,6. Los kits de análisis de suelo se pueden obtener en la oficina de extensión local.

Durante la estación de crecimiento, los tomates necesitan humedad constante. Sin embargo, el exceso de agua en cualquier momento durante el crecimiento, especialmente después de que la fruta se haya establecido, puede aumentar la probabilidad de que la fruta se agriete (tanto radial como concéntrica), lo que puede tener un impacto negativo en el rendimiento y la calidad de la fruta. Consulte la producción de frutas y vegetales y el riego por goteo para la producción vegetal para obtener más información sobre el riego de cultivos.

Los tomates son sensibles a temperaturas nocturnas más bajas (por debajo de 55°F). Para la temporada de crecimiento, la temperatura ideal es entre 60 y 90 °F; temperaturas más altas o más bajas que 55 °F retrasarán el crecimiento, la polinización y la maduración de la cosecha. (D. Orzolek, 2015)

6.8.4. Beneficios

El uso de biochar en el cultivo de tomate tiene muchas ventajas, incluida una mejora en el rendimiento y la calidad del cultivo. Una de las principales ventajas es la mejora de la estructura del suelo porque el biochar aumenta la porosidad y la retención de agua, lo que crea un ambiente más favorable para el crecimiento de las raíces. Esto es particularmente útil en suelos arenosos o degradados donde la capacidad de retención de agua es limitada. Además, el biochar incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos y promoviendo un crecimiento más saludable de las plantas de tomate.

La mejora en la actividad microbiana del suelo es otro beneficio significativo. El biochar proporciona un hábitat ideal para microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos micorrízicos, que son esenciales para la descomposición de materia orgánica y la

cicatrización de nutrientes. La mejora de la actividad microbiana hace que el suelo sea más fértil y las plantas de tomate sean más resistentes a enfermedades y plagas.

El biochar también puede aliviar el estrés hídrico y las condiciones climáticas adversas. Incluso durante períodos de sequía o calor extremo, su capacidad para retener agua y liberar nutrientes de manera gradual garantiza que las plantas de tomate tengan un suministro constante de recursos. Esto aumenta la producción del cultivo y garantiza una mayor estabilidad y calidad de los frutos. (S., 2021)

7. Hipótesis

Hipótesis de investigación

HO: No existe diferencia significativa en la germinación, sobrevivencia y crecimiento de las plantas de tomate JL5, sometidas a diferentes porcentajes de biochar

HI: Existen diferencia significativa en la germinación, sobrevivencias y crecimiento de las plantas de tomate JL5, sometidas a diferentes porcentajes de biochar.

Unidad de observación:

Diferentes porcentajes de biochar tienen un efecto significativo en la germinación y crecimiento de las plantas de tomate JL5 y existe un porcentaje óptimo que maximiza estos efectos.

Variable dependiente

Tasa de Germinación

Sobrevivencia de las plántulas

Crecimiento de las plantas

Variable independiente.

Porcentaje de Biochar en el sustrato

8. Operacionalización de variables

Objetivo General	Objetivo Especifico	Variable	Definición	Subvariable	Indicador	Técnicas	Instrumentos	Fuentes
Evaluar el efecto de los diferentes porcentajes de biochar en la germinación y crecimiento de las plántulas de tomate JL5 como una opción de sustrato	Evaluar el efecto de diferentes dosis de biochar la germinación de semilla de tomate.	Germinación	La germinación del tomate va a responder de acuerdo a los diferentes tratamientos suministrados	Numero de semillas germinadas	% de germinación	Observación directa	Hoja o ficha	Plántulas
	Determinar la sobrevivencia de las plántulas de tomate bajo	Plántulas vivas Plántulas muertas	Tendremos diferentes porcentajes de	Numero de plántulas vivas por el tratamiento	% Sobrevivencia	Observación Observación	Hoja o ficha	Cultivo

	el uso de diferentes porcentajes de biochar		sobrevivencia en las plántulas de tomate a diferentes dosis utilizadas de biochar	Numero de plántulas muertas por el tratamiento				
	Evaluar el establecimiento y crecimiento de plántulas de tomate aplicando tres dosis de biochar como sustrato	Crecimiento y desarrollo	Especificar si el biochar es relevantes en el crecimiento de las plantas y ver la dosis a la cual se adaptó mejor	Altura cm Diámetro a la altura del tallo mm Peso seco tallo g Peso seco raíz g	Centímetros Milímetros Gramos	Comparación de peso Comparación de mediciones	Cinta Balanza analítica Pie de rey Regla Tijera Horno de secado	Cultivo

9. Diseño metodológico

9.1. Tipo de investigación

Cuantitativo

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, lo cual implica la recopilación de datos numéricos, a partir de la aplicación de la dosis de biochar. Es corte transversal, los datos se recopilan en un momento, sin seguimiento a tiempo largo

9.2. Área de estudio.

