



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE EL SUELO, CRECIMIENTO Y
PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.) EN
MACETAS**

AUTORES:

**ERICK JOEL MORENO BRAVO
OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS**

TUTOR:

ING. ANGEL FROWEN CEDEÑO SACON, MG.

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **ERICK JOEL MORENO BRAVO**, con cédula de ciudadanía 131623771-6, y **OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS**, con cédula de ciudadanía 131581106-5, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE EL SUELO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.) EN MACETAS** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



ERICK JOEL MORENO BRAVO

131623771-6

OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS

1315811065-5

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **ERICK JOEL MORENO BRAVO**, con cédula de ciudadanía 131623771-6 y **OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS**, con cédula de ciudadanía 131581106-5, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE EL SUELO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.) EN MACETAS**, cuyo contenido, idea y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



ERICK JOEL MORENO BRAVO

CC: 131623771-6

OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS

CC: 131581106-5

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. ANGEL FROWEN CEDEÑO SACON, M. Sc, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE EL SUELO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.) EN MACETAS**, que ha sido desarrollado POR **ERICK JOEL MORENO BRAVO** y **OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. ANGEL FROWEN CEDEÑO SACON, Mg.Sc

CC: 1310353121

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE EL SUELO, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.) EN MACETAS**, que ha sido desarrollado por **ERICK JOEL MORENO BRAVO** y **OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GONZALO BOLÍVAR
CONSTANTE TUBAY, Mg.Sc**

**CC: 130457998-8
PRESIDENTE**

**ING. FREDDY WILBERTO
MESÍAS GALLO, Mg.Sc**

CC: 120202849-2

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. LEONARDO XAVIER LEÓN
CASTRO, Mg.Sc**

CC: 091867676-8

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A Dios por habernos permitido alcanzar esta meta, darnos fuerzas y conocimientos en este proceso de obtener uno de nuestros anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su trabajo, amor y apoyo tanto económico como emocional en todos estos años de estudio, gracias a ustedes hemos logrado esta meta de llegar hasta aquí. Gracias por darnos la vida y enseñarnos a vivirla.

A nuestros docentes en general y en especial a la Ing. Geoconda López por su ayuda, paciencia, dedicación y conocimientos brindados que nos a ofreció durante la ejecución de este proyecto.

Y de igual manera agradecemos a nuestros familiares, amigos y docentes que de una u otra manera nos han aportado su granito de arena en nuestra formación académica.

ERICK JOEL MORENO BRAVO OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS

DEDICATORIA

Este trabajo de integración curricular se lo dedico principalmente a Dios por nunca abandonarme y darme fuerza para nunca rendirme en el transcurso de mi trayecto estudiantil.

A mis queridos padres Antonio y Fátima, que siempre estuvieron presentes ayudándome con palabras de aliento, doy gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que ha sido mantenerme en los estudios, sabiendo que son el motor principal por el que yo esté aquí terminando mi carrera profesional, sé que no fue fácil llegar, pero con perseverancia, constancia y dedicación se puede llegar lejos.

Y finalmente a Johanna por ser una persona que siempre estuvo presente cuando la necesite y por ser un buen ejemplo a seguir.

ERICK JOEL MORENO BRAVO

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y conocimientos necesarios para seguir adelante es este trayecto estudiantil.

A mis amados padres Benedicto y Anita, por ser mi apoyo incondicional en todo momento y confiar en mí, en especial a mi madre que me ha dado en cada momento sus sabios consejos y palabras de aliento para que siga adelante en mis estudios.

A mi hermano Fernando, por sus palabras de aliento durante toda mi carrera profesional.

OSCAR EDUARDO VALDIVIESO SALAS

CONTENIDO GENERAL

Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xiv
CONTENIDO DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3

	x
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	5
2.2. ORIGEN DE LA CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	6
2.3. TAXONOMÍA DE LA CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.)	6
2.4. PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	6
2.5. CRECIMIENTO DE LA CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	8
2.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DE LA CEBOLLA PERLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	9
2.7. CULTIVOS DE CEBOLLAS EN MACETAS	10
2.8. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	10
2.8.1. INSECTOS-PLAGAS.....	10
2.8.2. EFERMEDADES	11
2.9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO	12
2.10. AGRICULTURA ORGÁNICA.....	14
2.11. DESCRPCIÓN DE BIOCHAR	14
2.12. PROCESO DE LA PIRÓLISIS	15
2.12.1. TIPOS DE PIRÓLISIS	16
2.13. EFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.....	18
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	20
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	20
3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	20
3.2. DURACIÓN DEL PROYECTO	21

3.3. MATERIAL VEGETAL	21
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	21
3.4.1. FACTOR A (TIPOS DE BIOCHAR).....	21
3.4.2. FACTOR B (CONCENTRACIONES DE BIOCHAR).....	21
3.5. TRATAMIENTOS	22
3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	22
3.6.1. ANÁLISIS DE DATOS	23
3.7. VARIABLES RESPUESTA	23
3.7.1. VARIABLES FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO	23
3.7.2. ANÁLISIS FÍSICOS	23
3.7.3. ANÁLISIS QUÍMICAS.....	23
3.8. VARIABLES AGRONÓMICAS	24
3.8.1. ALTURA DE LA PLANTA (cm)	24
3.8.2. NÚMERO DE HOJAS.....	24
3.8.3. DIÁMETRO DEL PSEUDOTALLO (mm)	24
3.8.4. LONGITUD DE RAÍZ (cm).....	24
3.8.5. PESO SECO DE PSEUDOTALLO, BULBO Y RAÍZ (g)	24
3.8.6. DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL BULBO DE LA CEBOLLA (mm).....	24
3.8.7. PESO DEL BULBO (g)	25
3.8.8. CONTENIDO DE MATERIA SECA.....	25

3.9.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	25
3.9.1.	ELABORACIÓN DEL BIOCHAR.....	25
3.9.2.	SIEMBRA	25
3.9.3.	CONTROL DE MALEZA.....	26
3.9.4.	RIEGO.....	26
3.9.5.	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	26
3.9.6.	FERTILIZACIÓN.....	26
3.9.7.	COSECHA.....	26
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	EFFECTO DEL BIOCHAR SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS CEBOLLEROS	27
4.1.1.	ANÁLISIS FÍSICO.....	27
4.1.2.	ANÁLISIS QUÍMICO.....	28
4.2.	EFFECTO DEL BIOCHAR EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA	33
4.2.1.	ALTURA DE PLANTA (90 DÍAS)	33
4.2.2.	NÚMERO DE HOJAS (90 DÍAS)	35
4.2.3.	DIÁMETRO DE PSEUDOTALLO (90 DÍAS).....	36
	Figura 5. Efecto del bichar sobre el diámetro de pseudotallo a los 90 días después de realizada a siembra.	36
4.2.4.	LONGITUD DE RAÍZ	37
4.2.5.	PESO FRESCO DE BULBO.....	38
4.2.6.	PESO SECO BULBO	39

4.2.7. PESO SECO RAÍZ	40
4.2.8. PESO SECO HOJAS.....	41
4.2.9. DIÁMETRO BULBO.....	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. CONCLUSIONES.....	44
5.2. RECOMENDACIÓN	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	56
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la cebolla perla.....	6
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos de la cebolla perla.....	9
Tabla 3. Condiciones climáticas.....	20
Tabla 4. Tratamientos.....	22
Tabla 5. Diseño y unidad experimental.....	23
Tabla 6. Clases textural de suelo del cultivo de cebolla perla.....	27
Tabla 7. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre la densidad aparente del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.....	28
Tabla 8. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre los niveles de macronutrientes del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.....	29
Tabla 9. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre los niveles de micronutrientes del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.....	31

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar aplicadas a un suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.....	32
Figura 2. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar aplicadas a un suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.....	33
Figura 3. Efecto del bichar sobre la altura de planta a los 90 días después de realizada la siembra.....	34
Figura 4. Efecto del bichar sobre el número de hojas a los 90 días después de realizada la siembra.	35
Figura 5. Efecto del bichar sobre el diámetro de pseudotallo a los 90 días después de realizada a siembra.	36

Figura 6. Efecto del bichar sobre la altura de planta a los 90 días después de realizada la siembra.	37
Figura 7. Efecto del bichar sobre el peso fresco del bulbo de la planta de cebolla.	38
Figura 8. Efecto del bichar sobre el peso seco del bulbo de la planta de cebolla.	39
Figura 9. Efecto del bichar sobre el peso seco de la raíz de la planta de cebolla..	40
Figura 10. Efecto del bichar sobre el peso seco de las hojas de la planta de cebolla.....	41
Figura 11. Efecto del bichar sobre el diámetro de bulbo de la planta de cebolla.	42

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto del biochar sobre el suelo para crecimiento y producción en el cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L.), en el cantón Bolívar de la provincia de Manabí. El experimento se lo llevó a cabo por un lapso de 90 días y la siembra se la hizo en contenedores (macetas), se utilizó un diseño completo al azar (DCA,) con arreglo factorial A x B con 15 tratamientos, cuatro réplicas y 60 unidades experimentales. Las dosis evaluadas fueron cinco (0% p/p, 1% p/p, 1.5% p/p, 3 % p/p, 5 % p/p). Las variables registradas fueron: altura de planta (cm) número de hojas, Diámetro pseudotallo (cm) longitud de raíz (cm) peso fresco de bulbo, peso seco de bulbo, peso seco de raíz, peso seco hojas, diámetro de bulbo (cm) a los 30, 60 y 90 días después de la siembra. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Los resultados mostraron que el biochar a base de cascaras de maní tuvieron diferencia significativa en altura de planta y diámetro, con diferentes niveles de concentración, mientras que el biochar a base de arroz presentó diferencias en el peso de igual manera a diferentes concentraciones, en relación con el testigo.

Palabras clave: dosis de biochar, pirolisis, degradación, recuperación de suelo, edafoclimaticos.

ABSTRACT

The main objective of this research work was to evaluate the effect of biochar on the soil for growth and production in the cultivation of pearl onion (*Allium cepa* L.), in the Bolívar canton of the Manabí province. The experiment was carried out for a period of 90 days and the sowing was done in containers (pots), a complete random design (DCA) was used,) with a factorial arrangement A x B with 15 treatments, four replicates and 60 experimental units. The evaluated doses were five (0% p/p, 1% p/p, 1.5% p/p, 3% p/p, 5% p/p). The recorded variables were: plant height (cm), number of leaves, pseudostem diameter (cm), root length (cm), bulb fresh weight, bulb dry weight, root dry weight, leaf dry weight, bulb diameter (cm) at 30, 60 and 90 days after sowing. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the separation of means with Tukey's test at 5% probability of error. The results showed that the biochar based on peanut shells had a significant difference in plant height and diameter, with different concentration levels, while the biochar based on rice presented differences in weight in the same way at different concentrations, in relation to with the witness.

Keywords: biochar dose, pyrolysis, degradation, soil recovery, edaphoclimatic.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo al III Censo Agropecuario en Ecuador se cosechan 2861 ha de cebolla perla (*Allium cepa* L.). Las zonas de producción que han demostrado tener mayor vocación en este cultivo son en la provincia de Manabí: Crucita, Santa Ana, Valle del Río Portoviejo, Rocafuerte y Puerto Cayo; en la provincia del Guayas, la Península de Santa Elena y en los valles cálidos de la sierra (Chanalata & Cargua, 2013)

El Ecuador ha sido y sigue siendo afectado por numerosos procesos erosivos, según la secretaria nacional de Planes y Desarrollo (Senplades) en el 2012 “cerca de 40 mil hectáreas de terreno arable se pierden cada año”, de tal manera que se puede considerar que la erosión constituye uno de los principales aspectos de degradación. Alrededor del 50% del territorio tiene que ver con este problema ya que la erosión es más drástica en las zonas áridas y semiáridas del callejón interandino dentro de las cuales encaja el caso de la zona a estudiarse, estando presente también la degradación física, química y biológica debido al tipo del suelo, textura, características climáticas, bajo contenido orgánico y mal manejo (Pro Ecuador, 2021)

Respecto a los factores relacionados con la nutrición y el cultivo hay que señalar que, como consecuencia del cultivo reiterado, se produce un empobrecimiento gradual de los horizontes de suelo colonizados por las raíces de la especie vegetal en función de los elementos nutritivos extraídos por las mismas raíces. Por otra parte, la práctica de un sistema de laboreo similar puede conducir a un manejo deficiente del suelo, que lleva a la falta de estabilidad estructural, a la tendencia a la fisuración y a la compactación de algunos horizontes del suelo (Vicent et al., 2004)

Los suelos degradados necesitan de estrategias para reducir la erosión y remediar los efectos de la degradación. Los suelos de las zonas semiáridas

tienen una actividad microbiana muy baja, bajos niveles de biomasa microbiana y bajo contenido en materia orgánica (0.5-2%). Si se recuperan y mejoran las características de los suelos degradados en zonas semiáridas con la aplicación de enmiendas orgánicas, se mejorará el ciclo de los nutrientes (Umajinga et al., 2021)

La cebolla perla es un producto de ciclo corto, y es sembrado por los agricultores manabitas de diferentes sitios como la Sequita, de la parroquia Crucita, el blanco de la parroquia Charapotó después del invierno, ya que es un producto que no necesita de abundancia de agua, sino más bien de los rayos solares (León, 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 (Delgado O. B., 2020)

¿Puede el biochar mejorar significativamente las condiciones físicas y químicas del suelo, crecimiento, producción del cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L.)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la degradación y pérdida de fertilidad de los suelos, y la alta demanda de alimentos. 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 (incremento de temperatura, aumento de la aridez, etc.). Hasta ahora se ha conseguido aumentar el rendimiento de los cultivos principalmente mediante prácticas poco sostenibles a largo plazo, tales como el manejo abusivo del suelo y el uso excesivo de fertilizantes (Infoagro, 2018)

El biochar se constituye en una alternativa para mejorar la capacidad productiva del suelo e incrementar el rendimiento del cultivo y que sean sostenibles incluso a largo plazo. Todo ello a expensas de la reducción de la calidad del suelo y del

aumento de la contaminación del mismo. Uno de los puntos positivos que se pueden considerar al implementar el biochar, es mitigar los efectos del cambio climático y a la vez adaptar la población a los cambios que se presenten con el calentamiento global (Olmo, 2016)

De esta forma este proyecto se alinea con lo propuesto en el documento de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, en su objetivo número 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, y con su meta 2.4 donde se declara que: “De aquí al 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo” (Girón, 2017)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de biochar sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, crecimiento y producción de la cebolla perla (*Allium cepa* L.) en macetas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar efecto del biochar sobre las características físicas y químicas de suelos cebolleros del cantón Rocafuerte.
- Establecer el efecto en el crecimiento y producción de la cebolla perla (*Allium cepa* L.).

