



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

CARRERA DE AGRÍCOLA

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

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y BIOCHAR SOBRE EL
CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE Balsa
(*Ochroma pyramidale*).**

AUTORAS:

**DANIELA MERCEDES MOREIRA GAÓN
PAMELA ALEJANDRA SANTANA CEDEÑO**

TUTOR:

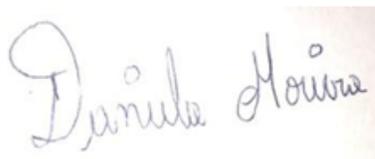
ING.FROWEN CEDEÑO SACÓN., M.Sc

CALCETA, JULIO 2022.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Moreira Gaón Daniela Mercedes** con cédula de ciudadanía 1315121093 y **Santana Cedeño Pamela** Alejandra con cédula de ciudadanía 1314799071, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*)** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos 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 nuestro 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.



.....
Daniela Mercedes Moreira Gaón

CC: 1315121093

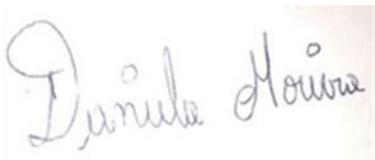


.....
Pamela Alejandra Santana Cedeño

CC: 1314799071

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Moreira Gaón Daniela Mercedes con cédula de ciudadanía 1315121093 y **Santana Cedeño Pamela Alejandra** con cédula de ciudadanía 1314799071, autorizo 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: **EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....
Daniela Mercedes Moreira Gaón

CC: 1315121093



.....
Pamela Alejandra Santana Cedeño

CC: 1314799071

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Angel Frowen Cedeño Sacón, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*)**, que ha sido desarrollado por Moreira Gaón Daniela Mercedes y Santana Cedeño Pamela Alejandra, previo 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. Frowen Cedeño Sacon., M.Sc

CC: 1310353121

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE Balsa (*Ochroma pyramidale*)**, que ha sido desarrollado por Moreira Gaón Daniela Mercedes y Santana Cedeño Pamela Alejandra, previa 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. Galo Alexander Cedeño García., M.Sc

CC: 131195683

PRESIDENTE TRIBUNAL

.....
Ing. Cristian Valdivieso López., M. Sc

CC: 1717929283

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Sergio Vélez Zambrano., M. Sc

CC: 1310476773

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me concedió la oportunidad de adquirir una educación superior de importancia y calidad.

A Dios principalmente por ser un pilar fundamental en mi vida, ha sido mi guía y mi mayor fortaleza, me obsequio a muchas personas que siempre me apoyaron con sus consejos de aliento y fuerzas cuando todo se tornaba difícil.

Al Ing. Federico Díaz quien fue un apoyo fundamental en la investigación y siempre estuvo la predisposición de ayudar con sus conocimientos de manera excepcional. Sin duda alguna fue un gran tutor, gracias por enseñarme el valor del compromiso, respeto y sacrificio. Al Ing. Ángel Cedeño por su apoyo para la culminación de la investigación, por aportar de manera directa a nuestra formación como futuros profesionales.

A mi familia quienes fueron parte principal del proceso desde el día 1 hasta culminar la carrera, gracias por su amor incondicional. A mi mamá quien siempre ha creído en mí y me dio su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida como universitaria. A mis amigas quienes fueron parte importante de todo, gracias por su apoyo y lealtad, gracias a mi amiga Ana Mendoza quien ha sido mi apoyo desde siempre, sus consejos y su amistad incondicional han sido indispensable para mí.

A mi compañera y amiga de tesis Pamela Santana le agradezco la entrega y compromiso dado para conseguir nuestras metas. Sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

A cada uno de los miembros del cuerpo de docente de mi carrera Ingeniería agrícola, gracias por los conocimientos brindados como profesionales de calidad, gracias por las exigencias que nos aportaron empeño para ser cada día mejores.

Daniela Moreira Gaón

AGRADECIMIENTO

A Dios que ha forjado mi camino y me direccionado por el sendero correcto a estado ayudándome en todo momento. Eres quien guía el destino de mi vida.

A mis padres, especialmente a mi madre gracias por ser la figura más importante de mi vida, por ser mi mejor amiga y consejera. Gracias mami. Y a toda mi familia por estar presente en cada logro, aportando buenas cosas para mi vida gracias por toda su ayuda, les agradezco desde mi corazón familia.

A la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López de la cual me siento muy orgullosa gracias por todas las enseñanzas brindado a lo durante de este camino me brindaron una educación inmemorable.

A cada uno de los docentes por la ayuda brindada durante este proyecto de investigación gracias por su paciencia por compartir sus conocimientos profesionales.

A mi compañera de tesis Daniela, te agradezco por todos tus conocimientos tu dedicación y colaboración que permitió el desarrollo de este trabajo. Gracias amiga.

Finalmente, a toda mi familia y amigos por apoyarme cuando los necesitaba gracias por brindarnos su ayuda y extender en mis momentos difíciles por su amor cariño, siempre estarán presentes en mi corazón.

Pamela Alejandra Santana Cedeño

DEDICATORIA

A Dios principalmente por ser mi guía incondicional, a mis padres por su apoyo fundamental y por siempre creer en mí.

A mi familia quienes fueron los que me enseñaron el valor del compromiso y sacrificio para conseguir las metas propuestas. Gracias por el apoyo en todo momento.

A mis amigos más cercanos quienes siempre creyeron que si era capaz de lograr grandes cosas, gracias por sus consejos, fueron de mucha ayuda.

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí ya que fue el lugar donde adquirí conocimientos para así forjarme como un profesional y ser una mejor persona

Daniela Mercedes Moreira Gaón

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por ser nuestro creador y ayudarme a cumplir esta gran meta de mi vida. Además, de brindarme su protección estuvo para mí en cada segundo, para escuchar y llenarme de ánimo y fortaleza.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López casa de estudio que me permitió crecer académicamente y tener una educación de calidad.

A mis padres, especialmente a mi madre Cindy Santana dedico con todo mi corazón pues sin ella no lo habría logrado, por tu apoyo, protección a lo largo de mi vida por eso te doy mi trabajó en ofrenda de tu paciencia y amor madre, TE AMO. A mis abuelos, mami Flor quien me daba su bendición y buenos deseos al salir de casa. A mis tías gracias por siempre estar para mí en cada momento, hermanos y demás familiares que creyeron en mí. Como gran familia siempre me apoyaron y contribuyeron en mi carrera. Para ustedes también dedico mi trabajo.

A los Ing. Sergio Vélez y Galo Cedeño, por su grandiosa asesoría académica, fueron un pilar fundamental en la elaboración de este trabajo. Sus conocimientos y enseñanzas tuvieron un gran valor. Además de Ing. fueron grandes amigos que siempre nos tendieron la mano.