Está ubicada en el Municipio de Estelí a 1.5 km al suroeste de la Ciudad, a una elevación sobre el nivel del mar de 865 metros, latitud 13° 03' 40" N y longitud 86° 21' 58" W.

En el municipio de Estelí se registran precipitaciones promedio anuales de 900 milímetros, temperaturas anuales variables que oscilan entre los 33°C y la temperatura media anual de 21.5 °C. Por ubicarse en el Trópico Seco, se presentan dos estaciones bien marcadas (invierno y verano) con una duración de seis meses cada una. Las mayores temperaturas se registran en el mes de marzo y las menores en diciembre. La humedad relativa promedio anual es de 70%, el grado de humedad aumenta hacia el noreste y sur de la ciudad. (MARENA, 2010).

Área Geográfica.

Ciencias agropecuarias,

Producción agrícola

Las evoluciones de la germinación de las plántulas se hicieron en el mes de octubre del 2024, En la Estación Experimental El Limón, adscrita de la UNAN-Managua/ CUR-Estelí

9.3. Población y muestra

Población:

La población está conformada por 800 plántulas de tomate donde llevamos cabo con la aplicación de sustrato de biochar con diferentes porcentajes, los cuales son 45% 35% 25% y 0%.

Muestra:

En la finca El Limón, llevamos a cabo una valoración exclusiva sobre la población de 800 plántulas de tomate, enfocándonos en una muestra representativa de 200 plántulas para evaluar su rendimiento y características del cultivo. Este proceso nos permite datos más relevantes sin necesidad de manejar la totalidad de la población facilitando así la gestión y el análisis de los resultados.

Para seleccionar las 200 plántulas a evaluar, utilizamos un método de muestreo aleatorio que garantiza la representación de la muestra con relación a la población total. Este enfoque minimiza el sesgo y asegura que las conclusiones obtenidas pueden extrapolarse al conjunto de las 800 plántulas. Durante el proceso de valoración, se monitorea variables claves con la tasa de germinación y el crecimiento en altura

Los datos recopilados de las 200 plántulas seleccionadas se analizan estadísticamente para identificar patrones y tendencias significativas. Este análisis nos permite evaluar la efectividad de las prácticas de cultivo implementadas y realizar ajustes en las técnicas de manejo agronómica. Además, la valoración detallada de esta muestra proporciona información valiosa para mejorar la productividad y la calidad del cultivo del tomate en la finca El Limón, contribuyendo a decisiones más informadas y efectivas para futuras temporadas agrícolas

9.4.Métodos técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Establecimiento y manejo del experimento

La siembra se realizó el 13 de octubre del año 2024, en bandolas de poliestireno de 126 alveolo, las cuales se sumergieron en hipoclorito de sodio al 3% durante 16 h. Los sustratos se prepararon previamente a la siembra. Una vez preparadas las bandolas y los sustratos, se procedió a la siembra, para ello se utilizaron 50 alveolo de cada bandola, las cuales se llenaron de forma manual con los sustratos correspondientes. Se sembró una semilla de tomate por cavidad y se depositarán a 2 mm de profundidad.

Cuando las plántulas emerjan se aplicó un riego diario de forma manual con agua de lluvia, hasta que las plántulas presenten las primeras hojas verdaderas.

Variables para evaluar

Las variables evaluadas serán: días a emergencia. Días que tardaron en emerger al menos 50% de las plántulas. Días a la aparición de las dos primeras hojas verdaderas. Tiempo que tardaron en aparecer las primeras hojas verdaderas.

La sobrevivencia de las plántulas, La sobrevivencia fue determinada en base a la relación entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontrada al momento de la medición. Para la evaluación de la especie; tomate (*Lycopersicon esculentum*). Se utilizará las categorías propuestas por Centeno, 1993 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.

Categoría	Porcentaje de sobrevivencia
Muy bueno	80- 100%
Bueno	60- 79%
Regular	40 – 59%
Malo	< 40%

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se utilizó la siguiente ecuación (Linares, 2005).

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{pv}{pv+(pm)} * 100$$

Dónde: Pv= plantas vivas, Pm= plantas muertas

Relación parte aérea y parte radical (RAR)

El RAR es el cociente entre el peso seco aéreo (g)/ el peso seco radical (g).

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero (Rodríguez, 2008); el cociente de esta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985, citado por Sáenz, R. et al., 2010).

Índices de Calidad

Las plantas utilizadas en actividades de agrícola no solo deben poseer un origen genético acorde al objetivo de la plantación y las condiciones del sitio en que serán establecidas, también deben cumplir con condiciones mínimas de calidad, entendida ésta como el conjunto de atributos que permitan garantizar su capacidad para establecerse y crecer exitosamente en terreno.