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de biochar mejorará las condiciones físicas y químicas del suelo y potenciará el rendimiento de cebolla perla (*Allium cepa* L.) en macetas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

La cebolla perla es un producto cuyo ciclo de vida es de 120 días, su tamaño varía desde el mediano al tipo jumbo con un color amarillo dorado claro. Poseen un excelente tamaño con un centro y anillo gruesos. Es una hortaliza que es muy necesaria en los hogares para la preparación de las comidas, además la ventaja que presenta la cebolla perla es que tiene larga vida post-cosecha; puesto que el si el curado es realizado correctamente quedando el bulbo completamente seco, la cebolla perla puede durar de 3 hasta 6 meses (Bacuylima y Ordoñez, s/f, p. 4-5)

Las cebollas poseen raíces superficiales y necesitan un suelo permeable el cual retenga bien la humedad debido a que la cebolla es una planta que está acostumbrada al invierno por ende su tipo de suelo indicado para un buen desarrollo vegetativo es un suelo húmedo, especialmente después de las labores de cultivos (Böttcher, 2018)

La cebolla se cultiva como una especie anual cuando se persigue la recolección de sus bulbos, pero también se cultiva como bianual si se quiere obtener semillas, tiene un sistema radicular fasciculado compuesto por un gran número raíces. El tallo se desarrolla, normalmente, en el segundo año. Es un tubo caulinar hueco de sección cilíndrica que atraviesa el Bulbo. Este escapo da origen a la inflorescencia de tipo umbeliforme y forma redondeada (Baudoin, 2019)

El bulbo botánicamente se denomina bulbo tunicado. Se forma por el hinchamiento de unas vainas envolventes amplexiculares insertas sobre el disco situado en la base del bulbo la forma, color, dimensiones y consistencia de los bulbos son características de gran importancia que diferencian unas variedades de otras (Névarez y Cuzme, 2016).

2.2. ORIGEN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

El origen primario de la cebolla se localiza en Asia central, y como centro secundario el Mediterráneo, pues se trata de una de las hortalizas de consumo más antigua. Las primeras referencias se remontan hacia 3.200 a.C. pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la Edad Media su cultivo se desarrolló en los países mediterráneos, donde se seleccionaron las variedades de bulbo grande, que dieron origen a las variedades modernas (InfoAgro, s/f)

2.3. TAXONOMÍA DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

Según, Guadalupe et al. (2021) la cebolla se describe taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la cebolla perla

Reino	Vegetal
División	Angiospermas
Orden	Liliflorae
Familia	Liliaceae
Género	Allium
Especie	Cepa
Nombre científico	<i>Allium cepa</i> L.

2.4. PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

Al respecto, Bacuylima y Ordoñez (s/f) la producción de la cebolla perla se lleva a cabo por medio de semilleros o llamados también camas alzadas o camellones, los mismos que se deben preparar muy cuidadosamente para que den buenas plantas, que luego serán trasplantadas cuando estén vigorosos. Los camellones facilitan el riego, el drenaje y los cultivos. El proceso de producción también se

lo puede llevar a cabo por medio de la siembra directa. Estos autores además mencionan, que “la presencia de microorganismos causantes de enfermedades, de plagas y malezas son factores limitantes en la producción de cebolla, por esta razón es necesario e indispensable el proceso de desinfección del suelo”.

Según Marcial y Suquilanda (2003) citado por Molina (2020) señala que la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de la cebolla perla está alrededor de los 13 °C y 14 °C, con una máxima de 30 °C y una mínima de 9 °C. En los sectores donde la temperatura es más fría la cebolla tiene tendencia a florecer, mientras que en los cálidos y tropicales donde las temperaturas son mayores, esta no florece. Además, este cultivo es resistente al frío, aunque para la formación y maduración de los bulbos requieren de temperaturas altas y fotoperiodos largos, generalmente requiere de una buena luminosidad.

La cebolla es una planta que prefiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, cálidos, soleados y no calcáreos. En terrenos pedregosos, poco profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte. Es muy sensible al exceso de humedad y medianamente sensible a la acidez. El pH óptimo para su cultivo se ubica en un rango que está entre 6.0 y 6.8. No tolerando un pH altamente ácido. Los suelos aptos para el cultivo de la cebolla perla deben ser: sueltos y livianos arcilloarenosos o franco-arcillosos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje Coello (2012) además, este autor, señala que el cultivo de la cebolla perla prefiere suelos aluviales orgánicos y franco-arenosos, Agregando, que en suelos poco fértiles se producen cebollas que se conservan mejor, pero, naturalmente, su desarrollo es menor y que para obtener bulbos grandes se necesitan tierras bien fertilizadas, por último, recomienda no cultivar cebollas en tierras recién estercoladas, debiendo utilizarse las que se estercolaron el año anterior.

2.5. CRECIMIENTO DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

Dentro del tópico de crecimiento se considera que se cumplen fases o etapas fenológicas del cultivo de cebolla, Ordóñez (2014) menciona que existen seis fases, las cuales son:

- **Emergencia:** ocurre cuando la raíz principal crece hacia abajo y el cotiledón se elonga.
- **Primera hoja verdadera:** esta hoja crece dentro del cotiledón y emerge a través de él; simultáneamente se presenta el crecimiento de las raíces adventicias en la base del tallo.
- **Plántula:** esta fenofase se caracteriza por la formación de nuevas hojas y raíces adventicias y la diferenciación del pseudotallo.
- **Iniciación de la formación del bulbo:** en las plantas de cebolla, algunas hojas modifican sus vainas envolventes para recibir foto sintetizados y así aumenta el diámetro del pseudotallo. En esta fenofase comienza la translocación intensa de carbono asimilado, el cual se utiliza para almacenamiento y crecimiento del bulbo, pues éste empieza a ser el principal sitio de recepción y utilización de los compuestos asimilados.
- **Máximo desarrollo vegetativo:** esta fenofase comprende desde la iniciación hasta la terminación del llenado del bulbo; durante esta fase fenológica, las plantas logran la mayor expresión de los parámetros área foliar y peso seco de las hojas.
- **Terminación del llenado del bulbo:** en esta fenofase las hojas de la planta entran en senescencia.

2.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DE LA CEBOLLA PERLA (*Allium cepa* L.)

A continuación, se describen los requerimientos edafoclimáticos, de acuerdo a Silva (s/f)

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos de la cebolla perla

Piso altitudinal (Optima)	Se desarrolla bien entre los 35 a 2000 msnm.
Temperatura	La temperatura óptima se encuentra entre los 20 a 25 °C. A mayor temperatura más rápida es la bulbificación, sin embargo, temperaturas bajas o muy altas, cerca de 40 °C, retrasan la aparición del bulbo.
Humedad relativa	La humedad influye notablemente en los controles de enfermedades fúngicas, esta no debe superar el 70 %, siendo preferible una humedad del 50 % para el cultivo.
pH Suelo	Entre 6.0 a 7.0.
Suelos	Puede desarrollarse en una amplia variedad de suelos, como los francos, francos arenosos, franco limoso, de consistencia ligera a media, profundos, frescos, ricos en materia orgánica.
Fotoperiodo	Esta variable es determinante para la cebolla. Idealmente para la cebolla el fotoperiodo puede variar entre 12-16 horas de luz según el cultivar. Por debajo de las 12 horas no se favorece la bulbificación. Existen cultivares de “día corto”, “intermedias” y de “día largo”. Cuanto mayor es la longitud del día, más rápido termina el crecimiento de las hojas y alcanza el bulbo su madurez fisiológica.
Topografía	0-15° Deseable

2.7. CULTIVOS DE CEBOLLAS EN MACETAS

Las cebollas pueden plantarse partiendo de semillas o de bulbos y se puede empezar a recoger la cosecha a partir de los 4 meses desde que se plantan. A la hora de elegir la maceta debemos tener en cuenta que las raíces no son demasiado profundas así que con que tenga unos 20 centímetros de profundidad será suficiente. En cuanto al tamaño, dependerá de la cantidad que vayamos a plantar; además se menciona que la cebolla es una cosecha de climas fríos, y entonces son fáciles de cultivar por su dureza. Recomendamos utilizar cebollitas para plantar porque estas tendrán un éxito más probable que plantarlas desde las semillas o trasplantarlas. También, las cebollitas para plantar son resistentes a la nieve, por esto no habría ningún problema en dejarlas afuera en una oleada fría (Bonilla, 2015)

2.8. PLAGAS Y ENFERMEDADES

En el proceso de crecimiento y producción de la cebolla es común como en otras producciones que se den la presencia de plagas y enfermedades que pueden llegar a afectar al desarrollo correcto de la plantación; en los siguientes apartados se puede detallar información sobre las plagas y enfermedades más comunes que se pueden presentar en las plantaciones de cebolla:

2.8.1. INSECTOS-PLAGAS

Entre las plagas más comunes tenemos:

Uno de los insectos plagas que ataca al cultivo de cebolla es el escarabajo de la cebolla *Lylyoderys merdigera*: (Homoptera: Aleyrodidae), siendo el adulto el que causa daños en las hojas y sus larvas recortan bandas paralelas a los nervios de las hojas (Rosendo, 2018)

Otro de los insectos que perjudica al cultivo de cebolla es la mosca de la cebolla *Hylemia antigua*: (Diptera: Anthomyiidae), el cual ataca a las flores y órganos

verdes, el ápice de la hoja palidece y después muere. El ataque de las larvas lleva consigo la putrefacción de las partes afectadas de los bulbos, ya que facilita la penetración de patógenos, dañando el bulbo de forma irreversible, provoca daños importantes en semillero y también en el trasplante.

Existe un insecto que genera grandes estragos y se trata del Trips, *Thrips tabaco*: (Thysanoptera: Thripidae), Las picaduras de las larvas y adultos terminan por amarillear y secar las hojas. La planta puede llegar a marchitarse si se produce un ataque intenso, sobre todo si éste tiene lugar en las primeras fases de desarrollo de las plantas (Driutti, 2019)

Un insecto muy particular que causa una gran amenaza al cultivo de cebolla perla es la polilla de la cebolla *Acrolepia assectella*: (Homóptera: Aleyrodidae) Causan daños al penetrar las orugas por el interior de las vainas de las hojas hasta el cogollo. Se para el desarrollo de las plantas, amarillean las hojas y puede terminar pudriéndose la planta, ya que puede dar lugar a infecciones secundarias causadas por hongos (Noyes, 2017)

El *Dytolenchus dipsaci*: (Bilateria protostomia; Ecdysozoa nematoida) es nematodo, considerado como una de las especies más dañinas en bulbos Las plántulas detienen su crecimiento, se curvan y pierden color. Se producen algunas hinchazones y la epidermis puede llegar a rajarse. En bulbos algo más desarrollados el tejido se reblandece en las proximidades de la parte superior (InfoAgro, s/f)

2.8.2. EFERMEDADES

Las enfermedades que se presentan en las plantaciones de cebolla son:

El Mildiu *Peronospora destructor o schleideni*: (Erysiphales: Erysiphaceae), se presenta en las hojas nuevas aparecen unas manchas alargadas que se cubren de un fieltro violáceo. El tiempo cálido y húmedo favorece el desarrollo de esta enfermedad, como consecuencia, los extremos superiores de las plantas mueren totalmente y los bulbos no pueden llegar a madurar. Si las condiciones de humedad se mantienen altas darán lugar a una epidemia (Álvarez et al., 2013)

La roya *Puccinia sp.* (Pucciniales: Pucciniaceae), origina manchas pardo-rojizas que después toman coloración violácea, en las cuales se desarrollan las uredosporas. Las hojas se secan prematuramente como consecuencia del ataque. La enfermedad parece ser más grave, en suelos ricos en nitrógeno, pero deficientes en potasio (Santos et al., 2014)

El Carbón de la cebolla *Tubercinia cepulae*: (ustilagunomycetes), genera estrías gris-plateado, que llegan a ser negras; las plántulas afectadas mueren. La infección tiene lugar al germinar las semillas, debido a que el hongo persiste en el suelo (Pollini, 2015)

Otra enfermedad que es muy frecuente y genera grandes riegos es la Podredumbre blanca *Sclerotium cepivorum*: (Helotiales: Sclerotiniaceae) Fieltro blanco algodonosos, que ostenta a veces pequeños esclerocios en la superficie de los bulbos. Los ataques se sitúan en el momento en que brotan las plantas o bien al aproximarse la recolección. Las hojas llegan a presentar un color amarillo llegando a morir posteriormente (Delgadillo, 2020)

Una de las enfermedades que ataca directamente a las hojas y genera un daño considerable y es la Botritis *Botrytis squamosa*: (Helotiales: sclerotiniaceae), causa manchas de color blanco-amarillo que se manifiestan por toda la hoja, cuando el ataque es severo se produce necrosis foliar, generalmente ocurre en condiciones de mucha humedad (InfoAgro, s/f)

2.9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

- Las propiedades físicas de un suelo son el resultado de la interacción que se origina entre las distintas fases del mismo (suelo, agua y aire) y la proporción en la que se encuentran cada una de estas. La condición física de un suelo determina su capacidad de sostenimiento, facilidad para la penetración de raíces, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje, retención de nutrientes, entre otros factores. Las principales propiedades físicas que influyen en el desarrollo de los cultivos son las siguientes, según (Medina et al., 2018)

- **Color del suelo:** El color del suelo no tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, pero indirectamente afecta la temperatura y la humedad del mismo.
- **Textura del suelo:** La textura indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se pueden agrupar en fina, media y gruesa.
- **Humedad del suelo:** Referida a la cantidad de agua disponible para la planta. Dicho contenido puede variar de acuerdo al tipo y cantidad de arcilla y el porcentaje de MO que se encuentre en el suelo

Por otro lado, las propiedades químicas del suelo determinada por Medina et al. (2018) son:

- **Capacidad de intercambio catiónico:** es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.)
- **El Ph del suelo:** El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5.
- **Nutrientes para las plantas:** Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl).
- **Carbono Orgánico del Suelo:** El Carbono Orgánico del Suelo (COS) mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la Capacidad de Intercambio

Cationico, la retención de humedad y contribuye con estabilidad de suelos arcillosos al ayudar a aglutinar las partículas para formar agregados.