A nuestros asesores de tesis Ing. Federico Díaz y Angel Cedeño, su guía y paciencia nos ayudó en cada paso, por estar siempre atentos a las dudas.

A mi compañera de tesis, Daniela, mi amiga gracias por tu inteligencia y dedicación sin ti este trabajo no sería lo mismo. Nos complementamos perfectamente para lograr con éxito esta tesis que, aunque nos sacó canas verdes hoy nos da la mayor satisfacción. Ahora vienen éxitos para las dos y para nuestras familias. Finalmente podemos celebrar y decir “lo logramos”.

Pamela Alejandra Santana Cedeño

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
CONTENIDO GENERAL.....	x
ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.4. HIPÓTESIS.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	7
2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA Balsa.....	8
2.3.1. TAXONOMÍA.....	8
2.3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	9
2.3.3. DESARROLLO DE Balsa EN VIVERO.....	9

2.4. FERTILIZACIÓN DE PLANTAS FORESTALES	10
2.5. BIOFERTILIZANTES.....	11
2.5.1. BIOFERTILIZANTES EN ESPECIES FORESTALES.....	11
2.5.2. <i>TRICHODERMA</i> SSP COMO BIOFERTILIZANTE	12
2.5.3. <i>BACILLUS SUBTLIS</i> COMO BIOFERTILIZANTE	13
2.6. BIOCHAR.....	15
2.6.1. EFECTOS DE BIOCHAR SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	15
2.6.2. MÉTODOS DE APLICACIÓN AL SUELO	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	18
3.1. UBICACIÓN.....	18
3.2. DURACIÓN.....	18
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	18
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	18
3.6. DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL	19
3.6.1. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	19
3.7. VARIABLES RESPUESTAS Y MÉTODO DE EVALUACIÓN.....	19
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	21
3.8.1. PREPARACIÓN DE SUSTRATO	21
3.8.2. ESTERILIZACIÓN.....	21
3.8.3. APLICACIÓN DE BIOCHAR	22
3.8.4. LLENADO DE FUNDAS.....	22
3.8.5. PREPARACIÓN DE SEMILLERO Y PRE SIEMBRA.....	22
3.8.6. TRANSPLANTE	22
3.8.7. APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES	22
3.8.8. CONTROL DE MALEZAS.....	23
3.9.9. RIEGO	23
3.8.10. CONTROL DE PLAGAS	23

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. ALTURA DE PLANTA (60 DÍAS).....	24
4.2. PESO SECO DE LA PARTE AÉREA.	25
4.3. LONGITUD RADÍCULAR.....	26
4.4. PESO FRESCO DE LAS RAÍCES.....	27
4.5. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR).	28
4.6. TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN).....	29
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
5.1 CONCLUSIONES.....	31
5.2. RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

CUADROS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la balsa.....	7
Tabla 2. Promedio de la variable altura de la planta (cm) en la balsa a los 60 días.....	23
Tabla 3. Promedio variable peso seco aéreo (gr) la planta en la balsa a los 60 días.....	24
Tabla 4. Promedio variable peso fresco raíces (gr) la planta en la balsa a los 60 días.....	26

GRÁFICOS

Figura 1. Promedio de longitud de la planta (cm) a los 60 días.....	25
Figura 2. Efecto de biofertilizantes + biochar sobre la tasa de crecimiento relativo en el cultivo de balsa.....	27
Figura 3. Efecto de biofertilizantes + biochar sobre la tasa asimilación neta (TAN) en el cultivo de balsa.....	28

RESUMEN

Balsa (*Ochroma pyramidale*) es una especie nativa de árboles forestales de rápido crecimiento, de importancia económica y ecológica. Los biofertilizantes y el biochar potencializan el crecimiento de forestales, frutales y otras especies, aumenta la producción de biomasa y proporciona mayor resiliencia ante ataque de plagas y enfermedades. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de biofertilizantes y biochar sobre el crecimiento inicial y calidad de plántulas de balsa (*Ochroma pyramidale*). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 7 tratamientos más un testigo y 3 repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales, se realizó un análisis de varianza (ADEVA). Las variables registradas fueron altura de planta, peso seco de parte aérea, peso fresco de la raíz. Entre los tratamientos evaluados se destacaron el *Trichoderma* spp+ biochar y la combinación de *Bacillus subtilis*+ *Trichoderma* spp con la mayor tasa de crecimiento en masa seca con valores de 0,15 g respectivamente en relación con el testigo. La aplicación del biochar y biofertilizantes mostraron mejores resultados, a partir de los 40 días se evidenció mayor protagonismo de los biofertilizantes y la interacción de los mismos con biochar.

Palabras claves: Boya, Microorganismos, Biocarbón

ABSTRACT

Balsa (*Ochroma pyramidale*) is one of the few fast-growing native species of pioneer trees, with both economic and ecological importance. Biofertilizers and also biochar enhance the growth and productivity of forestry, fruit trees and other species, increase biomass production and also provide greater resilience against pest and disease attacks. The objective of the research was to evaluate the effect of biofertilizers and biochar on the initial growth and quality of balsa (*Ochroma pyramidale*) seedlings. A completely randomized design (DCA) was used with 7 treatments plus a control and 3 repetitions, with a total of 24 experimental units, an analysis of variance (ADEVA) was performed. The registered variables were plant height, dry weight of the aerial part, fresh weight of the root. Among the treatments evaluated, *Trichoderma* spp+ biochar and the combination of *Bacillus subtilis*+ *Trichoderma* spp stood out with the highest growth rate in dry mass with values of 0.15 g respectively in relation to the control. The application of biochar and biofertilizers showed better results, after 40 days a greater role of biofertilizers and their interaction with biochar was evidenced.

Keywords: Buoy, Microorganisms, Bioch

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La Degradación de la fertilidad del suelo, es causada por la erosión, el agotamiento y desequilibrio de materia orgánica y los nutrientes, por lo tanto, esto afecta a la agricultura mundial (Trupiano et al., 2017). (Muñoz et al., 2015) menciona que al momento de producir plantas en viveros generalmente, no son de buena calidad; a consecuencia de suelos de baja fertilidad o con propiedades físicas poco deseables por lo que se fracasará en el establecimiento de plantaciones.

Según Burbano (2019) la creación de viveros forestales en Ecuador se encuentra en una fase de amplio desarrollo, no obstante, en algunas ocasiones, no está siendo realizada de la forma adecuada, es decir no existen protocolos establecidos para el adecuado desarrollo de plántulas de especies maderables, debido a diversos motivos como los lineamientos adecuados para mejorar las condiciones del sustrato que se utilizara para el vivero, así como otros problemas que se pueden presentar durante el desarrollo de las plántulas.