Exceptuando las características genéticas, que quedan determinadas al momento de seleccionar la semilla, la calidad de las plantas está determinada en gran medida por su cultivo en vivero. Efectivamente, los atributos morfológicos, fisiológicos y sanitarios que condicionan la calidad de las plantas pueden ser manipulados durante la viverización, de modo que esta fase resulta fundamental para obtener plantas que exhiban un satisfactorio desempeño en terreno.

Los atributos morfológicos, pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial en terreno de muchas especies, señalándose que mientras más grande es la planta, mayor es su potencialidad de supervivencia (Aguiar y Mello, 1974). Por esta razón se consideran parámetros adecuados para evaluar la calidad de las plantas. A continuación, se señalan algunos atributos morfológicos e Índices de calidad, medibles al final de la temporada de producción en vivero de plantas nativas, que permitirán caracterizar en forma cuantitativa la calidad de la planta.

Diámetro al cuello de raíz (DAC)

El diámetro a la altura de cuello es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros (mm). Arnold (1996) establece como indicadores de calidad de una planta la altura, el diámetro de cuello y el peso fresco de la planta, señalando que mientras mayor es el diámetro y el peso fresco de una planta, mejor será la calidad de ella.

Altura

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm).

Razón altura diámetro (A/D)

Este índice refleja la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis. Es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequías y heladas (Rodríguez, 2008).

Razón tallo/raíz (T/R) Índice de Robustez

La Razón Tallo/Raíz, o Índice Tallo/Raíz (ITR), se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso de la raíz. Determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. En general se exige que, lavada la planta y seca, el peso de la parte aérea no llegue a doblar al de la raíz (Montoya y Cámara, 1996). Generalmente, mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos.

$$IR = \frac{\text{Peso seco Radical cm}}{\text{Peso seco Aéreo cm}}$$

Índice de Calidad de Dickson (IC)

Ya que ninguna de las características anteriores podrían por sí solas describir la calidad de planta, Dickson et al., (1960), citados por Rodríguez, (2008), proponen una fórmula basada en otros índices que permiten obtener un índice de calidad específico para cada situación, que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir su comportamiento en campo, siendo que mientras mayor sea el índice obtenido por una planta o muestra de ellas, se le considera de mayor calidad, con respecto a otras.

El Índice de calidad de Dickson se calcula a partir de la siguiente fórmula:

ICD=Escriba aquí la ecuación.

9.5. Etapas De La Investigación.

En la finca El Limón, se implementó un experimento para evaluar el crecimiento de plántulas de tomate utilizando un diseño de bloques completamente al azar. En la primera etapa, se preparará el terreno dividiéndolo en varios bloques homogéneos para reducir la variabilidad ambiental. Dentro de cada bloque, se asignaron aleatoriamente las plántulas de tomate a diferentes tratamientos, asegurando así una distribución equitativa y minimizando el sesgo.

Durante la segunda etapa, se llevó a cabo la siembra y el monitoreo inicial de las plántulas. En esta fase, se registraron datos como la germinación, la altura de las plántulas. Estas mediciones se realizaron de manera periódica para garantizar un seguimiento detallado del desarrollo temprano de las plantas. Además, se aplicó los tratamientos específicos a cada grupo de plántulas según el diseño experimental.

En la etapa final, se evaluó el crecimiento de las plántulas de tomate. Se midieron variables como la altura, diámetro al cuello de la raíz, peso fresco aéreo, peso fresco radical, peso seco aéreo y peso seco radical. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Este seguimiento riguroso permitió identificar las prácticas de cultivo más efectivas para mejorar el rendimiento de los tomates

9.6. Diseño Experimental

El diseño de tratamientos fue unifactorial y el diseño experimental uno completamente al azar, con 16 repeticiones (bandolas de 126 alveolos), de 50 unidades experimentales cada repetición. Los factores en estudio fueron los cuatro sustratos a base de diferentes porcentajes de biochar. Para ellos se utilizaron bandolas de poliestireno de 126 cavidades o alveolos. Los tratamientos fueron: 25% de biochar, 35% de biochar y 45% de biochar, cubriendo el porcentaje faltante estaría conformado por tierra. La unidad experimental está constituida por una semilla en cada alveolo y utilizando cuatro bandolas por tratamiento.

9.7. Análisis estadístico

Como la base de datos que organizaremos en una hoja de cálculo EXCEL, se procesará la información mediante el uso del programa estadístico INFOSTAT versión 2008. El primer paso del procedimiento consistió en aplicar estadística descriptiva para obtener el valor del resultado de las variables estudiadas.