- **Nitrógeno del Suelo:** El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente.
- **La salinización del suelo:** Se refiere a la acumulación de sales solubles en agua en el suelo. Las sales que se pueden encontrar en un nivel freático salino se transportan con el agua a la superficie del suelo mediante ascenso capilar y una vez que el agua se evapora se acumulan en la superficie del suelo.

2.10. AGRICULTURA ORGÁNICA

La agricultura orgánica es una tendencia global que busca una relación natural y amigable con el ambiente para fomentar la biodiversidad vegetal y animal. El debate de la agricultura orgánica frente a la agricultura convencional se ha discutido a nivel internacional en numerosas investigaciones (De Los Ríos et al., 2016)

El desarrollo e innovación de la agricultura orgánica, se presente como un sistema de manejo de producción ecológica que promueve y enriquece la biodiversidad, ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo basado en el uso mínimo de insumos provenientes de fuera de la propiedad y en prácticas de manejo que restauran, conserven y enriquecen el ambiente ecológico, ofreciendo un producto más seguro para el consumidor (Organic trade association, 2002)

2.11. DESCRPCIÓN DE BIOCHAR

El biochar es carbón vegetal que se obtiene de restos vegetales y residuos de biomasa. A diferencia del carbón vegetal clásico es empleado como combustible,

el biochar– o biocarbón – no se utiliza como tal, no se quema, sino que se aplica al suelo para mejorar sus propiedades (Gold, 2015)

El biocarbón es un material rico en carbono que se puede preparar a partir de diversas materias primas de desechos orgánicos , como desechos agrícolas; el biocarbón ha recibido una atención cada vez mayor debido a su característica única, como el alto contenido de carbono y la capacidad de intercambio catiónico, la gran superficie específica y la estructura estable. Las propiedades fisicoquímicas del biocarbón varían según los tipos de materias primas Wang, (2019) en lo relacionado a la Pirolisis, este autor indica, que, la gasificación e hidrotermal la carbonización son los métodos comunes para la preparación de biocarbón. El biocarbón se puede modificar con ácidos, álcalis, agentes oxidantes , iones metálicos , materiales carbonosos , purga de vapor y gas

En el artículo de propiedades del biocarbón Weber (2018) menciona que “el biocarbón se puede usar en una gran cantidad de aplicaciones, que van desde la producción de calor y energía hasta la enmienda del suelo. Las propiedades de la biomasa carbonizada dependen de la materia prima y de las condiciones del proceso”.

Esta técnica ofrece la posibilidad de aumentar las reservas terrestres de carbono en diversas formas en el suelo; uno de los tipos de biocarbón, como los producidos en condiciones de cero oxígeno, se han estudiado menos, pero los costos asociados con la logística y los costos de oportunidad del desvío de energía o una forma activa en el suelo exigen certeza y previsibilidad del retorno agronómico, especialmente hasta la elegibilidad para se han establecido créditos de carbono (Sochi et al., 2010)

2.12. PROCESO DE LA PIRÓLISIS

La pirolisis es una degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno, por lo que dichas sustancias se descomponen mediante calor, sin que se produzcan las reacciones de combustión. Las características básicas de dicho proceso son las siguientes:

- El único oxígeno presente es el contenido en el residuo a tratar.
- Las temperaturas de trabajo son inferiores a las de la gasificación, oscilando entre 300°C y 800°C.

Como resultado del proceso se obtiene:

- ✓ Gas, cuyos componentes básicos son CO, CO₂, H₂, CH₄ y compuestos más volátiles procedentes del cracking de las moléculas orgánicas, conjuntamente con los ya existentes en los residuos. Este gas es muy similar al gas de síntesis obtenido en la gasificación, pero hay una mayor presencia de alquitranes, ceras, etc. en detrimento de gases, debido a que la pirólisis trabaja a temperaturas inferiores a la gasificación.
- ✓ Residuo líquido, compuesto básicamente por hidrocarburos de cadenas largas como alquitranes, aceites, fenoles, ceras formadas al condensar a temperatura ambiente.
- ✓ Residuo sólido, compuesto por todos aquellos materiales no combustibles, los cuales o bien no han sido transformados o proceden de una condensación molecular con un alto contenido en carbón, metales pesados y otros componentes inertes de los residuos.

Los residuos líquidos y gaseosos pueden aprovecharse mediante combustión a través de un ciclo de vapor para la producción de energía eléctrica. El residuo sólido puede utilizarse como combustible en instalaciones industriales, como, por ejemplo, en plantas cementeras (Centro Nacional de Educación Ambiental [CENEAM], 2020)

2.12.1. TIPOS DE PIRÓLISIS

Entre los tipos de pirólisis detallamos los siguientes:

El pirólisis oxidativo: es un proceso de descomposición térmica de los desechos industriales durante su combustión parcial o contacto directo con los productos de combustión. Este método es aplicable para la eliminación de muchos desechos, incluidos los «inconvenientes» para la incineración o gasificación (Cuervo, 2015)

Pirólisis seco: Este método del tratamiento térmico de los desechos asegura su neutralización de gran efectividad y el uso en calidad del combustible y de materias primas químicas que contribuye a la creación de las tecnologías sin desechos y con pocos desechos y al uso racional de los recursos. El pirólisis seco es el proceso de la descomposición térmica sin acceso del oxígeno. Como resultado se forma el gas de pirolisis con un calor elevado de la combustión, un producto líquido y un residuo carbonoso sólido. En dependencia de la temperatura naturales (Klug, 2017)

Pirólisis de bajas temperaturas: Este tipo de pirolisis se caracteriza por un rendimiento máximo de residuos líquidos y sólidos (semi-coque) y un rendimiento mínimo de gas de pirolisis con un calor máximo de combustión. El método es adecuado para la producción de resina primaria, un valioso combustible líquido, y para el procesamiento de caucho de calidad inferior en monómeros, que son la materia prima para la creación secundaria de caucho. El semicoque se puede utilizar como energía y combustible doméstico (Cuervo, 2015)

Pirólisis de medianas temperaturas: En general, los procesos de pirólisis se caracterizan por llevarse a cabo a temperaturas entre 300 – 600 °C, presión atmosférica y en un ambiente inerte (Tessini, 2012)

Pirólisis de altas temperaturas: Aquí se observa el rendimiento mínimo de los productos líquidos y sólidos y la fabricación máxima del gas con el calor mínimo de la combustión - combustible de alta calidad - conveniente para las transportaciones lejanas. Como resultado, se disminuye la cantidad del alquitrán y contenido en éste de las fracciones ligeras valiosas. El método de la pirolisis seca obtiene la difusión cada vez más grande y es uno de los modos más perspectivas de la utilización de los desechos orgánicos sólidos y la separación de los componentes valiosos de ellos en la etapa actual del desarrollo de la ciencia y de la técnica (Grandón, 2016)

Pirólisis de hidrocarburos: El proceso de pirolisis de hidrocarburos (hidrocarburos gaseosos, gasolina pura, gasóleo atmosférico) es la principal fuente de producción de etileno y una de las principales fuentes de propileno, divinilo, benceno y una serie de otros productos. El proceso de pirolisis (craqueo)

de materias primas de petróleo y gas fue patentado en 1877 por el ingeniero ruso, químico Alexander Alexandrovich Letniy.

Pirólisis de madera: La madera es considerada entonces como una fuente de biomasa ya que funciona como una especie de batería que almacena la energía solar. Una vez la madera esta seca puede ser utilizada para numerosas aplicaciones, entre ellas, ser tratada para ser aprovechada energéticamente mediante procesos de conversión termoquímicos o bioquímicos (Castillo, 2019)

Pirólisis de basura y desechos: este es un concepto relativamente nuevo, por eso la técnica todavía se encuentra en desarrollo, sin embargo el problema es que la mayoría de los desechos contienen fósforo, cloro y azufre. El azufre y el fósforo en forma oxidada son volátiles y nocivos para el medio ambiente. El cloro reacciona activamente con los productos de pirolisis orgánicos para formar compuestos tóxicos persistentes (por ejemplo, dioxinas) (Canaviri, 2018)

2.13. EFECTOS DEL BIOCHAR SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

El biochar contribuye en el secuestro del carbono de la atmósfera y lo almacena en el suelo en formas químicas que son muy estables durante mucho tiempo, se obtiene a través de la descomposición termo-química de residuos orgánicos a temperaturas que generalmente oscilan entre 300 y 700 °C y en ausencia de oxígeno (pirolisis).

El proceso de pirolisis estabiliza el C existente en la materia orgánica en una forma más resistente a la descomposición química y biológica, por lo que al ser incorporado al suelo no se degrada y el C no es emitido a la atmósfera como ocurre con la descomposición de materia orgánica sin pirolizar. Las características del biochar le confieren la capacidad potencial de mejorar las propiedades físico-químicas del suelo y aumentar la productividad de los cultivos, contribuyendo además al secuestro de C, lo que convierte al biochar en una herramienta para luchar contra el cambio climático. Los efectos del biochar sobre las propiedades del suelo pueden variar en función de las características del

biochar, que a su vez dependen de las propiedades del material del que se obtiene y de las condiciones de pirolisis. Esto explica que las respuestas de los cultivos a la adición de biochar sean muy variables (Prieto, 2016)

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación se desarrolló en el vivero del Campus Politécnico de la ESPAM-MFL, de la Carrera de Ingeniería Agrícola ubicado en el sitio El Limón perteneciente al cantón Bolívar, Manabí. Posicionado geográficamente entre las coordenadas 0° 49' 23" Latitud Sur y 80° 11' 01" Longitud Oeste, a una Altitud de 15 msnm.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En el sitio El Limón, ubicado en el Cantón Bolívar se tiene los siguientes promedios de las características climáticas del año 2022.

Tabla 3. Condiciones climáticas del sitio El Limón.

Condiciones climáticas	
Precipitación anual	986.19 mm
Temperatura máxima	30,67 °C
Temperatura mínima	21.87 °C
Humedad relativa	82.23 %
Heliofanía	1043.96 h/sol/año

Fuente: Estación meteorológica ESPAM "MFL" (2022)

3.2. DURACIÓN DEL PROYECTO

La investigación se desarrolló desde julio del 2022 hasta julio 2023, con una duración de 12 meses.

3.3. MATERIAL VEGETAL

Para el experimento se utilizó semillas de cebolla perla (*Allium cepa* L.)

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Se realizó un trabajo comparativo en los diferentes tipos de biochar con diferentes niveles de concentración donde se evaluó la respuesta del cultivo a la aplicación de bioestimulantes donde se encontraron dos tipos de factores.

3.4.1. FACTOR A (TIPOS DE BIOCHAR)

Para la conformación del factor A se consideró la utilización tres tipos de carbón orgánico, descrito a continuación:

- Biochar cáscara de cacao
- Biochar cáscara de arroz
- Biochar cáscara maní

3.4.2. FACTOR B (CONCENTRACIONES DE BIOCHAR)

Para el factor B se tomó en consideración la utilización de los siguientes niveles de concentración:

- 0% p/p
- 1% p/p
- 1,5% p/p
- 3 % p/p
- 5 % p/p

3.5. TRATAMIENTOS

La interacción de los factores en estudios dio los siguientes tratamientos:

Tabla 4. Tratamientos

Tratamientos	Código	Descripción
T1	A1B1	0% p/p de biochar
T2	A1B2	1% p/p de biochar cacao
T3	A1B3	1,5 % p/p de biochar cacao
T4	A1B4	3% p/p de biochar cacao
T5	A1B5	5% p/p de biochar cacao
T6	A2B1	0% p/p de biochar
T7	A2B2	1% p/p de biochar arroz
T8	A2B3	1,5 % p/p de biochar arroz
T9	A2B4	3% p/p de biochar arroz
T10	A2B5	5% p/p de biochar arroz
T11	A3B1	0% p/p de biochar
T12	A3B2	1% p/p de biochar maní
T13	A3B3	1,5 % p/p de biochar maní
T14	A3B4	3% p/p de biochar maní
T15	A3B5	5% p/p de biochar maní

3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo condiciones de casa de cultivo en macetas, donde se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A x B con 15 tratamientos, 4 réplicas y 60 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por 1 maceta. A continuación, se detalla el esquema del ADEVA.