Vinueza (2012) Menciona que los sustratos que no tienen niveles óptimos de fertilidad y humedad afectan directamente en las plantas, repercutiendo en su desarrollo vegetativo. El uso de nuevas tecnologías es viable para mejorar las condiciones del suelo en las que se encuentran ubicadas dichas plantas y así mejorar el vigor vegetativo de las mismas.

En nuestro país se realiza la siembra de especies forestales con fines de conservación ambiental e interés económico. Entre estas especies encontramos a la caoba, el ceibo, el guayacán, la balsa entre otros. De estas se destaca la balsa (*Ochroma pyramidale*) por estar extendida en una gran región, con muchas posibilidades de uso (Glauco et al., 2016). Los Autores (Merchán y León, 2017) Mencionan que actualmente nuestro país es el principal productor de madera de

balsa a nivel mundial, teniendo como participación el 92% de la producción mundial de balsa.

A pesar de la importancia que tiene la balsa como árbol maderable, a esta no se le da un buen manejo por cuanto existe poca información disponible sobre las labores silviculturales que se deben realizar, tales como raleo y fertilización, a eso se suma la poca importancia que se le da a la calidad de suelo, que es otro factor imprescindible que se debe tener presente al momento de establecer un cultivo de balsa (Meza, 2016). Por lo tanto, se plantea la siguiente interrogante ¿De qué manera incide la correcta aplicación de biofertilizantes y biochar sobre el crecimiento inicial y calidad de plántulas de Balsa (*Ochroma pyramidale*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La balsa ecuatoriana tiene un gran prestigio internacional por lo que lidera las exportaciones mundiales. Su rápido crecimiento hace que se obtengan beneficios en ciclos cortos en comparación con otras especies madereras que requieren tiempos más largos además esta especie no tiene sustitutos directos (Alvarez y Yanéz, 2010).

El propósito fundamental de un vivero es la producción de plantas de calidad, es decir, sanas y fuertes. En el vivero se les proporcionan los cuidados necesarios durante el cultivo y manejo hasta que puedan ser trasplantadas a su ubicación definitiva (Nicolas y Roche, 1988) citado por Benítez et al., 2002).

La aplicación de técnicas es de vital importancia ya que mediante estas se producen plantas de calidad, que garanticen niveles altos en volúmenes de maderas finas. Para esto es necesario aplicar microorganismos ya sea directamente al suelo o de manera foliar las cuales le brinden a la planta un mejor desarrollo. Los microorganismos utilizados tienen como beneficio mejorar la calidad del sustrato como es el biochar, el *Trichoderma* y *Bacillus Subtilis* también tiene un papel importante en mejorar la calidad de plántulas.

Los microorganismos eficientes han sido empleados mayoritariamente como controladores biológicos, como alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos y bioestimulantes de semillas para el incremento de la producción (Segovia et al., 2009).

Una de las alternativas empleadas para mejorar el desarrollo vegetativo en diferentes especies de plantas es el uso de microorganismos tales como *Trichoderma* spp ya que según Cepeda (2014) la inoculación de *T. harzianum* aporta infinidad de beneficios a las plantas esto lo hace a través de la descomposición de materia orgánica, es decir que libera nutrientes en formas inmediatamente disponibles para la planta, por medio de la actividad solubilizadora de fosfatos promueve el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal.

Bacillus subtilis es otro de los microorganismos con un doble uso en agricultura, debido a que es un agente de control biológico en patologías de plantas además permite la absorción de nutrientes (Galeote, 2018). Se caracteriza por ser un excelente solubilizador, adicionalmente es una rizobacteria promotora del desarrollo de las plantas de los tejidos meristemáticos primarios, como en las raíces, en las cuales acelera la reproducción celular, permitiendo que las plantas alcancen un desarrollo más veloz (Gómez et al., 2016) citado por (Amaguaña., 2020).

La enmienda biochar es una herramienta eficaz para conservar o incrementar de forma sustentable la materia orgánica del suelo, preservando y mejorando la fertilidad del suelo y rendimiento de los cultivos (Trupiano et al., 2017). La aplicación de biochar en el suelo puede inducir cambios morfo fisiológicos y metabólicos en las plantas y mejorar las colaboraciones que establecen con los microorganismos del suelo, podría ser enriquecido o combinado con microorganismos benéficos, lo cual promueve el aumento y la custodia de las plantas contra distintas plagas. Además, el biochar es capaz de suprimir distintas plagas del suelo e inducir resistencia sistémica contra patógenos foliares en varias plantas (González et al., 2020).

Además este proyecto se alinea con lo propuesto en el documento Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), en su objetivo número 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; y con la meta 12.4 De aquí a 2030, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de

conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.

Acorde a lo anterior, nace la necesidad de desarrollar esta que se sustenta técnicamente en la aplicación de microorganismos y biochar para mejorar el proceso de germinación y crecimientos de las especies forestales tales como balsa especies que son representativas en nuestro país.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de biofertilizantes y biochar sobre el crecimiento inicial y calidad de plántulas de balsa (*Ochroma pyramidale*).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer el efecto de Biofertilizantes sobre el crecimiento inicial y calidad de plántulas de balsa (*Ochroma pyramidale*).
- Determinar el efecto de biochar adicionado al sustrato en plántulas balsa (*Ochroma pyramidale*) en fase de vivero.

1.4. HIPÓTESIS

Las aplicaciones de biofertilizantes y biochar mejorarán el crecimiento inicial y la calidad de plántulas de balsa (*Ochroma pyramidale*).

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1. ESPECIES FORESTALES EN ECUADOR

Según (Indacochea et al., 2018) la zona sur de Manabí, Ecuador tiene una gran variedad de especies maderables, cuenta aún con bosques primarios, zonas de reserva y tiene niveles altos en cuanto a importancia económica. Los ecosistemas vegetales del Ecuador se caracterizan por su gran biodiversidad, llegando a un total de 18198 especies de plantas vasculares, donde el 72% son nativas y el 27,3% son endémicas. (Jørgensen y León, 1999) Citado por (Montaño et al., 2017). El mismo autor menciona que el interés por las especies forestales se da por su interés económico, es decir por el uso que se le da a la madera.

Ecuador por su ubicación geográfica en la que se encuentra, por la calidad de recursos naturales que posee y por su amplia diversidad de ecosistemas es considerado una zona que permite el desarrollo de gran variedad de especies forestales tales como *Cordia alliodora* y *Ochroma pyramidale* que se encuentran dentro del bosque húmedo de la Parroquia Salango del Cantón Puerto López, Provincia de Manabí (Barthon, 2012).