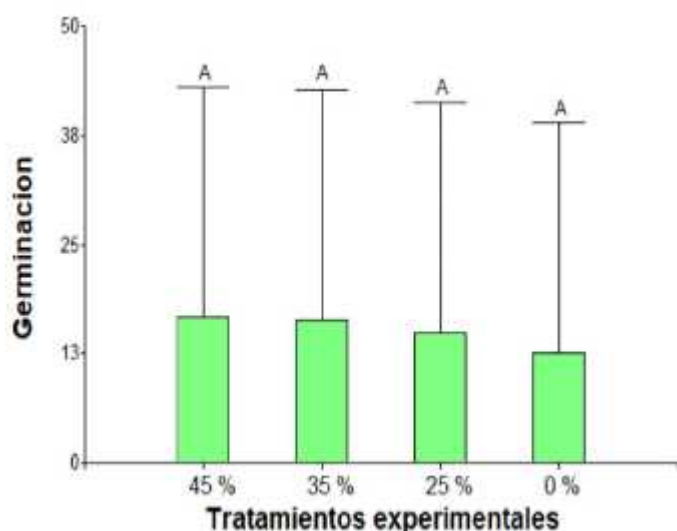
Posteriormente, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas que permitieron decir cuál de las especies ejercerá mayor significancia en relación a las variables de interés evaluadas.

10. Análisis y discusión de los resultados

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos experimentales (figura 1). En este sentido el (45 %biochar) obtuvo el mayor valor promedio de germinación ($16.67 \pm .26$), seguido de (35% = 16.33 ± 9.26) (25% = 14.92 ± 9.26) y por último el control (0 = 15.58 ± 9.26)

Los resultados obtenidos por (Tomas P. c., 2023) revelan la afectividad del biochar como complemento de la germinación y desarrollo de las plántulas de *Pinus pinaster*, así como la optimización del PH de suelo al ser aplicada. Donde (Saavedra Loyola Rosario Isabel, 2021)) los cotiledones surgen de la semilla de hurango (prosopis) se registró ente el 5to y el 7mo día de la plantación extendiéndose el procedimiento hasta 14 días, bajo tratamientos de 10% biochar se obtuvieron los mayores porcentajes de emergencia, el tratamiento sin biochar mostro germinación menor del 50%, y con los otros tratamientos se obtuvieron los menores porcentajes de semillas germinadas.

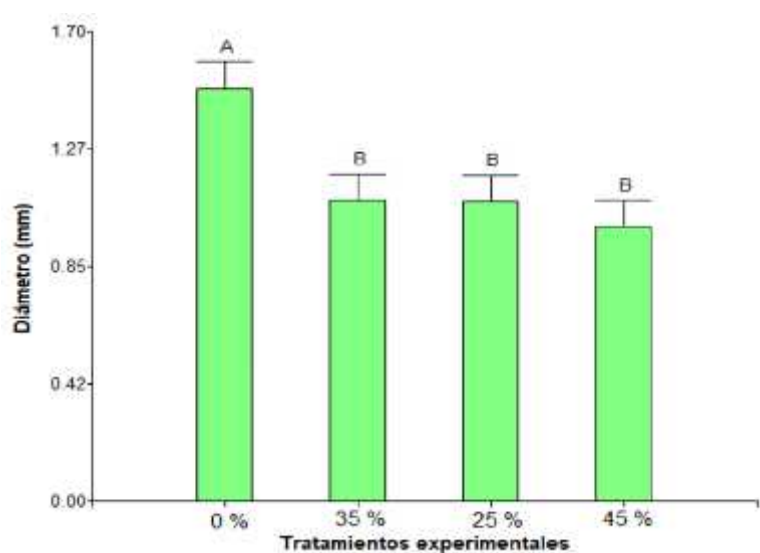
Figura 1: Número de plantas germinadas



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales estudiados (Figura 2). En este sentido, el control (0% biochar) obtuvo el mayor valor promedio de diámetro (1.49 ± 0.04) seguido de las diferentes proporciones de biochar (35 % = 1.09 ± 0.04), (25 % = 1.08 ± 0.04) y por último (45 % = 0.99 ± 0.04).

Este resultado difiere a lo reportado (no.1, 2022) se ha evidenciado que los efectos de biochar y biofertilizantes en la mejora de la fertilidad del suelo, la nutrición y crecimientos de las plántulas, se atribuyen principalmente a la porosidad del biochar que facilita el alojamiento de microorganismos, los cuales encuentran un entorno favorable para reproducirse. De esta forma el biochar, promueve el crecimiento vegetal mediante la generación de sustancias que fomentan el crecimiento vegetal, incluso en suelos problemáticos.