Tabla 5. Diseño y unidad experimental

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	59
Tratamientos	14
Concentración de Biochar	4
Tipos de Biochar	2
B x F	8
Error experimental	45

3.6.1. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se ejecutó a través de análisis de varianza (**ANOVA**), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

3.7. VARIABLES RESPUESTA

3.7.1. VARIABLES FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO

3.7.2. ANÁLISIS FÍSICOS

Esta variable se registró al suelo inicial y al final del experimento como la textura, densidad aparente (análisis realizado en el laboratorio de suelo de la carrera agrícola de la ESPAM MFL, y el pH (INIAP).

3.7.3. ANÁLISIS QUÍMICAS

Esta variable se efectuó al inicio del ensayo y al final, donde se tomaron varias submuestras de las macetas, luego se sacó una muestra representativa y se envió al laboratorio de suelos de INIAP-PICHILINGUE, con el fin de determinar materia orgánica y los macros y micro elementos existentes en ese suelo.

3.8. VARIABLES AGRONÓMICAS

3.8.1. ALTURA DE LA PLANTA (cm)

La altura de la planta se midió a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

3.8.2. NÚMERO DE HOJAS

El conteo de número de hojas se lo efectuó a los 30, 60 y 90, días después del trasplante.

3.8.3. DIÁMETRO DEL PSEUDOTALLO (mm)

Se comprobó el diámetro del pseudotallo con la ayuda de un calibrador a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

3.8.4. LONGITUD DE RAÍZ (cm)

Se estableció al momento de la cosecha, con la ayuda de una cinta métrica a todos los tratamientos evaluados.

3.8.5. PESO SECO DE PSEUDOTALLO, BULBO Y RAÍZ (g)

Esta variable se la ejecutó al momento de la cosecha, donde se colocaron en una bolsa de papel con sus respectivos tratamientos, colocando en la estufa a 85°C durante 24 horas.

3.8.6. DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL BULBO DE LA CEBOLLA (mm)

La medición del diámetro polar y ecuatorial, se cumplió luego de la cosecha, para lo cual se utilizó un calibrador digital o pie de rey.

3.8.7. PESO DEL BULBO (g)

Esta variable se la determino al momento de la cosecha, con la ayuda de una balanza eléctrica.

3.8.8. CONTENIDO DE MATERIA SECA

Esta variable se la obtuvo en el laboratorio, para ello, se extrajo una muestra dosificada de la mezcla sólida del material vegetal fresco. La cual posteriormente se la introdujo en el horno estufa a una temperatura por encima de los 100 °C, para que la humedad residual existente se evapore y poder obtener el contenido de materia seca deseado.

3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.9.1. ELABORACIÓN DEL BIOCHAR

Para la elaboración del Biocarbón se utilizó materiales residuales procedentes del sector agrícola como materia prima. La producción del biochar se realizó con un equipo de pirólisis a escala de laboratorio basado en el diseño "Anila Stove". El proceso consistió en introducir en el equipo (anillo externo) el material a pirolizar y sellarlo para que no entre aire. Después se procedió a quemar la cáscara de cacao, cascará de arroz y cascará de maní en la parte central de la estufa hasta que la temperatura alcanzará unos 300-350°C.

3.9.2. SIEMBRA

Para la siembra se efectuó el llenado de las macetas con tierra procedente de las zonas cebollera del cantón Rocafuerte, se colocó tres semillas por macetas para tener mejor seguridad de la germinación de las plantas, luego se procedió a cortar las plantas que estuvieran demás hasta dejar una en la maceta.

3.9.3. CONTROL DE MALEZA

El control de maleza se lo llevó a cabo de forma manual en cada una de las macetas

3.9.4. RIEGO

El riego se lo desempeñó de acuerdo a las condiciones de campo ya que la cebolla es un cultivo que no requiere mucha agua.

3.9.5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El control de plagas y enfermedades se efectuó en base a los umbrales críticos y económicos establecidos para el cultivo de cebolla.

3.9.6. FERTILIZACIÓN

La fertilización se ejerció en base al análisis de suelo que se determinó al inicio del ensayo y a la demanda nutricional del cultivo, luego se procederá a la cuantificación de la dosis optima por planta.

3.9.7. COSECHA

La cosecha se efectuó manualmente en cada unidad experimental, al momento en que las hojas empiecen a secarse y en los bulbos la primera hoja se torné delgada y seca, es cuando los bulbos están en condiciones de madurez fisiológica y aptos para ser comercializados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DEL BIOCHAR SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS CEBOLLEROS

4.1.1. ANÁLISIS FÍSICO

En la tabla 6, se muestra los resultados de la clase textural del suelo que indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño como la arena, el limo y la arcilla, en este caso la cebolla perla es cultivada a una profundidad de 0-15 cm que presenta una textura arcillosa con un porcentaje de (arena 16,00%, arcilla 56,00% y limo 28,00%), considerando que este suelo tiene una textura fina.

Tabla 6. Clases textural de suelo del cultivo de cebolla perla

Suelo	Composición mecánica			Clase textural
	Arena	Arcilla	Limo	
Cultivo de cebolla perla	16,00%	56,00%	28,00%	Arcilloso

En la tabla 7, se muestra los resultados de la densidad aparente del suelo inicial y de los diferentes tratamientos con su respectiva concentración de carbón vegetal con tres tipos diferentes de biomasa (cacao, maní, arroz). Estos valores que se obtuvieron no afectan en las propiedades físicas del suelo ya que según (Martinez, 2017) los suelos con textura arcilloso presentan densidad aparente con rangos de 1,25 g cm⁻³ para esta clase textural. Por su parte (Llique, 2015) manifiesta que la aplicación de carbón orgánico reduce la densidad aparente del suelo, y adicionalmente incrementa su porosidad y aireación. Al respecto, (Guerrero, 2017) la cohesión del biochar es baja, y es por esta razón que puede disminuir la densidad aparente de los suelos de arcilla y aumentar la capacidad de retención de agua en los suelos arenosos.

Tabla 7. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre la densidad aparente del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.

Tratamientos	Densidad aparente
Suelo Inicial	1,21 g/cm ³
T1: 0% p/p Biochar	1,21 g/cm ³
T2: 1% p/p Biochar de cacao	1,17 g/cm ³
T3: 1,5% p/p Biochar de cacao	1,18 g/cm ³
T4: 3,0% p/p Biochar de cacao	1,09 g/cm ³
T5: 5,0% p/p Biochar de cacao	1,15 g/cm ³
T6: 1% p/p Biochar de maní	1,12 g/cm ³
T7: 1,5% p/p Biochar de maní	1,08 g/cm ³
T8: 3,0% p/p Biochar de maní	1,10 g/cm ³
T9: 5,0% p/p Biochar de maní	1,10 g/cm ³
T10: 1% p/p Biochar de arroz	1,09 g/cm ³
T11: 1,5% p/p Biochar de arroz	1,11 g/cm ³
T12: 3,0% p/p Biochar de arroz	1,09 g/cm ³
T13: 5,0% p/p Biochar de arroz	1,15 g/cm ³

4.1.2. ANÁLISIS QUIMICO

Al realizar el análisis del suelo antes y después de la aplicación de diferentes niveles de biochar, para producción del cultivo de cebolla perla, se puede evidenciar en la tabla 8, que, los niveles de los macronutrientes primarios y secundarios del suelo inicial y de los diferentes tratamientos con sus respectivas concentraciones de biochar. En el suelo inicial el nitrógeno se encuentra bajo, así como, en los diferentes tratamientos, y esto se debe que el nitrógeno tiende a volatilizarse por ser el nutriente más susceptible al calor, es por eso que durante el proceso de pirólisis se reduce por elevadas temperaturas (Díaz, 2018) además, el biocarbón puede retener temporalmente nitrógeno soluble en su estructura y liberarlo lentamente que los productos inorgánicos, incrementando así la eficiencia de este elemento y la productividad de los cultivos.

Al respecto (Molina, 2016) señala, que los otros macronutrientes como el fosforo, potasio, azufre, calcio y magnesio en los diferentes tratamientos se

encuentran medio y alto, al igual que el suelo inicial, que solo el fósforo y el azufre se presenta niveles medios. Hay varios fenómenos fisicoquímicos que hace que el uso del biochar tenga un efecto positivo como la capacidad para retener nutrientes (como N, P y Mg, entre otros) y mantenerlos disponibles para el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de incrementar la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Tabla 8. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre los niveles de macronutrientes del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.

Tratamientos	Elementos químicos											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
Suelo Inicial	16	B	16	M	1,35	A	20	A	3,4	A	14	M
T1: 0% p/p Biochar	28	M	127	A	1,94	A	24	A	3,8	A	10	M
T2: 1% p/p Biochar-cacao	19	B	76	A	1,73	A	17	A	4,1	A	13	M
T3: 1,5% p/p Biochar-cacao	17	B	85	A	2,18	A	16	A	3,6	A	12	M
T4: 3,0% p/p Biochar-cacao	19	B	70	A	3,01	A	16	A	3,4	A	17	M
T5: 5,0% p/p Biochar-cacao	10	B	59	A	1,88	A	23	A	3,2	A	69	A
T6: 1% p/p Biochar-maní	9	B	63	A	1,42	A	18	A	3,3	A	30	A
T7: 1,5% p/p Biochar-maní	11	B	73	A	1,74	A	16	A	3,5	A	21	A
T8: 3,0% p/p Biochar-maní	31	M	177	A	1,98	A	24	A	3,7	A	71	A
T9: 5,0% p/p Biochar-maní	18	B	207	A	2,21	A	24	A	3,7	A	17	M
T10: 1% p/p Biochar-arroz	8	B	61	A	1,45	A	19	A	3,6	A	16	M
T11: 1,5% p/p Biochar-arroz	31	M	102	A	1,68	A	23	A	3,7	A	76	A
T12: 3,0% p/p Biochar-arroz	10	B	138	A	1,99	A	15	A	3,6	A	12	M
T13: 5,0% p/p Biochar-arroz	27	M	72	A	3,27	A	14	A	3,8	A	14	M

A= Alto; **B=**Bajo; **M=** Medio

En la tabla 9, se observa los niveles de micronutrientes de los tratamientos con las distintas concentraciones de carbón orgánico con tres tipos de carbón vegetal (cacao, maní, arroz) donde se evidencian que el zinc presenta una

disconformidad de niveles en el suelo inicial y en los T1 (0% p/p Biochar) T4 (3,0% p/p Biochar de cacao) T9 (5,0% p/p Biochar de maní) T11 (1,5%p/p Biochar de arroz) T12 (3,0% p/p Biochar de arroz) que se encuentran a nivel medio, a discrepancia de los demás tratamientos que tienen un nivel bajo de zinc, el cobre presentan niveles altos, a disconformidad del hierro que tiene niveles bajos, por otro lado el manganeso presenta niveles medio, caso contrario a lo que presenta el boro donde se presenta contraste entre niveles en T1 (0% p/p Biochar) y T9 (5,0% p/p Biochar de maní) que se encuentran medios a divergencia de los demás tratamientos y al suelo inicial que se encuentra alto de boro.

Estos resultados hallados se asemejan a los obtenidos por Castro et al. (2018) quienes indican que la adición de carbón vegetal ejerció una gran influencia sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo, aumentando la disponibilidad de P, K, Ca, Mg y Cu, y reducen el N. Además, concluye que las interacciones nutriente- biochar, son altamente dependientes del nutriente involucrado, al tipo de biocarbón aplicado y las características del suelo; así como el beneficio agronómico del carbón vegetal va a depender del impacto sobre la disponibilidad de nutriente tras la adición del carbón orgánico que puede promover una agricultura más sostenible a largo plazo.

Tabla 9. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar sobre los niveles de micronutrientes del suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023.

Tratamientos	Elementos químicos									
	Zn		Cu		Fe		Mn		B	
Suelo Inicial	5,3	M	5,9	A	15	B	11,9	M	1,4	A
T1: 0% p/p Biochar	2,6	M	9,6	A	12	B	8,3	M	0,7	M
T2: 1% p/p Biochar-cacao	1,8	B	5,7	A	12	B	7,1	M	1,87	A
T3: 1,5% p/p Biochar-cacao	1,5	B	5,3	A	11	B	6,1	M	1,01	A
T4: 3,0% p/p Biochar-cacao	2,1	M	6,1	A	10	B	7,3	M	1,87	A
T5: 5,0% p/p Biochar-cacao	1,5	B	5,1	A	12	B	6,1	M	3,1	A
T6: 1% p/p Biochar-maní	1,3	B	5,1	A	11	B	6,8	M	1,82	A
T7: 1,5% p/p Biochar-maní	1,9	B	7,0	A	10	B	6,2	M	2,29	A
T8: 3,0% p/p Biochar-maní	1,9	B	7,5	A	15	B	6,3	M	2,25	A
T9: 5,0% p/p Biochar-maní	3,4	M	9,6	A	16	B	8,9	M	0,84	M
T10: 1% p/p Biochar- arroz	1,8	B	5,1	A	12	B	7,1	M	2,61	A
T11: 1,5% p/p Biochar-arroz	2,1	M	6,3	A	13	B	7,9	M	2,29	A
T12: 3,0% p/p Biochar-arroz	2	M	7,0	A	12	B	5,6	M	2,19	A
T13: 5,0% p/p Biochar-arroz	1,7	B	5,2	A	13	B	6,2	M	1,87	A