2.2. Balsa EN ECUADOR

Ochroma pyramidale, también llamada balsa, es una especie forestal y maderera que posee gran demanda en el mercado internacional. Se cultiva de manera natural y por reforestación, especialmente en la selva sub-tropical de Ecuador, donde es uno de los recursos forestales y maderables de mayor aprovechamiento. En la actualidad, Ecuador posee, más de 20 mil hectáreas de plantaciones entre bosques naturales y reforestados. Siendo las zonas de mayor producción las provincias del Guayas, El Oro, Los Ríos y Pichincha. (Gonzales et al, 2010)

(Pinargote et al., 2020) Menciona que Ecuador es considerado un referente y exportador mundial de madera de *Ochroma pyramidale*, estadísticas demuestran que hasta el 2015 esta especie representaba el 19 % de las plantaciones establecidas en el país con 9 928,47 hectáreas, ubicándola como la tercera especie

forestal más plantada. El Autor reafirma las teorías acerca de la importancia que cumple la especie balsa para el Ecuador mencionando que la balsa, *O. pyramidale* es una materia prima renovable con alta valoración económica, es extremadamente liviana, pero tiene a la vez una relación resistencia tiene peso muy alto; además tiene la cualidad de que se puede tallar con facilidad. Es ampliamente utilizada en la fabricación de aviones; barcos; cascos y cubiertas de lanchas a motor de gran velocidad y aeromodelismo más avanzados del mundo. (Jiménez et al., 2017)

La balsa en Ecuador se encuentra distribuida en la región Amazonia, Sierra, Costa y Galápagos (Jorgensen y León, 1999) citado por (Carlozama y Solis, 2017) La balsa en la región Costa se encuentra distribuida en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Manabí y los Ríos, en la parte de la amazonia destaca en las zonas de Morona Santiago, Pastaza, Orellana, Napo, Zamora Chinchipe y Sucumbíos. (Trópicos, 2017).

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA BALSA

Según APG II (2009) la balsa presenta la siguiente nomenclatura citado por Barragán (2015).

2.3.1. TAXONOMÍA

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la balsa

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<i>Ochroma</i>
Especie	<i>O. pyramidale</i>

(Vinueza, 2012) Describe la balsa morfológicamente de la siguiente manera:

- **Árbol:** Alcanza hasta 30 m de altura y 70 cm de DAP
- **Tronco:** Es recto y cilíndrico con raíces tablares grandes.
- **Corteza:** Externa gris, lisa.
- **Copa:** Amplia y redondeada, de gran tamaño.
- **Hojas:** Sus hojas son simples, alternas, pentalobuladas, grandes, pubescentes por el envés, con el pecíolo casi del tamaño de la lámina foliar.
- **Flores:** Grandes, blancas y campanuladas.
- **Fruto:** Cápsula dehiscente, las semillas pequeñas, negras se encuentran rodeadas por una lana.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.

Enríquez (2013) Menciona que este cultivo se caracteriza por desarrollarse en climas cálidos y húmedos. En cuanto a precipitación necesita alrededor de 1500 a 1600mm anuales. En los suelos aluviales a lo largo de los ríos la especie tiene un mejor crecimiento, es donde se encuentra regularmente. En su hábitat natural la temperatura máxima es de 27 ° C y la mínima de 22 ° C. La balsa demanda una rica provisión de nutrientes y un suelo bien drenado, No tolera inundaciones ya que esto causa la muerte de la planta. La balsa coloniza suelos arcillosos, margosos y limosos.

2.3.3. DESARROLLO DE BALSA EN VIVERO

Se utiliza almácigo, como sustrato para éste se recomienda tierra y arena en proporción 1:3, una vez que la planta tiene de 2 a 8 cm, se realiza el trasplante a bolsas plásticas. Para el sustrato de las bolsas se recomienda tierra fértil y cascarilla de arroz en proporción de 20%. Los árboles deben alcanzar entre 6 25 cm para ser llevadas a campo (Vinueza, 2012).

El vivero forestal es una instalación que tiene como finalidad la producción de árboles que después serán trasladados a un lugar definitivo para que continúen su

crecimiento. El riego aplicado en esta labor. Este se debe realizar con una regadera o un equipo que sea capaz de aminorar el golpe del agua sobre el suelo y el individuo. Si no, este genera pérdida de suelo o las raíces se exponen (Oliva *et al.*, 2014) citado por (Lloclla y López, 2019) El mismo autor menciona que el deshierbe se lo debe de realizar de manera manual, después de aplicar el riego.

2.4. FERTILIZACIÓN DE PLANTAS FORESTALES

Sotomayor, *et al.* (2002) citado por (Paillacho, 2010) afirman que la fertilización ayuda en el establecimiento de plantaciones, el prendimiento de las mismas y aporta a un óptimo desarrollo y posterior a esto ayuda al incremento de productividad. Para la óptima fertilización se debe de tener identificadas las dosis a utilizar y saber la rentabilidad de efectuar dichas fertilizaciones preventivas.

El éxito de las plantaciones forestales depende de la calidad de las plantas producidas en vivero (Landis *et al.*, 2004) citado por (Escamilla, 2015) Una óptima fertilización, después del riego es considerada la práctica cultural que aporta directamente a la calidad de plantas. El uso de fertilizantes en especies forestales tiene como ventaja el incremento en su desarrollo vegetativo, con mayor contenido de nutrientes y capacidad de producción de nuevas raíces.

El autor Toro (1995) citado por Pillacho (2010) menciona que la primera oportunidad de fertilizar una plantación forestal es durante la fase de establecimiento, destinada básicamente a apoyar el crecimiento inicial de las plantas y permitir que la fase de construcción del aparato fotosintético se desarrolle en forma normal, lo que se logra a través de fertilizaciones correctivas y de apoyo.

La sostenibilidad de las plantaciones forestales necesita la importancia de componentes económicos y del medio ambiente. Varios experimentos de campo han demostrado que con el empleo de monumentales porciones de fertilizantes se incrementa el aumento de los árboles (León *et al.*, 2016).

2.5. BIOFERTILIZANTES

De forma sintetizada, tenemos la posibilidad de decir que son productos que tienen dentro microorganismos, que al ser inoculados tienen la posibilidad de vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y defensa. Dichos microorganismos se hallan de manera natural en el suelo y abarcan diferentes conjuntos; no obstante, su población es afectada por el funcionamiento de suelo y uso desmesurado de agroquímicos (Grageda, 2012).

Tiene relación con un producto que tiene microorganismos del suelo aplicados a plantas para fomentar su incremento. No obstante, comúnmente se ha usado de manera errónea como sinónimo de una extensa gama de productos como por ejemplo fertilizantes orgánicos, compost, estiércol de animales, entre otros (Barajas, 2017).

Se utiliza en suelos degradados y donde la existencia de microorganismos fue afectada negativamente por la utilización inapropiada de técnicas agrícolas (exceso de agroquímicos, talas, quemadas, entre otras) que han propiciado la degradación y han limitado su variedad y efectividad. Además, se debería inocular una vez que hay poblaciones altas de microorganismos que no se asocian efectivamente con la especie de la planta cultivada (Cuervo, 2010).