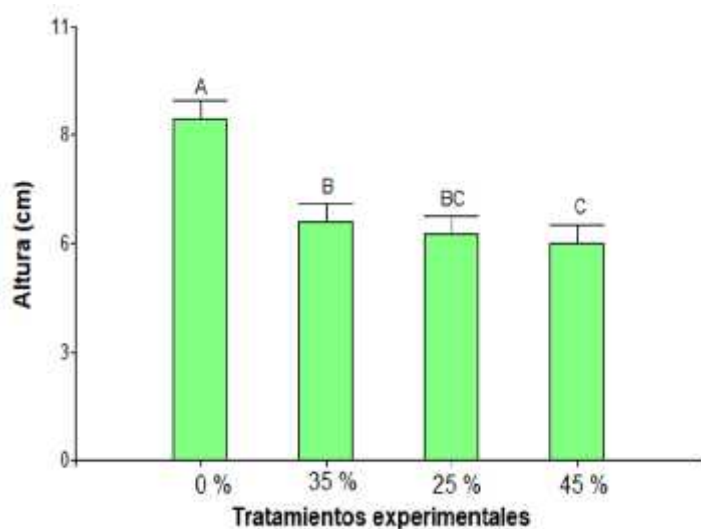
Figura 2. Efecto de las proporciones de biochar.



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales estudiados (Figura 3). De esta manera, el control (0% de biochar) obtuvo mayor promedio de altura (8.67 ± 0.17) seguido de las diferentes proporciones de biochar (35% = 6.05 ± 0.17) (25% = 5.75 ± 0.17) y por ultimo (45% = 5.51 ± 0.17).

El biochar tiene mejor efecto en el sistema radicular comparado a las mediciones realizadas en el sistema aéreo, donde (Callejo, 2023) se refiere a que los resultado obtenidos de las variables seleccionadas para la realización del experimento (longitud área- radicular, biomasa y diámetro) fueron significativamente inferiores a los tratamientos que les suministro biochar. (Vale, 2023) hace constar que las longitudes de las plantas se incrementan al añadir biochar en los niveles de gravedad de las enfermedades.

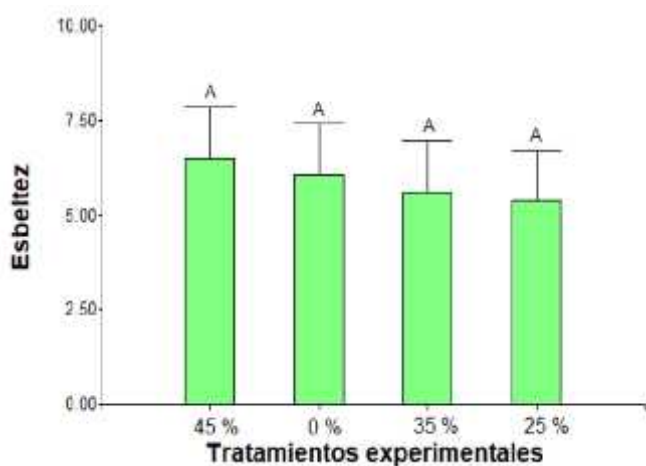
Figura 3. Alturas de plántulas a las dosificaciones de biochar



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales estudiados (Figura 4). En este sentido el (45% biochar) obtuvo el mayor promedio de esbeltez (6.50 ± 0.48) seguido del (0% biochar 6.07 ± 0.48) continuando diferentes dosificaciones (35% = 5.59 ± 0.48) y por ultimo (25% = 5.36 ± 0.48)

El índice de esbeltez es el que nos ayuda a ver la calidad de las plantas y su relación entre la resistencia y la capacidad fotosintética, teniendo diferencia significativa, donde el 45% de biochar nos dio como resultado (6.50 ± 0.48), y se reducen de la siguiente forma (0% biochar, 35% biochar, 25% biochar). Conforme a los resultados (Tomás C. P., 2023) sobre el Índice de esbeltez (figura 12) indican que los valores más elevados corresponden al tratamiento Control y se reducen en la siguiente serie de tratamientos: BAG, BBF, BAF y BBG. Aunque existe diferencias en los tratamientos por ello no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

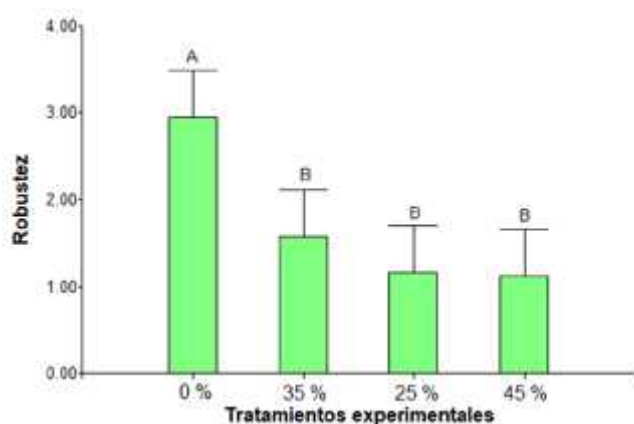
Figura 4. Grafica de índice de esbeltez



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales estudiados (Figura 5). En este sentido, el control (0% biochar) obtuvo mayor valor de promedio de Robustez (2.95 ± 0.20) seguido de los diferentes porcentajes de biochar (35% = 1.57 ± 0.20) (25% = 1.16 ± 0.20) y por ultimo (45% = 1.12 ± 0.20)