A= Alto; B=Bajo; M= Medio

Se puede observar en la figura 1, el pH de la superficie inicial obtuvo un pH de 7,7 y de acuerdo a la interpretación de los análisis este pH es neutro. En cambio, los tratamientos con porcentajes de biocarbón (0%, 1,0% y 1,5%) con diferentes niveles de concentración obtuvieron un pH de (8,1 8,3 y 8,0) que resulta prácticamente alcalino, valores que favorecen el flujo de agua y de sales a estratos inferiores, evitando la sobre acumulación en capas superiores, la regeneración de suelos donde se ha destruido la materia. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Unda, 2019) y (Delgado J. , 2019) quienes indican

que la incorporación del biochar al suelo favorece al aumento del pH; además de mejorar las propiedades físicas del suelo, también se puede utilizar como material de encalado ya que el biochar posee un pH alcalino, y reduce la acidez del suelo,

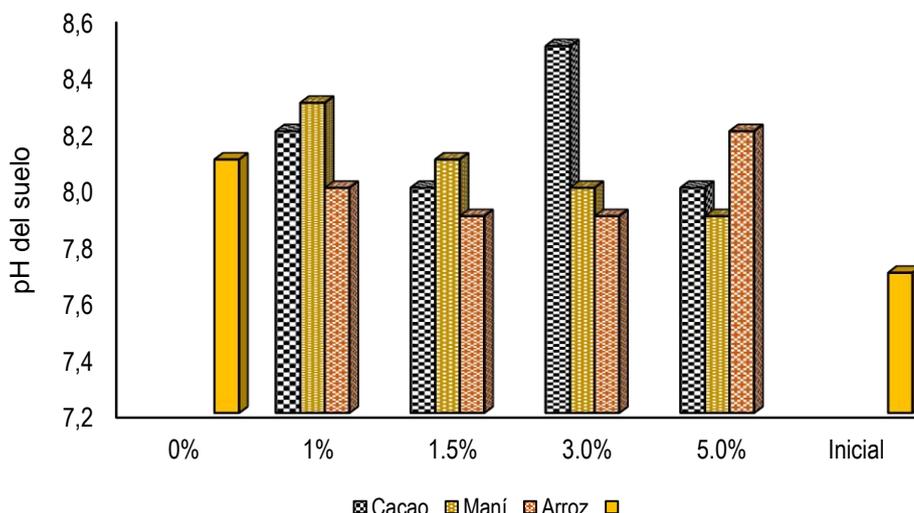


Figura 1. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar aplicadas a un suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023

Para obtener los resultados del contenido de carbono se utilizó el porcentaje de materia orgánica (%MO) y el factor de Van Benmelem. En la figura 2, se observa que la relación de contenido de carbono del suelo inicial es bajo, a diferencia de los tratamientos que recibieron biocarbón, donde existió similitud en las biomásas realizadas a base de arroz con niveles de concentraciones de 1% y del 3%, observándose un incremento del contenido de carbono del suelo al final del ciclo del cultivo. En este sentido, Muñoz (2018) menciona que el carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos.

De acuerdo con los resultados encontrados por Castruita (2017) el carbono orgánico disminuye conforme aumenta la profundidad del suelo, donde el bosque primario el porcentaje de carbono orgánico varía desde 5,79 % hasta 7,49 %, mientras que en el bosque secundario éste varía desde 3,34 % hasta 7,13 %.

Estos resultados evidencian que a mayor profundidad se encuentra menor porcentaje de carbono orgánico.

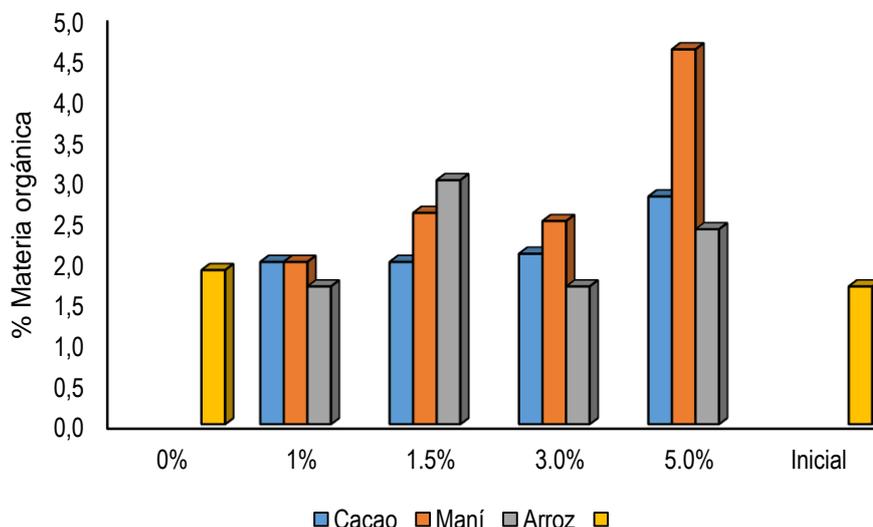


Figura 2. Influencia de varias concentraciones y tres tipos de biochar aplicadas a un suelo cebollero, Calceta, Ecuador 2023

4.2. EFECTO DEL BIOCHAR EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA CEBOLLA PERLA

4.2.1. ALTURA DE PLANTA (90 DÍAS)

La altura de planta a los 90 días después de realizada la siembra (DRS) si tuvo influencias altamente significativas ($p > 0.05$) por la evaluación de tratamientos, donde el tratamiento T12 alcanzo el mejor rendimiento en altura con un promedio de 67 cm. Los tratamientos restantes presentan una media similar entre ellos que va desde los 50 a 60 cm, en el uso de carbón vegetal en diferentes concentraciones. Lo cual nos indica que emplear biocarbón tiene efecto potenciador en el crecimiento de la planta de cebolla bajo las condiciones edafoclimáticas de este ensayo (**Figura 3**).

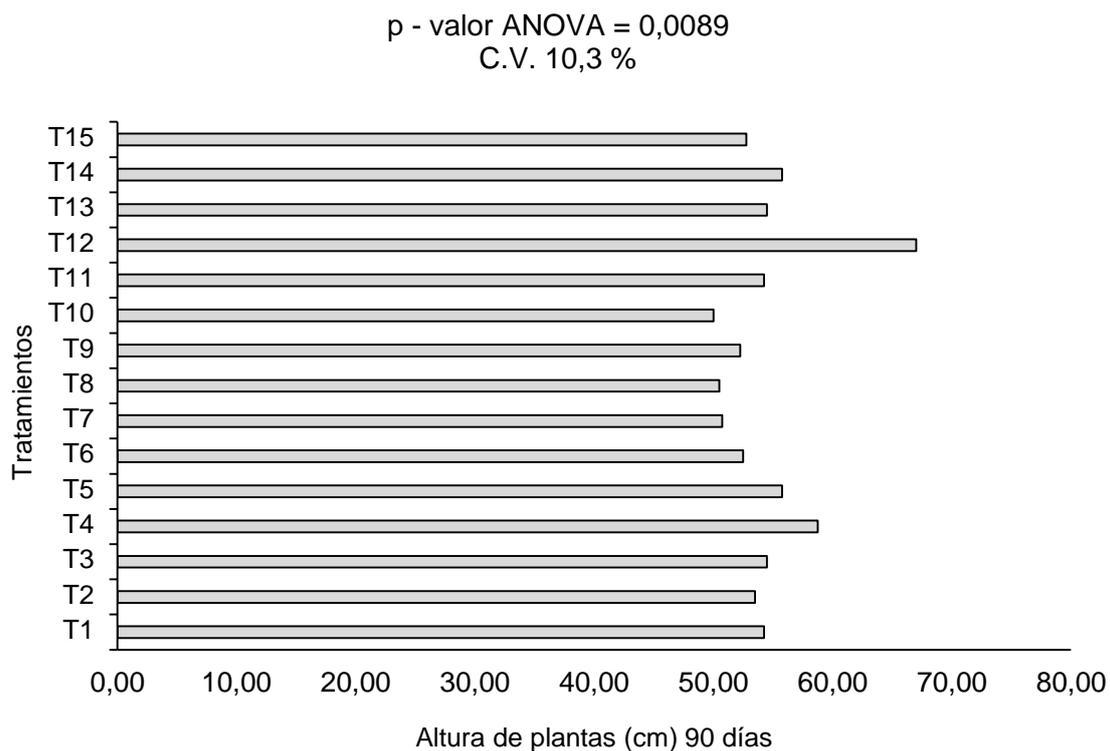


Figura 3. Efecto del bichar sobre la altura de planta a los 90 días después de realizada a siembra

Los resultados obtenidos coinciden con los encontrados por (Garay, 2019) quien indicó que la aplicación combinada de la biomasa de origen vegetal con diferentes niveles de concentración mejora considerablemente el rendimiento en el desarrollo vegetativo en un lapso de tiempo relativamente más corto en comparación con el testigo. De igual manera los resultados obtenidos, también se asemeja a lo descrito por Beltran et al. (2019) quienes reportaron que a nivel de vivero el biochar + concentración estimula el desarrollo. Por otra parte (Swetha, 2018) menciona que implementar biocarbón combinado con diferentes niveles de concentración ocasiona incremento de las plántulas, lo cual se debió a que, el bioestimulante al poseer micro poros crea condiciones adecuadas para que los microorganismos del suelo incrementen su población y estos a su vez promuevan mayor disponibilidad de nutrientes, minerales y sustancias de crecimiento para las plantas.

4.2.2. NÚMERO DE HOJAS (90 DÍAS)

El número de hojas a los 90 días (DRS) no fue influenciada significativamente ($p > 0.05$) por el uso del biochar en diferentes concentraciones evaluadas (**Figura 4**), lo cual muestra que, bajo las condiciones edafoclimáticas del ensayo, el uso del carbón vegetal no presenta efecto sobre el crecimiento de la planta de cebolla.

En este contexto, varios estudios reportan un efecto no favorable de la biomasa como enmienda del suelo y su efecto en el número de hojas como lo describe (Fonseca, 2018) que menciona que la aplicación de carbón orgánico en un cultivo de cebolla no presenta mejoras en el número de hojas, además de que se requiere de mucho más tiempo para que el biochar absorba los nutrientes en plantas de cebolla.

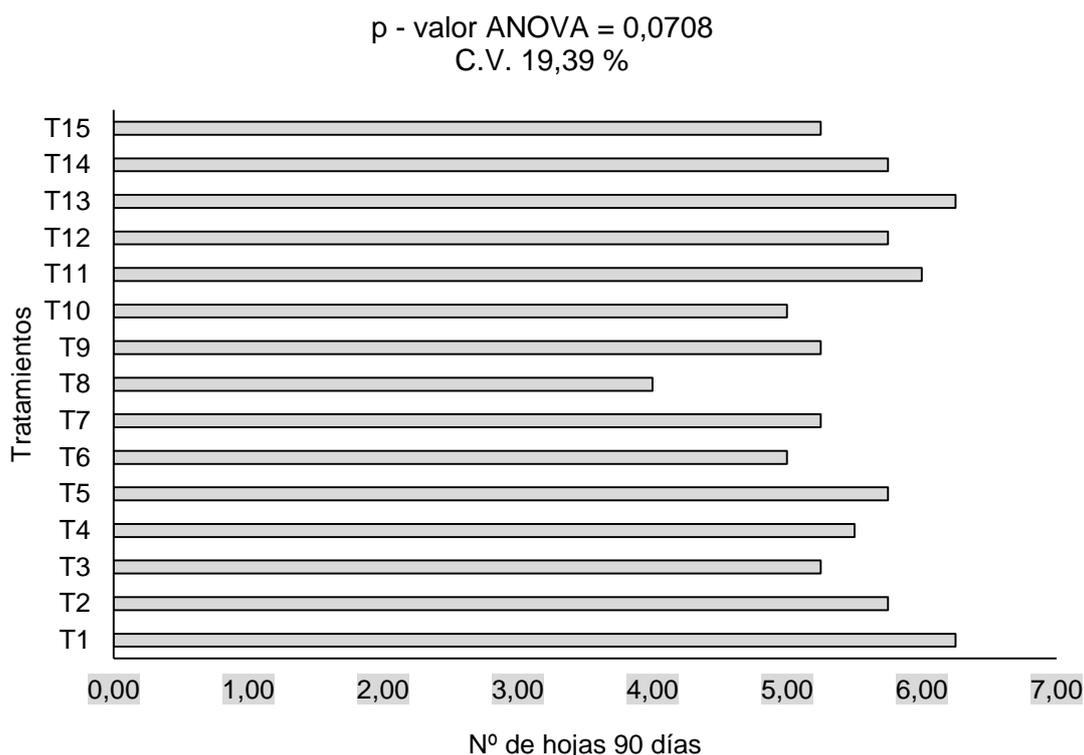


Figura 4. Efecto del biochar sobre el número de hojas a los 90 días después de realizada a siembra.

4.2.3. DIÁMETRO DE PSEUDOTALLO (90 DÍAS)

El diámetro de pseudotallo a los 90 días (DRS) no fue influenciada significativamente ($p>0.05$) por el uso del biocarbón en diferentes concentraciones evaluadas (**Figura 5**), lo cual muestra que, bajo las condiciones edafoclimáticas de este trabajo, el uso del biochar no presenta efecto sobre el crecimiento de la planta de cebolla.

Estos resultados concuerdan con (Olmedo, 2018) quien demostró que la aplicación de biomasa en distintas concentraciones no genera un impacto significativo en relación con el testigo, a su vez en este ensayo se logró comprobar que, aunque las concentraciones varíen no se logra obtener un diámetro elocuentemente diferente en comparación con los tratamientos sin carbón vegetal (T1, T6, T9), esto se lo puede atribuir que el biochar necesita de un tiempo más prolongado a los 90 días para que la planta tenga mayor aprovechamiento de los nutrientes.