2.5.1. BIOFERTILIZANTES EN ESPECIES FORESTALES

El uso de biofertilizantes con base en Hongos Formadores de Micorrizas y los no formadores de micorrizas se han convertido en una interesante alternativa para reducir pérdidas en procesos de producción tanto a nivel de vivero, trasplante y plantación establecida y adaptación de los cultivos a diversas condiciones agroecológicas ya que se han demostrado que el uso de biofertilizantes promueve a un alto número de cultivos (semestrales y perennes) El uso de biofertilizantes reduce las pérdidas de plantas en fase vivero, promueve el desarrollo de raíces, educación de tiempos en vivero por las mayores tasas de crecimiento y acumulación de biomasa (Villada, 2018).

El autor (Sánchez, *et al*, 2016) menciona que la bio fertilización busca mejorar la supervivencia y progreso apropiado de la planta, debido a que estimula el desarrollo de sus raíces, optimiza el uso eficiente del agua con la captación de nutrientes de manera eficaz y suficiente para asegurar su supervivencia y crecimiento inicial.

Ramírez (2015) Manifiesta que la agricultura orgánica ha tomado protagonismo por ser una alternativa que promueve la producción sostenida. El no utilizar insumos contaminantes permite conservar el suelo mediante el incremento de la actividad microbiana del mismo, lo cual permite que se mantengan sus propiedades físico-químicas y su potencial en cuanto a fertilidad. La utilización del *Trichoderma Spp* y otros microorganismos como fertilizantes permite controlar microorganismos patógenos que afectan que, a la producción, ayuda a la descomposición de la orgánica proporcionando nutrientes esenciales a la planta para su desarrollo

2.5.2. TRICHODERMA SSP COMO BIOFERTILIZANTE

El género *Trichoderma* aparte de ser biocontrolador es también considerado un promotor de crecimiento, su aplicación en varias especies forestales el incremento de velocidad en desarrollo vegetativo e incrementa el porcentaje de germinación, tiene como característica reducir los efectos causados por condiciones de estrés ambiental (Björkman *et al.*, 1998) citado por (Penon *et al*, 2015) El mismo autor menciona que el *Trichoderma spp* como tal ayuda al incremento en la altura de las plantas.

La (Sede Central Luján, 2016) Menciona que el *Trichoderma spp* viene presentado en dos formas: en una formulación es decir que las esporas están mezcladas en turba, es casi imposible de percibir, y la otra presentación es la formulación líquida, en que las colonias también son casi imperceptibles a simple vista. En investigaciones realizadas se ha demostrado que al utilizar este género de hongo como un biofertilizante estos hacen que la planta crezca más y además coloniza rápidamente las raíces, y como parasita otros hongos no permite que los fitopatógenos produzcan enfermedades. Se tiene hasta un incremento de desarrollo vegetal del 30%.

El fertilizante biológico básicamente se inocula cuando existe una baja fertilidad en el suelo agrícola, cuando existe poca actividad de las raíces y también se aplican cuando existe estrés en las plantas forestales. *Trichoderma* spp ayuda a la absorción de nutrientes del suelo, especialmente de aquellos que están más inmóviles como el fósforo, el zinc y el cobre. Este libera compuestos orgánicos en la rizósfera, los que permiten solubilizar hierro en el suelo (Red agrícola, 2019).

2.5.3. BACILLUS SUBTLIS COMO BIOFERTILIZANTE

Las rizobacterias como *Bacillus* spp son consideradas como una agente que intensifica el desarrollo vegetativo es decir un promotor de crecimiento ya sea en especies frutales y especies forestales, y también es eficaz para mejorar el rendimiento de los cultivos (Hernández et al., 2010).

Son capaces de crear una alta progresión de moléculas bioactivas que posean cualidades antifúngicas, con una pequeña toxicidad, elevada biodegradabilidad y con cualidades que ayudan al medio ambiente, no como los recursos químicos que son utilizados en la actualidad. Asimismo, se piensan como una elección razonable para progresar bio productos por tener una endospora que soporte a situaciones del medio ambiente exageradas (Villares, 2020).

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) son un grupo de especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. Entre los organismos más conocidos están las especies pertenecientes a los géneros, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*. Como resultado de su metabolismo estas bacterias liberan compuestos al medio. Mediante ello incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (solubilización de fosfatos, producción de hormonas, fijación de nitrógeno atmosférico) (Alvarado, et al., 2015).

Se ha informado a *Bacillus* sp. Como controlador biológico, antagonista de otros microorganismos. Son consideradas las más eficaces para el control de patologías foliares y de las raíces. Se estima a dichos microorganismos como conquistadores eficaces (Acurio, 2018). Está extensamente compartido en suelos agrícolas, raíces

de las plantas además tienen un elevado poder de habituación a diferentes ambientes por medio de la formación de endosporas; construcciones resistentes ante la falta de nutrientes y situaciones adversas (Cobo, 2017).

En investigaciones realizada por Gonzales (2012) se menciona que los microorganismos realmente incrementan el desarrollo de las plantas, su área foliar alcanza mayores beneficios. En resultados obtenidos el autor llega a la conclusión de que al inocular a las raíces de las plantas las cepas de *Bacillus subtilis* MZA promovió el crecimiento e incremento el rendimiento, esta investigación se la realizo en fresa, pero marca un precedente en los beneficios que tiene el utilizar cepas de *Bacillus subtilis* en el área agrícola. Básicamente la inoculación de *Bacillus subtilis* en las raíces de las plantas mejora el desarrollo de las mismas, el rendimiento y en caso de frutales mejora la calidad de los frutos.

Los autores (Gómez et al, 2012) reafirman la teoría de la potencialidad de *Bacillus subtilis* como biofertilizante. En base a los resultados obtenidos se manifiesta que las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas aisladas de suelos muestran excelente opción para formular un biofertilizante específico para la producción de diferentes especies de cultivos tales como frutales.

Según la investigación realizada por Henreaux (2012) la interacción de los microorganismos tales como *B. subtilis* y *T. harzianum* y también el biocarbón potencializan el crecimiento, productividad de hortalizas, frutales y otras especies, aumenta la producción de biomasa y también proporciona mayor resiliencia ante ataque de plagas, enfermedades. El biocarbón constituye un sustrato de calidad para estos microorganismos que, en ausencia de este material, no presentaron ningún efecto sobre las plantas. El mismo autor manifiesta que la combinación de biocarbón con *B. subtilis* fue particularmente eficiente ya que promueve el crecimiento. La compatibilidad que existe biocarbón y las bacterias que promueven el desarrollo vegetal podría constituir un avance considerable en el manejo sostenible de los cultivos.

2.6. BIOCHAR

A partir de la perspectiva de producción, el biochar es un carbón vegetal estable y altamente poroso obtenido por medio de la descomposición térmica de materia orgánica. A partir de la perspectiva química, el biochar es más complejo de determinar ya que podría ser producido desde un sinfín de materias primas orgánicas y bajo una extensa variedad de condiciones de carbonización (variaciones en la temperatura de pirólisis, rapidez de actitud, etcétera.), que le dan propiedades químicas particulares (Guerra, 2015).