El índice de calidad de Robustez nos permite evaluar la resistencia, capacidad de adaptarse y desarrollarse en condiciones climáticas fuertes, en los resultados que obtuvimos se encontró una mayor respuesta en el control (0% biochar) figura 5 en comparación con los demás tratamientos, seguido de los diferentes porcentajes de biochar (35%, 25%, 45%) De acuerdo al cuadro 17 y figura (Sandro, 2018) presenta los valores adquiridos a partir de la información recopilada de la relación entre altura y diámetro o índice robustez por tratamiento durante de las seis últimas semanas de tratamientos, además se nota que los valores del índice de robustez son similar entre los tratamientos en las cuatro semana de evaluaciones.

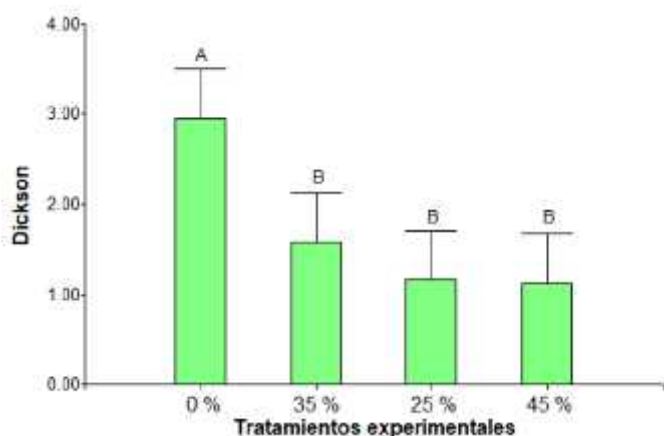
Figura 5. Grafica de robustez



No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales estudiados (Figura 6). El control (0% biochar) fue el que presentó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación a las diferentes dosificaciones de biochar. En este sentido, el control (0% biochar) obtuvo un mayor promedio (2.96 ± 0.20) seguido de las diferentes dosificaciones de biochar (35% = 1.58 ± 0.20) (25% = 1.16 ± 0.20) y por último (45% = 1.13 ± 0.20)

El índice de calidad de Dickson es el que nos permite identificar las diferencias morfológicas entre plantas y nos ayuda a predecir su comportamiento después del trasplante, permite seleccionar de forma temprana las que no son idóneas, teniendo como resultado que el de 0% de biochar obtuvo el mayor promedio el cual es (2.96 ± 0.20) seguido de las diferentes dosificaciones de biochar (35%, 25%, 45%). Según (Tomas C. P., 2023) El último índice estimado fue el Índice de Calidad de Dickson, que, tal como se muestra, es el parámetro morfológico más adecuado para determinar la calidad de las plantas. Los resultados obtenidos son bastante bajos para todos los tratamientos, donde Control son los más elevados, seguidos por el tratamiento BBF. Ellos Los valores de los tratamientos BAF y BAG son similares, aunque estos son un poco inferiores a los de los tratamientos BAF y BAG. los participantes del tratamiento BBF. Finalmente, el tratamiento BBG logró los valores más elevados.

Figura 6. Grafica de dickson



11. Conclusiones

El tratamiento control (0% biochar), dio mejor resultado en cuanto a la parte de biomasa aérea obteniendo (1.49 ± 0.04) con respecto a los otros tratamientos, haciendo saber que el biochar no tiene efecto en cuanto al diámetro al cuello de la raíz. El biochar no tiene efecto significativo en el desarrollo de la biomasa aérea de las plántulas de tomate JL5, pero si influye en el sistema de radicular.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de biochar como enmienda en el sustrato influye significativamente en la germinación de las semillas de tomate variedad JL5, evidenciando una mejora en comparación con el testigo.

Los resultados obtenidos con la fórmula de esbeltez (D/A) indican que el tratamiento 45% de biochar demostró ser el porcentaje óptimo para estimular el desarrollo de la parte aérea de las plántulas de tomate de variedad JL5 superando significativamente al testigo y a los demás tratamientos evaluados.

El análisis del peso seco total y radical de las plántulas de tomate reveló que el tratamiento testigo mostró la mayor robustez en comparación con los tratamientos con biochar. Esto sugiere que las condiciones de sustrato sin biochar favorecieron a una mayor acumulación de biomasa seca particularmente en las raíces.