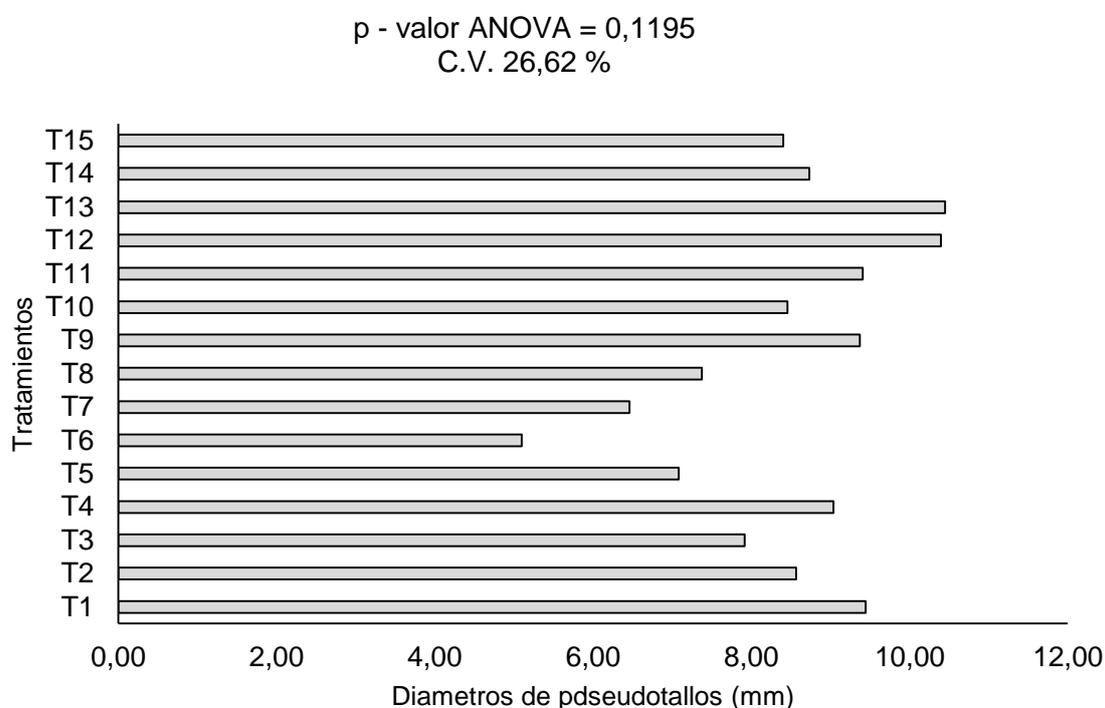


Figura 5. Efecto del bichar sobre el diámetro de pseudotallo a los 90 días después de realizada a siembra.

4.2.4. LONGITUD DE RAÍZ

La longitud de raíz de la planta de cebolla si tuvo influencias significativas ($p > 0.05$) por la evaluación de métodos, donde la relación T14 alcanzó el mejor rendimiento en longitud con un promedio de 6,50 cm, seguido por el T11 con promedio de 6,33 cm (**Figura 6**). Los tratamientos con el menor resultado presentado fueron el T6 y T9 con promedios que van de 3,85 a 3,75 cm respectivamente. Lo cual nos indica que el uso de biomasa a base de maní potencia el crecimiento de la planta de cebolla bajo las condiciones edafoclimáticas de este ensayo.

De acuerdo con (Pizarro, 2019) manifiesta que el carbón orgánico realizado a base de cascara de maní mediante el proceso de pirolisis tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, esto debido a su tardía descomposición de materia orgánica, a su vez por su capacidad para conservar nutrientes, el mismo que es asimilado por las plantas, acelerando su crecimiento radicular, además de un buen suelo es fundamental para una buena producción.

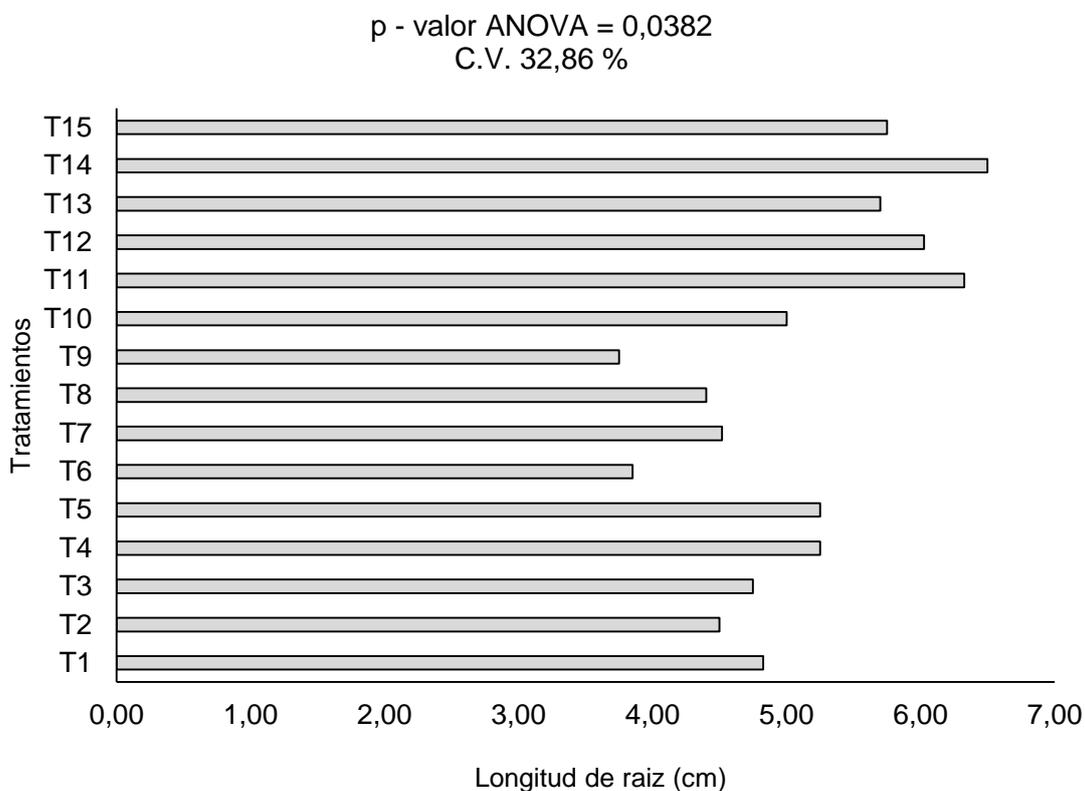


Figura 6. Efecto del bichar sobre la altura de planta a los 90 días después de realizada a siembra.

4.2.5. PESO FRESCO DE BULBO

El peso fresco del bulbo no fue influenciado estadísticamente de forma significativa ($p > 0.05$) por el uso del carbón vegetal en diferentes concentraciones evaluadas (**Figura 7**), lo cual muestra que, bajo las condiciones edafoclimáticas de este proyecto, el uso del biochar no presenta efectividad sobre la producción de la planta de cebolla debido al poco tiempo de acción del carbón vegetal en el suelo.

En el ensayo, al aplicar el carbón orgánico en diferentes niveles de concentraciones no incidió en el incremento en el peso fresco de bulbo en comparación con el testigo. En este sentido varios autores mencionan que la relación existente entre el aumento, el desarrollo y el peso fresco del bulbo después de los 90 días de la aplicación de biomasa no atribuye su desarrollo prominente a los cambios físicos que genera el biochar en el suelo (Viloria et al., 2018)

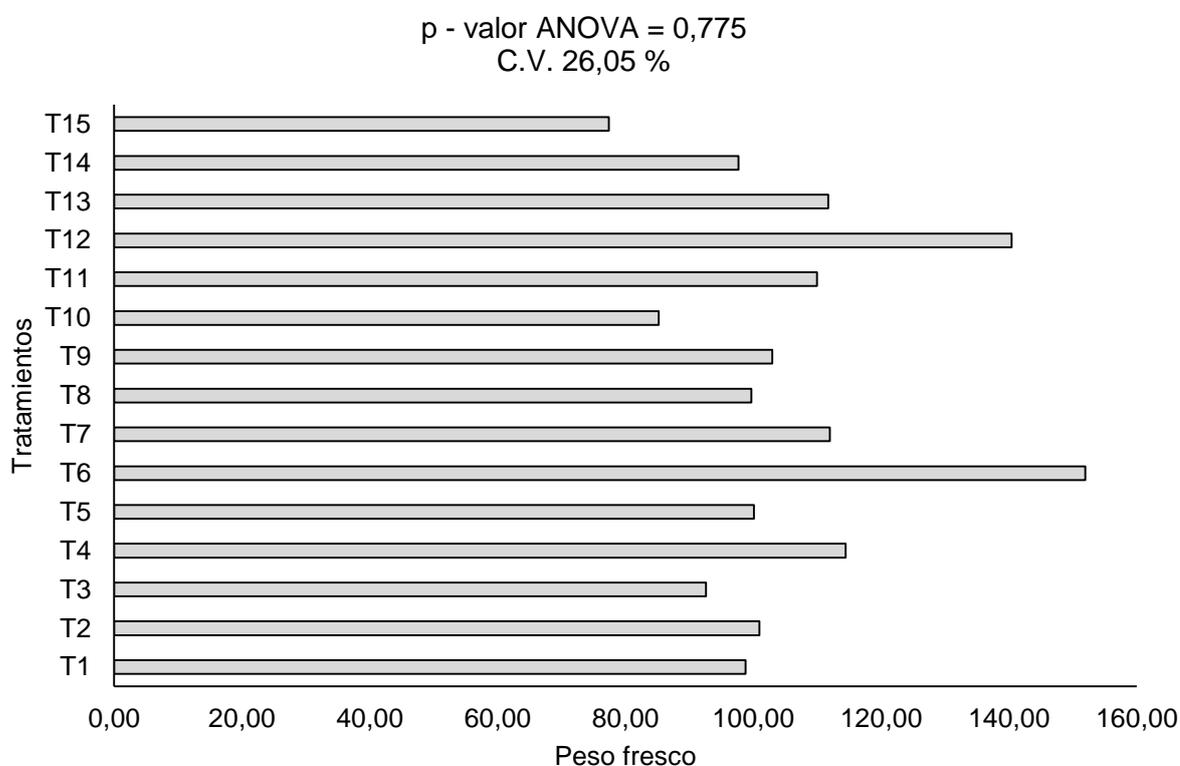


Figura 7. Efecto del biochar sobre el peso fresco de la planta de cebolla.

4.2.6. PESO SECO BULBO

El peso seco del bulbo de la planta de cebolla tuvo influencias significativas ($p > 0.05$) por la evaluación de tratamientos, donde el tratamiento T6 alcanzó el mejor rendimiento en peso seco con un promedio de 62,30 g, seguido por el T4 con promedio de 46,15 g. Los tratamientos con el menor resultado presentado fueron el T9 y T10 con promedios que van de 8,88 a 7,87 g respectivamente. Lo cual nos indica que el uso de carbón vegetal a base de arroz potencia el desarrollo productivo de la planta de cebolla bajo las condiciones edafoclimáticas de este ensayo (**Figura 8**).

Los tratamientos a base de cascaras de arroz y cacao (T6 y T4) lograron el mayor peso seco con relación al carbón orgánico a base de arroz (T9 y T10), estos resultados, según (Suquilanda, 2018) se presenta debido a que el carbón orgánico no actuó de manera prolongada sobre el suelo, es decir que el tiempo que el carbón vegetal pudo actuar no fue el requerido para establecer una discrepancia significativa sobre el testigo.

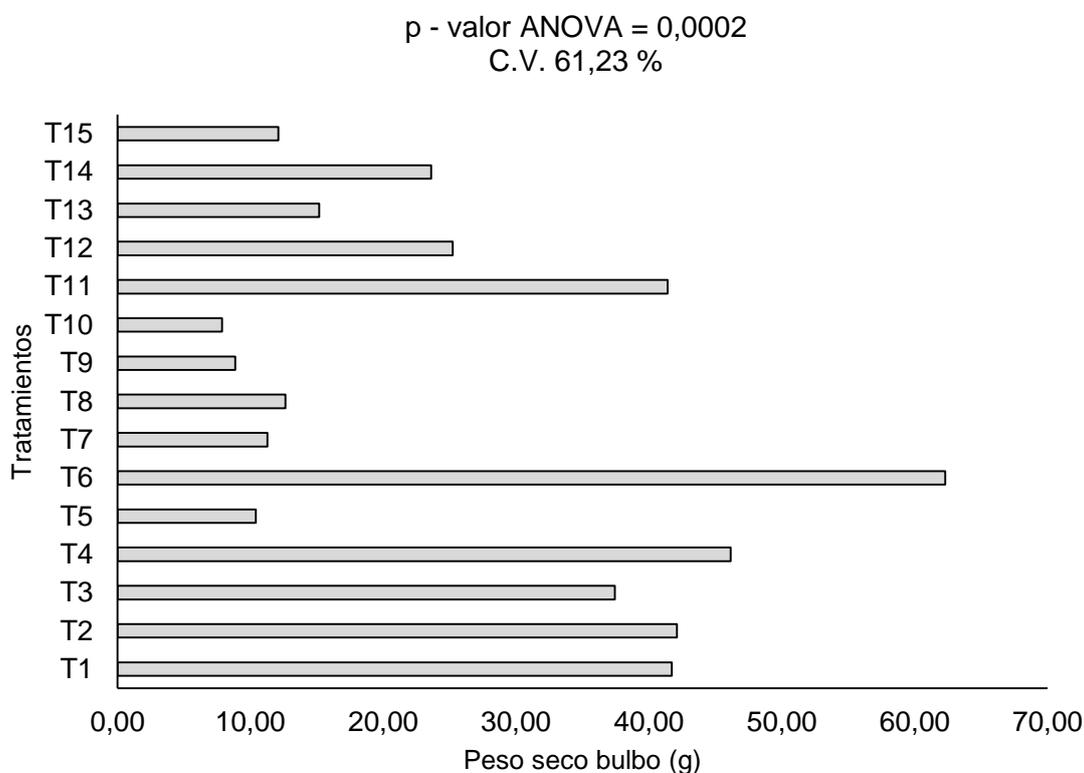


Figura 8. Efecto del bichar sobre el peso seco del bulbo de la planta de cebolla.