El biochar, que es un producto de la pirolisis, se ha comenzado a usar, como enmienda del suelo. Se ha postulado, para mejorar las características del suelo y para darles costo añadido, una vez que tiene deficiencias físicas y químicas. El biochar demostró tener un impacto positivo en las características químicas y físicas de los suelos, además de ayudar a mejorar la producción de biomasa y rendimiento de los cultivos (Alonso et al., 2016).

2.6.1. EFECTOS DE BIOCHAR SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

La composición del biochar es bastante completa ya que posee cantidades elevadas de C. También cabe destacar la presencia de nutrientes asociados a su fracción mineral (K, Ca, Mg, P, S). La mayoría de los biochar son alcalinos ($\text{pH} > 7$) y dependiendo de la dosis aplicada al suelo, pueden ejercer un efecto de encalado sobre el mismo. Una de las ventajas del uso del biochar como enmienda del suelo es que el C puede ser almacenado durante cientos de años, dada la estabilidad del biochar, mejorando el crecimiento de las plantas y el secuestro de carbono en el suelo. Por lo general, el biochar aumenta la productividad y calidad del suelo (Gonzales, 2020).

La evidencia muestra que la biodisponibilidad y absorción de nutrientes para la planta aumenta en respuesta a la aplicación biochar dependiendo de la cantidad de carbón vegetal adicionado al suelo se han logrado mejoras significativas en la productividad. Actualmente, no se sabe cuál es la tasa óptima de aplicación biochar

para mejorar la producción, sin embargo, algunos estudios manifiestan que la adición de biocarbón hasta en un 20% en relación al volumen del suelo es beneficioso para la productividad (Maguire 2010) citado por (Díaz, 2017).

El biochar tiene diferentes aplicaciones, pero principalmente se lo ha venido utilizando en la agricultura para mejorar las condiciones del suelo y propiciar el desarrollo de los cultivos (Oses Orbegozo, 2013) citado por (Iglesias, 2018) expone que el biocarbón o biochar combinado con la inoculación de *Bacillus subtilis*, mejora el crecimiento de los cultivos. El mismo autor menciona que es una forma de transferir menos contaminantes al subsuelo y acuíferos.

El biochar puede mejorar las funcionalidades del suelo, así como intervenir en los procesos que en él se desarrollan. Varias pruebas presentan que el biochar funciona como portador de microorganismos, por lo que su adición al suelo puede aumentar la población de hongos micorrízicos y los niveles de infección por *Rhizobium* siendo por esto incorporado a los trabajos de biorremediación de suelos (Escalante et al., 2016).

En este estudio se evaluó el efecto del biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales *Cedrela odorata* L (*Meliaceae*), *Swietenia humilis* Zucc (*Meliaceae*), *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (*Bignoniaceae*), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (*Boraginaceae*), *Guazuma ulmifolia* Lam (*Malvaceae*), *Crescentia alata* (*Bignoniaceae*). Una planta por bolsa con 20 repeticiones de cada procedimiento ha sido usada en un diseño enteramente aleatorizado (20 repeticiones x 6 especies x 5 dosis, n = 600). Las dosis de biochar aplicadas han sido: control, 0.25%, 5%, 10% y 20% en funcionalidad del volumen de las bolsas. Las plantas han sido regadas a capacidad de campo una vez por semana y permanecieron en vivero a lo largo de 100 días.

Se localizó diferencias significativas en altura, diámetro al cuello de raíz, índice de esbeltez, peso de seco de raíz, tallo, hoja y sus respectivas fracciones, índice de contenido de clorofila, índice de lignina y el índice de calidad de Dickson entre especies y por impacto del biochar (interacción especies*tratamiento). La especie que mejor respondió a todos los tratamientos y presentó los valores más elevados

en la más grande parte de las cambiantes ha sido Gramo. *ulmifolia*, seguido de *C. alata* y *C. odorata*. Las plántulas produjeron más grande biomasa seca de tallo, hoja y total en suelo con 2.5% de biochar, en lo que produjeron mayor biomasa de raíz en el procedimiento de 10% biochar (González et al., 2020).

2.6.2. MÉTODOS DE APLICACIÓN AL SUELO

Para la correcta aplicación del biochar en necesario considerar varios aspectos tales como:

- 1) los relacionados con el suelo (tipo y erodabilidad).
- 2) prácticas de cultivo,
- 3) condiciones del entorno (clima, humedad),
- 4) la forma de aplicación (con maquinaria o manual, superficial a 0-30 cm o a mayor profundidad > 30 cm, en banda o cerca de las raíces).

Este se puede aplicar junto con otros mejoradores ya sean compost, se recomienda humedecerlo ya que puede perderse en el aire. Las dosis se aplican en base a resultados experimentales. Además, no es necesario aplicarlo repetidamente en un cultivo como en el caso de abonos o compostas, ya que su efecto perdura en el suelo debido a la recalcitrancia que exhibe el biocarbón (Major, 2010) citado por (Rebolledo *et al.*, 2016).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo se lo realizo en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación Ecológica de la Carrera de Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, situada geográficamente a 00°49’23” latitud Sur y 80°11’01” de latitud oeste, a una altitud de 15 msnm.

3.2. DURACIÓN

El presente trabajo tuvo una duración de 20 semanas y se lo realizo en el periodo Marzo/septiembre del 2021.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El trabajo se efectuó mediante el método de observación, experimentación, comparación y análisis.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

a.- Biofertilizantes solos y combinados con biochar

3.5. TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	<i>Bacillus subtilis</i>
T2	<i>Trichoderma</i> spp
T3	Biochar
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> spp
T5	<i>Bacillus subtilis</i> + Biochar
T6	<i>Trichoderma</i> spp + biochar
T7	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> spp + biochar
T8	Testigo

3.6. DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) se emplearon 7 tratamientos más un testigo con 3 réplicas dando un total de 24 unidades experimentales, consto de 10 plantas cada unidad experimental. Las características de la unidad experimental se describen a continuación: Las fundas utilizadas fueron de (8x12) con peso de 5 lb, estas están fabricadas de polietileno de baja densidad, incluye también perforaciones en la base y en las paredes para permitir un excelente drenaje y aireación del sistema radicular de la planta.