El análisis del índice de calidad de Dickson mostró que las plantas cultivadas con el 0% de biochar presentaron diferencias significativas en comparación con los tratamientos de 25%, 35%, 45% de biochar. Este resultado indica que el biochar en proporciones crecientes, influyen negativamente en algunos parámetros de calidad como en la parte aérea.

12. Recomendaciones

La investigación realizada resalta la importancia del biochar como enmienda para mejorar la calidad del suelo y la germinación de las semillas. Se recomienda a los agricultores la aplicación de biocarbon según los requerimientos del suelo, favoreciendo la retención de humedad, mejora de propiedades estructurales del suelo y de esta manera las raíces de los cultivos tengan una libre distribución permitiéndole a la planta tener una mayor absorción de nutrientes y aportando a la regulación de un PH ácido a neutro.

El biochar actúa como aportador de nutrientes esenciales como, (P) (K) (Mg) (Ca). Estos nutrientes son fundamentales para el desarrollo de las plántulas y el crecimiento vigoroso de ellas, sin embargo, su composición puede variar según la procedencia del biochar.

Se recomienda utilizar biochar con biofertilizantes para obtener un mejor balance entre la biomasa aérea y radical, puesto que en la investigación realizada no observamos resultados satisfactorios en el área foliar de las plántulas, de esta manera al suministrar nutrientes que aporten a un desarrollo aéreo vamos a obtener planta de mejor calidad, mejor altura, mejor diámetro del cuello de raíz, mayores números de hojas, por ende, plántulas con mejor calidad para trasplantar. Recomendamos, además investigadores hacer pruebas con porcentajes de biochar más altos para la obtención de posibles mejores resultados entre muestras.

13. Referencia y bibliografía

al, G. M. (diciembre de 2021).

https://www.researchgate.net/publication/356879049_Biochar_y_su_contribucion_a_la_nutricion_crecimiento_y_defensa_de_las_plantas.

https://www.researchgate.net/publication/356879049_Biochar_y_su_contribucion_a_la_nutricion_crecimiento_y_defensa_de_las_plantas:

https://www.researchgate.net/publication/356879049_Biochar_y_su_contribucion_a_la_nutricion_crecimiento_y_defensa_de_las_plantas

Benaventes Ferraces, I. (2022). *Efectos del uso de biochar sobre el cultivo y las propiedades del suelo en ecosistemas agrícolas semiáridos*. Tesis doctoral. Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from https://oa.upm.es/73596/1/IRIA_BENAVENTE_FERRACES.pdf

Benavidez, S. (2003 abril). *Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero*.

Berry Ottaway, P. (03 August 2001). *El origen de los tomates*.

Callejo, T. P. (2023). *Análisis de la eficacia de la aplicación de biochar en el crecimiento de la planta forestal*.

Calvo, I. I. (Noviembre, 2009). *Cultivo de tomate*.

Características del tomate JL5. (25 de diciembre de 2020).

Cartes Sánchez, G. (2013). *Degradación de suelos agrícolas y el SIRSD-S*. Ministerio de Agricultura, Chile. Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricultora201310.pdf>

Climate, T. (13 de junio de 2023). <https://climatetrade.com/es/que-es-el-biochar-y-por-que-la-gente-esta-entusiasmada-con-su-potencial/> . <https://climatetrade.com/es/que-es-el-biochar-y-por-que-la-gente-esta-entusiasmada-con-su-potencial/> : <https://climatetrade.com/es/que-es-el-biochar-y-por-que-la-gente-esta-entusiasmada-con-su-potencial/>

D. Orzolek, M. (2015). *Producción de Tomates*.

Fornaris, G. J. (Junio 17 del 2015). *Características de la planta de tomate*.

- Gallo, M. (junio de 2018). *Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate*.
- González Marquetti, I., Rodríguez, M., Delgado Oramas, B., y Schmidt, H. (2020). Biochar y su contribución a la nutrición,. (R. d. Vegetal, Ed.) 35(2), 18. Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from file:///C:/Users/JosuePC/Downloads/Biocharysucontribucionalanutricion.pdf
- Inc, C. I. (2008). *Cultivo de tomate*.
- Inc, C. I. (2008). *Cultivo de verenjena (china, hindu y thai)*.
- Inc., C. I. (Octubre del 2008). *Cultivo de tomate* .
- International, C. (2008). *Programa de diversificacion horticola proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agricola*.
- JOSÉ, M. V. (2021). *EFFECTO DE BIOCHAR Y FERTILIZANTES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DESARROLLO RADICAL Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ARROZ*.
- Leon Baez, J. (2016). *Aislamiento y seleccion de hongos filamentosos para el control biologico de Rhizoctonia solani en plantas de jitomate*.
- no.1, C. 2. (2022). CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLANTAS DE CAFÉ ARÁBICA CON LA APLICACIÓN DE BIOCHAR Y BIOFERTILIZANTES EN VIVERO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 16.
- Olmo Prieto, M. (2016). *Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal*. Tesis doctoral. Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/13381/2016000001398.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortega-Martinez, L. D., Sanchez- Olarte, J., Diaz-Ruiz, R., y Ocampo-Mendoza, J. (2010). *EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE*.
- Ortega-Martínez, L. D., Sanchez-Olarte, J., Díaz -Ruíz , R., y Ocampo-Mendoza, J. (Septiembre a diciembre de 2010). EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DETOMATE (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Ra Ximhai*, 6(3), 9.