Suquilanda

4.2.7. PESO SECO RAÍZ

El peso seco de la raíz presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) por los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento T2 a base de carbón vegetal de cacao y 1% de concentración el que presentó un mayor rendimiento con un promedio de peso seco radical de 0,20 g (**Figura 9**). A diferencia de los tratamientos a base de biocarbón de maní que presentaron menor rendimiento como el T8 que presento promedio de 0,06 g, siendo el más bajo de todas las evaluaciones. Lo cual nos indica que el uso de biocarbón a base de cacao potencia el desarrollo de la planta de cebolla bajo las condiciones edafoclimáticas de este proyecto.

Siendo este resultado similar a lo reportado por (Villafane et al. (2018) Quienes indicaron que el peso seco de la raíz fue significativamente más desarrollado con respecto al testigo, en plantas que contenían biochar.

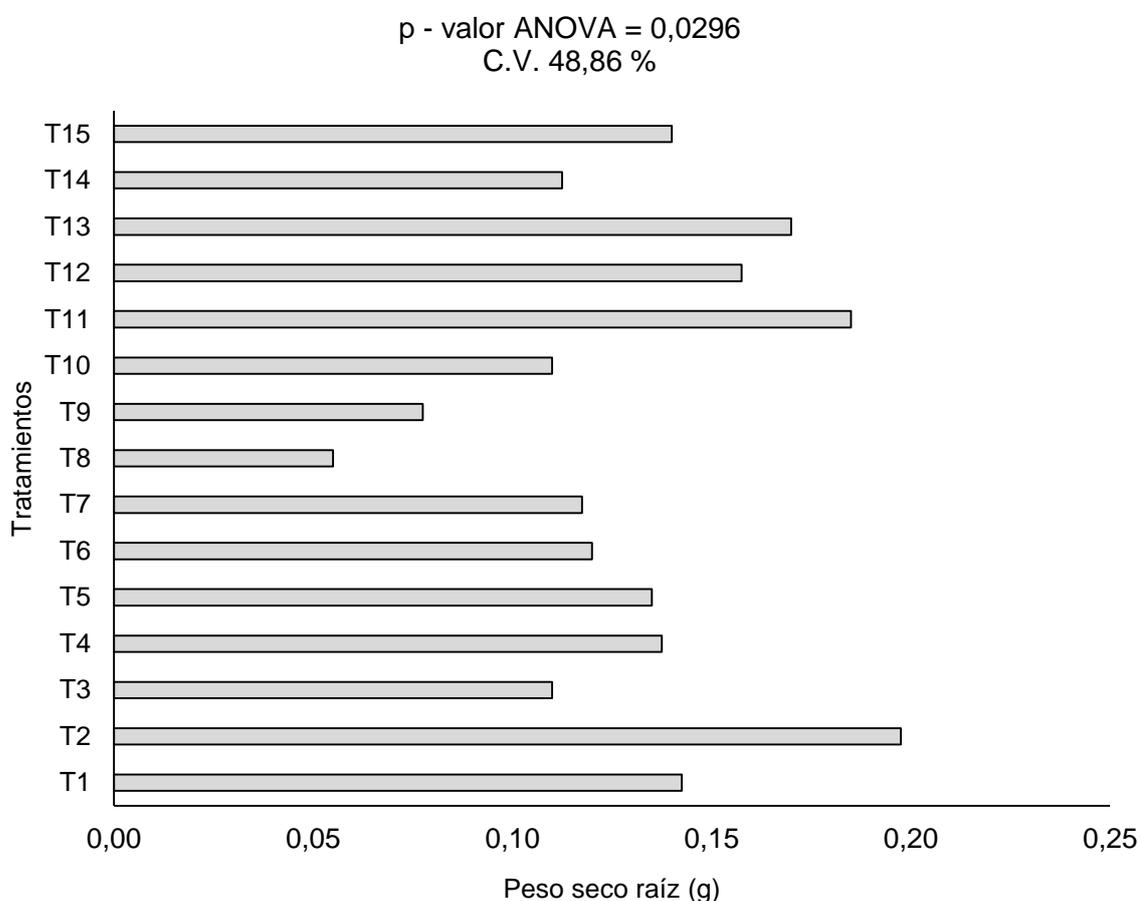
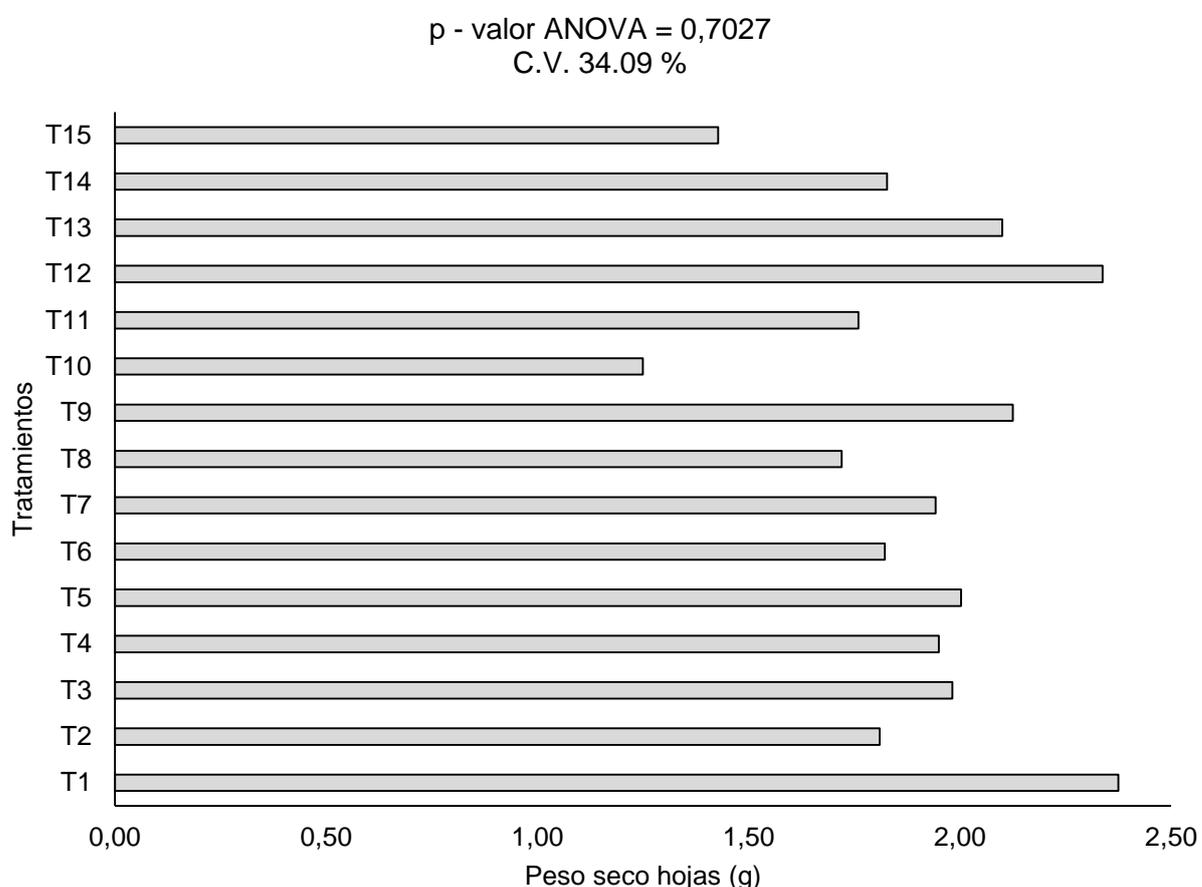


Figura 9. Efecto del bichar sobre el peso seco de la raíz de la planta de cebolla.

4.2.8. PESO SECO HOJAS

El peso seco de las hojas no fue influenciado estadísticamente de forma significativa ($p > 0.05$) por el uso del biochar en diferentes concentraciones evaluadas (**Figura 10**), lo cual muestra que, bajo las condiciones edafoclimáticas de este ensayo, el uso del carbón orgánico no presenta efecto sobre la producción de la planta de cebolla.

Estos resultados tienen similitud a los obtenidos por Marcial et al. (2019) quienes indican que el peso seco de las hojas no presentó diferencias significativas, en comparación con el testigo, entre los tratamientos que contenían Biochar, debido a esto manifiestan, que los resultados reportados en la literatura no son sólidos, sino por el contrario, son altamente variables y se debe de considerar el tipo o



variedad de plantas de cebolla, y las propiedades físicas y químicas del biocarbón.

Figura.10. Efecto del bichar sobre el peso seco de las hojas de la planta de cebolla.

4.2.9. DIÁMETRO BULBO

El diámetro del bulbo presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) por los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento T6 a base de biocarbón de maní presentó un mayor rendimiento con un promedio de diámetro de 68,20 mm. A diferencia del tratamiento a base de carbón vegetal de arroz que presentó un menor rendimiento siendo el T15 con promedio de 52,03 mm, logrando ser el indicador más bajo de todas las evaluaciones (**Figura 11**). Lo cual nos muestra que el uso de carbón orgánico a base de maní potencia el desarrollo de la planta de cebolla bajo las condiciones edafoclimáticas de este trabajo.

Los resultados ya mencionados discrepan con Loachamínet al. (2018) pues ellos no observaron diferencias entre los tratamientos que contenían biochar, estos debido a la diferencia de densidad de plantas en los tratamientos

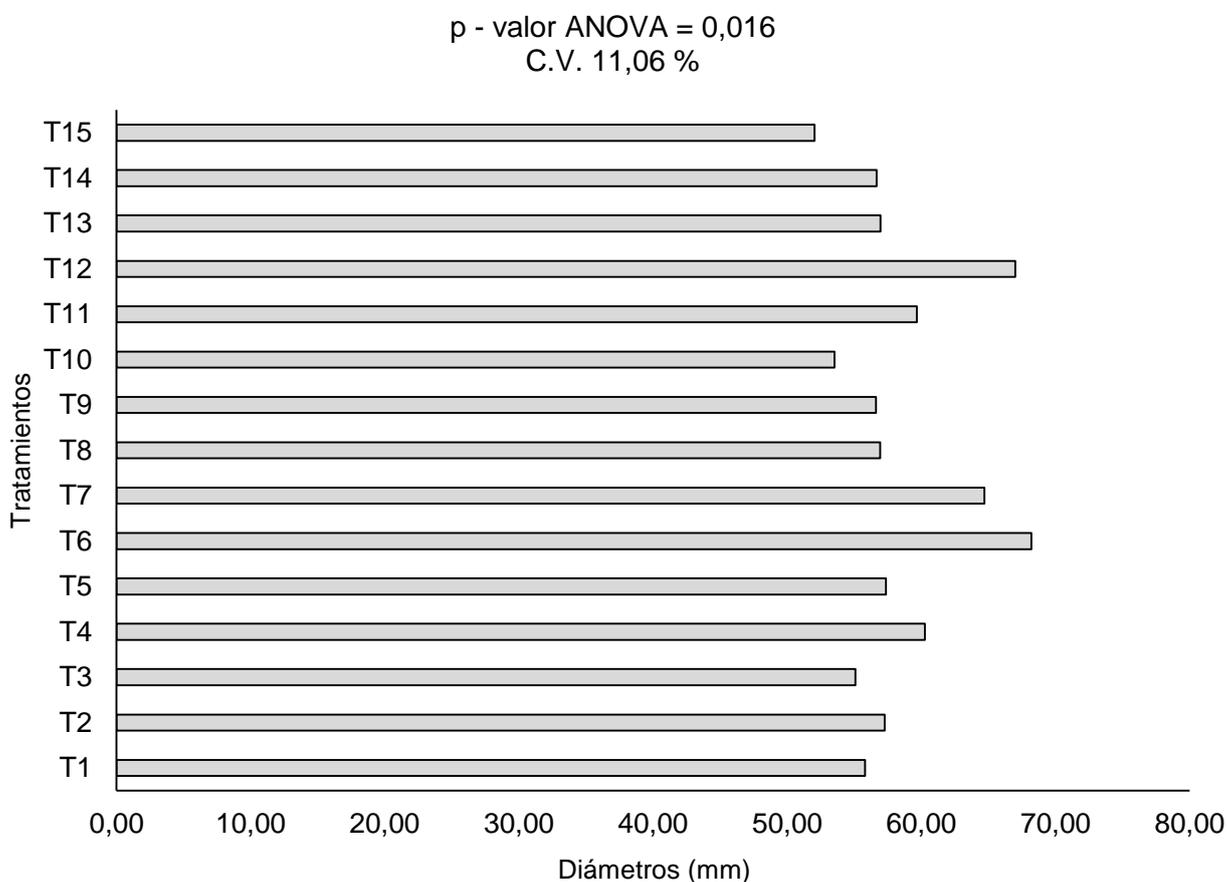


Figura 11. Efecto del bichar sobre el diámetro de bulbo de la planta de cebolla.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ El análisis físico - químico realizado al suelo, con los diferentes niveles de concentración de biocarbón mostraron altos niveles de los macronutrientes como fósforo los cuales oscilaron entre 63%-207% (P) potasio varía de 1,45% a 3,27% (K) calcio presentó un rango del 14% a 24% (Ca) magnesio varía de 3,2% a 4,1% (Mg) azufre oscila entre 10% a 76% (S) a excepción del hierro que se presenta bajo en los micronutrientes con valores que van desde 10% hasta 16%, aunque también presentan diferentes niveles (Alto, Medio y Bajo), el contenido de Manganeseo (Mn) varía de 6,1 a 8,9%, el pH se presentó ligeramente alcalino.
- ❖ El carbón vegetal a base de cascaras de maní tuvo mejores resultados variando entre las concentraciones tanto para altura de planta como diámetro de tallo, mientras que para el peso el biochar a base de arroz fue quien presentó resultados más significativos de igual manera variando sus concentraciones, por otro lado, en este ensayo se pudo observar que en la variable número de hojas ninguno de los tres carbón orgánico que se evaluó tuvieron diferencias significativas en comparación con el testigo.
- ❖ La aplicación de biochar originó un efecto positivo en la altura de planta, donde se evidenció que el tratamiento más eficiente fue el T12 con un promedio de 67 cm.