A continuación, se presenta el esquema del ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	7
Error	16
Total	23

3.7. VARIABLES RESPUESTAS Y MÉTODO DE EVALUACIÓN

a. ALTURA DE PLANTA

La altura de la planta se tomó a partir del trasplante a los 20, 40 y 60 días, se tomó el dato desde la base de la planta hasta el ápice de la misma, es decir desde el punto de crecimiento, para medir se utilizó un flexómetro. Se evaluaron tres plantas al azar por cada tratamiento.

b. PESO SECO DE LA PARTE AÉREA (HOJAS)

Se lo evaluó a los 20, 40 y 60 días después del trasplante. Se tomó el peso seco tres hojas de la planta, se utilizó una saca bocado de 2 por 2 cm². Se colocaron las

hojas en una estufa para tomar el peso seco a una temperatura de 70°C durante 72 horas, el peso se lo calculo en gramos.

c. LONGITUD RADÍCULAR

Este dato se lo obtuvo a partir del trasplante a los 20, 40 y 60 días. En esta se observó el crecimiento de las raíces, se midió desde el cuello de la raíz principal hasta la base de la yema terminal de la plántula, la medición se realizó con un flexómetro. Se escogieron 3 plantas al azar de cada tratamiento.

d. PESO FRESCO DE LAS RAÍCES

El peso fresco de las raíces se registró a los 20,40 y 60 días después del trasplante, se tomaron 3 plantas al azar por cada tratamiento. Esta variable se tomó colocando las raíces en la estufa a 72 ° C durante 72 horas y se pesó en una balanza analítica.

VARIABLES DE TASAS DE CRECIMIENTO

e. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR).

El registró de esta variable se lo realizo a los 20, 40 y 60 días después del trasplante de plántulas a la fundas de polietileno, para lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$TCR = \frac{\ln P2 - \ln P1}{T2 - T1} = g g^{-1} \text{ día}^{-1}$$

Donde:

TCR= Tasa de crecimiento relativo

Ln P2= Logaritmo de peso final

Ln P1 = Logaritmo de peso inicial

T2 = Tiempo final

T1 = Tiempo inicial

f. TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN).

Se registró a los 20, 40 y 60 días después del trasplante de plántulas a las fundas de polietileno, para lo cual se aplica la siguiente ecuación:

$$TAN = \frac{(P2 - P1)/(T2 - T1)}{(\ln AF2 - \ln AF1)/(AF2 - AF1)} = \text{g cm}^2 \text{ día}^{-1}$$

Donde:

TAN= Tasa de asimilación neta

P2 = Peso final

P1 = Peso inicial

T2 = Tiempo final

T1 = Tiempo inicial

AF1= Área foliar inicial

AF2= Área foliar final

Ln AF1 = Logaritmo de área foliar inicial

Ln AF2 = Logaritmo de área foliar final

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. PREPARACIÓN DE SUSTRATO

El sustrato utilizado se conformó a base de tierra negra, el cual fue desmenuzado y colocado en contenedores de polietileno de 5 libras de (8x12).

3.8.2. ESTERILIZACIÓN

Previo al llenado de contenedores, el sustrato fue desinfectado a través de la metodología de la solarización proceso que consistió en humedecer el sustrato a capacidad de campo seguidamente se dejó por 5 días al aire libre y se procedió a

cubrirlo con plástico negro durante 20 días. El objetivo de la desinfección es separar o eliminar patógenos (hongos, bacterias entre otros) los cuales provocan pérdidas en el desarrollo vegetativo.

3.8.3. APLICACIÓN DE BIOCHAR

Para la aplicación de este tratamiento se empleó biochar a base de cascara de cacao, ello se aplicó 15 días previos al trasplante a los contenedores. El biochar se aplicó en dosis de 5g por 5 libras de sustrato, posterior a esto se humedecieron los contenedores de polietileno ya preparado para crear mayor interacción entre el sustrato y el biochar.

3.8.4. LLENADO DE FUNDAS

Después de preparar el sustrato a usar, se procedió al llenado las fundas, las características de la funda son de color negro y con agujero laterales para el drenaje, con un tamaño de 8x12 pulgadas y se colocaron en tres columnas, dejando espacio entre cada bloque de tres columnas.

3.8.5. PREPARACIÓN DE SEMILLERO Y PRE SIEMBRA

Se empleó una cama germinadora, la cual se esterilizo con agua tibia para eliminar cualquier impureza del suelo, la siembra se la hizo de manera manual arrojando las semillas el suelo y crear una pequeña capa de sustrato liviano, para así facilitar el brote de la semilla de balsa.

3.8.6. TRANSPLANTE

El trasplante se lo hizo a los 15 días después de la emergencia y se trasplantaron a las fundas de polietileno.

3.8.7. APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES

La aplicación de los biofertilizantes se la realizo al momento del trasplante y tres aplicaciones con intervalos de 15 días. Los biofertilizantes empleados fueron

bacilltic con dosis de 2,5 ml/L y trichotic con dosis de 0,25 gramos por litro de agua, estos se aplicaron al suelo y se utilizó una bomba de 20 L.

3.8.8. CONTROL DE MALEZAS

Se realizó dos veces por semana.

3.9.9. RIEGO

El riego se lo realizó tres veces por semana durante el crecimiento de las plántulas en vivero.

3.8.10. CONTROL DE PLAGAS

Se empleó un monitoreo con un intervalo de 15 días para observar la infestación de insectos plagas.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha= 0,05$).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ALTURA DE PLANTA (60 DÍAS)

La altura de planta fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por los tratamientos evaluados a los 60 días de crecimiento en vivero **tabla 2.**, Entre ellos los **tratamientos** T6 y T4 (*Trichoderma* spp + Biochar y *Bacillus* spp + *Trichoderma* spp) logró mayor promedios de 28,94cm de altura en relación al menor promedio obtenido por T2 (*Trichoderma* spp) En relación al contraste testigo vs tratamientos no se observó diferencias estadísticas.

Tabla 2. Promedio de la variable altura de la planta (cm) de la balsa a los 60 días.

Tratamientos		Promedios (cm)
T6	<i>Trichoderma</i> spp + Biochar	28,94 a
T4	Biochar + <i>Trichoderma</i> spp	27,48 ab
T7	<i>Bacillus</i> spp + <i>Trichoderma</i> spp + Biochar	24,00 abc
T8	testigo	21,98 abc
T1	<i>Bacillus</i> spp	20,05 abc
T5	<i>Bacillus</i> spp+ Biochar	19,08 abc
T3	Biochar	18,37 bc
T2	<i>Trichoderma</i> spp	15,51 c
	P- valor ANOVA	0 ,0669
	P- valor Contraste	0,9854 ns
	C.V %	23,44

^{NS} No significativo al 0.05; * Significativo al 0.05

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidad de error

Estos resultados concuerdan con los reportados por Quispe (2019) quien indicó que la aplicación combinada del biochar con biofertilizantes orgánicos o naturales mejora el rendimiento en el desarrollo vegetativo, lo que se asemeja a lo alcanzados por (Pélagie et al.,2020), quienes reportaron que a nivel de vivero el biochar+ biofertilizantes estimula el desarrollo de la parte aérea de las plantas. Por otra parte, Roths Schuh (2013) menciona que implementar biochar combinado con *Trichoderma* spp ocasiona incremento de las plántulas, lo cual se debió a que las estructuras de los poros del biochar retienen las bacterias y hongos que la planta necesita para absorber los nutrientes del suelo, lo cual es favorable para el crecimiento de plantas.