Retrieved viernes 14 de Junio de 2024, from
<https://www.redalyc.org/pdf/461/46116015005.pdf>

PAIPSAN, B. I. (2017). Variedad del tomate INTA JL5. *Variedad del tomate INTA JL5*, 4.

PAIPSQAN, B. I. (2017). Variedad de tomate INTA JL5. *Variedad de tomate INTA JL5*, 4.

Pérez Vázquez, A., y Landero Sánchez, C. (2009). *Agricultura y deterioro ambiental*. Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from file:///C:/Users/JosuePC/Downloads/19.pdf

Prieto Olmo, M. (11 de enero de 2016). <https://helvia.uco.es/handle/10396/13381> .
<https://helvia.uco.es/handle/10396/13381>:
<https://helvia.uco.es/handle/10396/13381>

Raudez Centeno, D., y Rojas Meza, J. E. (2023). *Manejo agronomico en tomate y chiltoma realizado por los socios de la cooperativa de productores hortalizeros COPRAHOR, en Sebaco- Matagalpa Nicaragua.*

Raudez Centeno, D., y Rojas Meza, J. E. (2023). *Manejo agronomico en tomate y chiltoma realizado por los socios de la cooperativa de productos hortaliceros COPRAHOR, en Sebaco-Matagalpa-Nicaragua .*

Rolando Barrera. (2019). *Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate.*

Rosario, L. S. (2021). *Biochar de biomasa residual por pirolisis Lenta para la germinacion y crecimiento de la semilla del Prosopis Limensis en el distrito de cieneguilla.*

Ruiz, F. (2019). *Efecto del uso combinado de biochar y fertilizantes*. Tesis Monografica .
Retrieved martes 14 de mayo de 2024, from
https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/45452/TFM_ESTEBAN_RUIZ_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

S., L. L. (2021). *Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate.*

Saavedra Loyola Rosario Isabel, O. M. (2021). *Biochar de biomasqa residual por pirolisis lenta para la germinacio y crecimiento de las semillas del Prosopis Limensis en el distrito de Cieneguilla.*

- Saavedra Loyola, R. I. (2021). *Biochar de biomasa residual por pirolisis lenta para la germinacion y crecimiento de la semilla del prosopis limensis en distrito de Cieneguilla.*
- Sandro, R. d. (2018). *Biofertilizacion con microorganismos eficientes y mezcla de fosforo, boro, cobre y zinc en plantones Shaina (Colubrina Perkins).*
- Tecnológica, U. (25 Junio 2018). *Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate.*
- Tomas, C. P. (2023). *ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN EL CRECIMIENTO DE PLANTA FORESTAL.*
- Tomás, C. P. (2023). *ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN EL CRECIMIENTO DE PLANTA FORESTAL.*
- Tomas, P. c. (2023). *Analisis de la eficacia de la aplicacion de biohar en el crecimiento de la planta florestal .*
- Tomás, P. C. (2023). *Análisis de la eficacia de la aplicación de biochar en el crecimienton de planta forestal.*
- Vale, C. G. (2023). *Estudio sobre la mejora de las condicones edaficas mediante la adicion del biochar, en los suelos afectados por difrentes niveles de severidad del fuego.*
- Valle, C. G. (2023). *Estuidos sobre la mejora de las condiones edaficas mediante la medicion del biochar,en suelos afectados por difrentes niveles de seberidad de fuego.*

14. Anexos



Ilustración 1 Germinación



Ilustración 2 Preparación en bandolas



Ilustración 3 Riego uniforme para crecimiento óptimo



Ilustración 4 Preparación de Biochar

Fecha	Dia	45% Biochar	35% Biochar	25% Biochar	0 % Biochar
13 Octubre	1	0	0	0	0
14 Octubre	2	0	0	0	0
15 Octubre	3	3	0	0	0
16 Octubre	4	28	29	11	7
17 Octubre	5	121	115	121	84
18 Octubre	6	18	29	11	7
19 octubre	7	26	9	30	43
20 Octubre	8	1	6	4	3
21 Octubre	9	1	2	1	3
22 Octubre	10	0	0	0	2
23 Octubre	11	2	6	1	2
24 Octubre	12	0	0	0	0

Hoja de campo para la recolección de datos de germinación de
tomate variedad JL5



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