5.2. RECOMENDACIÓN

Los resultados obtenidos no fueron concluyentes ni determinantes, por lo que se recomienda realizar trabajos con dosis de biocarbón más altas, que el cultivo llegue a su ciclo final y en campo abierto, con una duración del ensayo más prolongada, con la finalidad de determinar si con dosis mayores de biochar potencia en mayor medida el crecimiento y rendimiento del cultivo de cebolla perla.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R., Israel, P, y Mora, H. (2013). Estado actual de *Peronospora sparsa*, causante del mildiu veloso en rosa. *Revista mexicana de fitopatología*, 113-125.
- Bacuylima, A y Ordoñez , J. (s/f). Proyecto de cebolla perla para exportación. Instituto de Ciencias Humanísticas Económicas y Economía y Gestión Empresarial. p. 4 -20.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3643/1/6170.pdf>
- Baudoin, A. (2019). *AgroEs*. Obtenido de AgroEs:
<https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/cebolla/408-cebolla-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Beltran, A., Daniela, A y Díaz, M. (2019). *Evaluación de desarrollo y la producción del cultivo de cebolla de bulbo*. Obtenido de Evaluación de desarrollo y la producción del cultivo de cebolla de bulbo:
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2472/EVALUACION%20DE%20DESARROLLO%20Y%20PRODUCCION%20DEL%20CULTIVO%20DE%20CEBOLLA%20DE%20BULBO%20APLICANDO%20TECNOLOGIAS%20DE%20SI.pdf?sequence=1>
- Böttcher, C. (2018). *Centro Federal de Investigaciones de Plantas Cul*. Obtenido de Centro Federal de Investigaciones de Plantas Cul:
<https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf>
- Bonilla, I. (2015). Cómo cultivar cebollas en macetas. Blog. El español.
https://www.elespanol.com/cocinillas/cocinar/20150622/cultivar-cebollas-macetas/42995701_0.html

- Castells, X. (2018). Repositorio Unal. Repositorio Unal:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53716>
- Cebolla, V., y Maroto, J. (2004). La desinfección como medio de control de la fatiga del suelo. <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/7949>
- CENEAM. (2020). VALORIZACIÓN ENERGÉTICA / TRATAMIENTOS TÉRMICOS. Pirolisis. Ministerio para la transmisión ecológica y el reto demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Pirolisis.aspx#:~:text=La%20pirolisis%20es%20una%20degradaci%C3%B3n,produzcan%20las%20reacciones%20de%20combusti%C3%B3n.>
- Castro, E., Norda, B., Porto, D., & Alcides, J. (2018). *Avances en Investigación Agropecuaria*. Obtenido de Avances en Investigación Agropecuaria: <http://ojs.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/1026>
- Castruita, S. (2017). *Terra Latinoamericana*. Obtenido de Terra Latinoamericana: <https://boletinagrario.com/ap6/carbon+organico/1682.html>
- Chanalata, Y y Cargua, M. (2013). *Respuesta de la cebolla perla (allium cepa l.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego*. Ascázubi, Pichincha. QUITO: Universidad Central Del Ecuador Facultad de ciencias agrícolas carrera de ingeniería agronómica. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1100/1/T-UCE-0004-8.pdf>
- Coello, J. (2012). Respuesta del cultivo de cebolla roja (*Allium cepa* L.) a la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos en la parroquia Imantag,

provincia de Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo-Ecuador. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/686>

Cuchiparte C. (2021). Evaluación de tres abonos orgánicos (estiércol de bovino, cuyaza y humus), con dos dosis de aplicación en el cultivo de cebolla perla (*Allium cepa*), en el sector de Salache. Latacunga. Cotopaxi. 2021. COTOPAXI: UNIVERCIDAD TECNICA DE COTOPAXI. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8096>

Cuervo L (2015). Pirólisis: Qué es, Tipos y proceso pirolítico. Blog. Eres Medio Ambiente. <https://eresmedioambiente.com/pirolisis-que-es-tipos-y-proceso-pirolitico/>

De Los Ríos, I., Becerril, H y Rivera, M. (2016). La agricultura ecológica y su influencia en la prosperidad rural: visión desde una sociedad agraria (Murcia, España). Agrociencia. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000300375&script=sci_abstract

Delgadillo, S. (08 de 04 de 2020). *intagri*. Obtenido de intagri: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/pudricion-blanca-sclerotium-cepivorum-en-el-cultivo-de-cebolla>

Delgado, J. (2019). Influencia de la dilución y concentración de los electrolitos en la medición del pH en suelos ácidos. *Revista Científica Pakamuros*, 13-21.

- Delgado, O. (2020). Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas. *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 35, No. 2, 2. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1090/1606>
- Driutti, A. (2019). *koppert*. Obtenido de *koppert*: <https://www.koppert.es/retos/control-de-plagas/trips/trips-de-la-cebolla/>
- Fonseca, J. (2018). *Wiley*. Obtenido de *Wiley*: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.8227>
- Flottweg. (2017). Contenido en materia seca (contenido MS). <https://www.flottweg.com/es/wiki/tecnica-de-separacion/contenido-en-materia-seca/#:~:text=El%20contenido%20en%20materia%20seca,es%20%5B%25%20p%2Fp%5D>.
- Garay, E. (2019). *Guia Tecnica Cultivo de Cebolla*. Obtenido de *Guia Tecnica Cultivo de Cebolla: Achromobacter xylosoxidans bacteria from the heavy metal-contaminated soil of the Brass*
- Guadalupe, B., Crespín, R., & Borbor, B. (2021). *Análisis comparativo de la actividad antimicrobiana de la cebolla (Allium cepa)*. Obtenido de *Análisis comparativo de la actividad antimicrobiana de la cebolla (Allium cepa)*: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58347>
- Girón, A. (2017). Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030: Frente a las políticas públicas y los cambios de gobierno en América Latina. *Problemas del desarrollo*, 3-8.

Gold L. (2015-07-13). Biochar, el carbón que no se quema. CREA.F.
<https://blog.creaf.cat/es/noticias/biochar-el-carbon-que-no-se-quema/#:~:text=El%20biochar%20es%20carb%C3%B3n%20vegetal,sue lo%20para%20mejorar%20sus%20propiedades.>

Gómez, H. (s/f). Factores de manejo. Numero de hojas.
<https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s09.htm>

InfoAgro (s/f). EL CULTIVO DE LA CEBOLLA.
<https://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>

Guerrero, A. (2017). Determinación de las Propiedades Mecánicas en un Suelo Arcilloso como Función de la Densidad y el Contenido de Humedad. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 5-11.

Infoagro. (2018). La importancia de la agricultura orgánica en el mundo. AGRITECNIC. <https://mexico.infoagro.com/la-importancia-de-la-agricultura-organica-en-el-mundo/g>

Klug, M. (2017). *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: https://eresmedioambiente.com/pirolisis-que-es-tipos-y-proceso-pirolitico/#Tipos_de_pirolisis

León, G. (2018). *Agro Web de Agricultura con Información Técnica y Promoción de Productos Agrícolas*. Obtenido de Agro Web de Agricultura con Información Técnica y Promoción de Productos Agrícolas: http://www.derechoambiental.org/Derecho/Documentacion/PCPD_PDA_Pilahuin_VOL_I.pdf

Llique, R. (2015). Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos. *Unitru*, 12-45.

- Loachamín, S., Coayo, S., & Carrillo, M. (2018). *VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA*. Obtenido de VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15156/1/T-ESPE-057974.pdf>
- Marcial, M., Mayte, E., & Carrillo, M. (2018). *Evaluación del efecto de tres tipos de compost en el desarrollo fenológico del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.)*. Obtenido de Evaluación del efecto de tres tipos de compost en el desarrollo fenológico del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) : <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6071>
- Martinez, V. (2017).. TerraLatinoAmericna: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319102.pdf>
- Medina, C., Mantilla, G y González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas e biológicas del suelo. Orinoquia vol.22 no.2 Meta July/Dec. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092018000200141
- Molina E. (2020). "Evaluación del efecto de tres tipos de compost en el desarrollo fenológico del cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L.) en el cantón Mocache, Los Ríos". Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6071/1/T-UTEQ-0285.pdf>
- Muñoz, R. (2018). carbono organico y propiedades del suelo . *revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 68-96.
- Névarez, L., & Cuzme, X. (2016). *Efectos de temperatura y tiempo de deshidratación, en características físicas y sensoriales de cebolla perla*

(*Allium cepa* L). Obtenido de Efectos de temperatura y tiempo de deshidratación, en características físicas y sensoriales de cebolla perla (*Allium cepa* L): <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/266>

Noyes, J. (2017). *The biology of the leek moth*. Obtenido de The biology of the leek moth: <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/20822/2/Noyes-JS-1974-PhD-Thesis.pdf>

Olmedo, P. (2018). *science direct*. Obtenido de science direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117316216>

Olmo, M. (2016). *suquUCO*. Obtenido de UCO: <https://helvia.uco.es/handle/10396/13381>

Ordóñez, J. (2014). Evaluación agronómica de diez “familias” seleccionadas de Chalote (*Allium cepa* variedad *aggregatum*) en Puenbo-Pichincha. de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4206/1/112633.pdf>

Organic Trade Association (OTA). (2002). Productos orgánicos. <https://ota.com/abouto.htm>

Pollini, A. (2015). La difesa delle piante da orto. *Edagricola. Bologna*, 11-34.

Prieto, O. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal. Universidad de Cordova. Tesis Doctoral UCO. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13381>

Pro Ecuador. (2021). Crece demanda de pitahaya ecuatoriana en EEUU por temporada alta de producción. PRO-ECUADOR:

<https://www.proecuador.gob.ec/crece-demanda-de-pitahaya-ecuatoriana-en-eeuu-por-temporada-alta-de-produccion/>

Ramírez, A., Veitia, D., Torres, D., Rivero, L., García, L., Collado, R y López M. (2019). Longitud de la raíz: indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. vol.19 no.3. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000300225#:~:text=La%20longitud%20de%20la%20ra%C3%ADz,cultivar%20'BAT%2D93'.

Real Academia de Ingeniería. (2019). Peso fresco. Diccionario Raing. <https://diccionario.raing.es/es/lema/peso-fresco-0#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,el%20del%20agua%20que%20contiene>.

Rosendo, S. (2018). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Escarabajo_de_la_Cebolla

Rullan, G. (2012). Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf>

swe

Sánchez, A. (2017). ALTURA LIBRE DE PLANTA. <https://angelsinocencio.com/altura-libre-de-planta/>

- Santos, G., Range, E., & Villaseñor, E. (2014). Pérdidas Ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 166-171.
- Sepúlveda, E y Zazueta, F. (s/f). Dimensiones del Bulbo Húmedo en Riego Localizado. University de Florida. ABE351S. file:///C:/Users/Cindy%20Villacis/Downloads/tracydz-ae264.pdf
- Silva, M. (s/f). "La cebolla, entre globalidad gastronómica y lágrimas de sabor". Agrotendencia. <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cebolla/>
- Sochi, S., Krull, E., Cape, L y Bol C. (2010). Una revisión del biocarbón y su uso y función en el suelo. Vol. 105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211310050029>
- Suquilanda, M. (2018). *El Semillero*. Obtenido de El Semillero: <https://www.google.com/search?q=biochar&oq=bioch&aqs=chrome.2.69i59l2j0i512j69i57j0i512j69i60l3.2777j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Swetha, S. (2018). *La salle*. Obtenido de La salle: https://www.researchgate.net/publication/299520755_Human_Urine_as_a_Low_Cost_a
- Uribe, F. (2015). El mejor método de siembra para tus cebollas. <https://www.hortalizas.com/cultivos/cebollas-ajo/el-mejor-metodo-de-siembra-para-tus-cebollas/>
- Villafane, C., Margoth, Y., & Vallejos, M. (2018). *Resolución de datos de la cebolla perla*. Obtenido de Resolución de datos de la cebolla perla: <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/7949>

Viloria, H., Córdova, C., & Cadavid, L. (2018). *Universidad San pedro*. Obtenido de Universidad San pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10425>

Voltolina, D. (2007). Determinación de peso seco y contenido orgánico e inorgánico. DETERMINACIÓN DE PESO SECO. https://www.researchgate.net/publication/281783352_Determinacion_de_peso_seco_y_contenido_organico_e_inorganico

Wang, J. (2019). Preparación, modificación y aplicación ambiental de biocarbón: una revisión. Volumen 227. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619313733>

Weber, K. (2018). Propiedades del biocarbón. Volumen 217, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117316216>

ANEXOS

ANEXO 1

Instalación del área de trabajo de investigación



ANEXO 2

Selección de cascaras de cacao, maní y arroz para realizar el biochar



ANEXO 3

Realización de biochar mediante el proceso de pirolisis



ANEXO 4

Los tres tipos de biochar ya realizados



ANEXO 5

Mezcla de los distintos biochar con sus diferentes niveles de concentración con el suelo

**ANEXO 6**

Toma y recolección de datos



Toma de datos en laboratorio



ANEXO 8

Cosecha de cebolla perla