4.2. PESO SECO DE LA PARTE AÉREA.

El análisis de varianza aplicado al peso seco de la planta mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos evaluados. La **tabla 3**, muestra que el T6 (*Trichoderma* spp + Biochar) mostro mayor influencia en esta variable con un promedio de 9,75 g, mientras que el menor promedio fue alcanzado por el T3 (Biochar). En relación al contraste testigo vs tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas.

Tabla 3. Promedio variable peso seco aéreo (gr) la planta de la balsa a los 60 días

Tratamientos		Promedios (g)
T6	<i>Trichoderma</i> spp + Biochar	9,75 a
T4	<i>Bacillus</i> spp + <i>Trichoderma</i> spp	9,36 ab
T7	<i>Bacillus</i> spp + <i>Trichoderma</i> spp + Biochar	6,51 abc
T5	<i>Bacillus subtilis</i> + Biochar	6,31 abc
T8	Testigo	4,24 bc
T2	<i>Trichoderma</i> spp	4,23 bc
T1	<i>Bacillus</i> spp	3,69 c
T3	Biochar	3,44 c
	P- valor ANOVA	0,0372
	P- valor Contraste	0,2355
	C.V %	40,72

NS No significativo al 0.05; * Significativo al 0.05

^{1/}Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidad de error

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Pulido (2016) quien menciona que las plántulas forestales muestran un mayor desarrollo vegetativo con la presencia de *Trichoderma* spp, es decir que incrementa el desarrollo de área foliar desde un 83% hasta 86. España (2017) resalta la efectividad de colonización de *Trichoderma* spp ya que proporcionan a la planta sustancias estipuladas péptidos (aminoácidos) que actúan como promotores de crecimiento, el mismo autor menciona que la aplicación de *Trichoderma* spp + biofertilizantes es capaz de lograr promedios de 12,2 g de peso de hojas lo que coincide con nuestros resultados ya que nuestros valores están dentro de ese rango.

4.3. LONGITUD RADÍCLAR

En la **Figura 1**, se muestran los resultados de la variable longitud de raíz (cm) reportando diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados ($p > 0,05$). La longitud radicular a los 60 días obtuvo mayor incremento con la aplicación del T5 (*Bacillus* spp +Biochar) con promedios de 40,61 cm, mientras que el último rango lo ocupó el T3 (Biochar) mostrando menor protagonismo dando un incremento minoritario de 9,33cm de longitud. En relación al contraste testigo vs tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas.

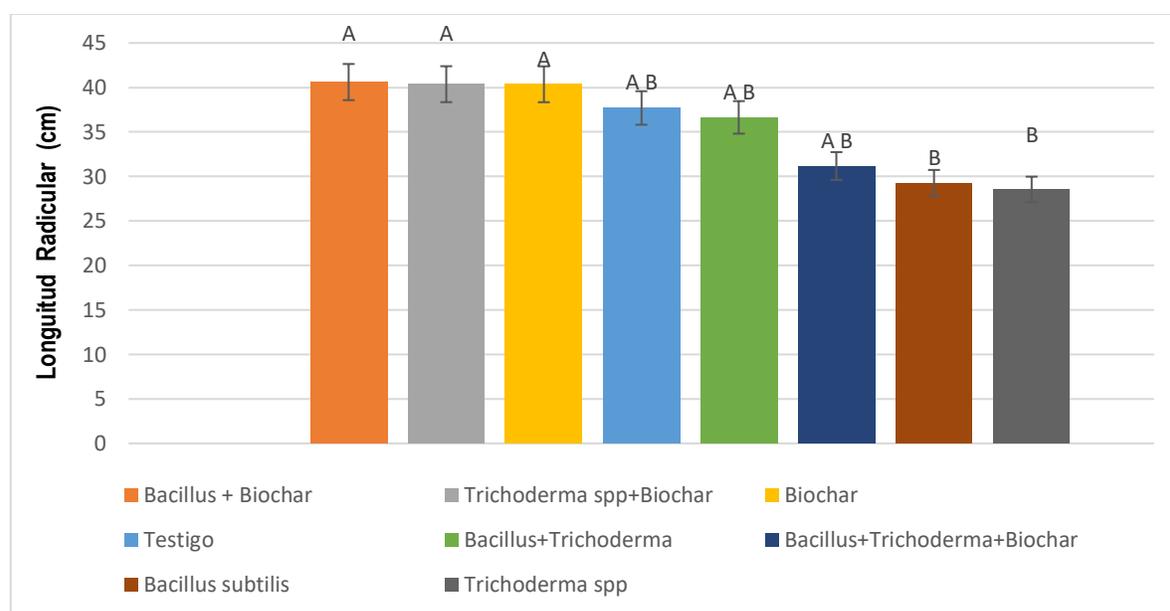


Figura 1. Promedio de longitud de la planta (cm) a los 60 días. Barras con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo a la prueba de separación de medias de ($p > 0,05$).

Estos resultados coinciden con lo estipulado por Lloclla y López, (2019) quienes mencionan que la aplicación de biochar al sustrato de manera directa no produce aumento en la longitud radicular en especies forestales, posiblemente al momento de emplear biochar sin ningún otro componente como tratamiento no crea ningún beneficio para *O. pyramidale*. Ponce (2021) estipula que con la aplicación de cepas bacterianas del género *Bacillus* spp se alcanzan promedios de longitud radicular hasta 19,5 cm, él menciona que al aplicar productos químicos sin ninguna inoculación de bacterias no aumentaron el rendimiento del cultivo.

4.4. PESO FRESCO DE LAS RAÍCES

De acuerdo al análisis de varianza para esta variable en la **Tabla 4**, se refleja que a los 60 días se observó diferencias estadísticas, mostrando mayor incremento de peso con los tratamientos T4 y T5 (*Bacillus* spp + *Trichoderma* spp y *Trichoderma* spp + Biochar) con promedios de 13,28g y 11,28g , siendo inferior el T7 (*Bacillus* spp + *Trichoderma* spp + Biochar) con un promedio de 4,95 g, se vio reflejado que los biofertilizantes más el biochar causan mayor efecto en los dos primeros meses de cultivo. En relación al contraste testigo vs tratamientos que no se observó diferencias estadísticas.

Tabla 4. Promedio variable peso fresco raíces (gr) de la balsa a los 60 días.

Tratamientos	Promedios (g)
T4 <i>Bacillus</i> spp + <i>Trichoderma</i> spp	13,28 a
T6 <i>Trichoderma</i> spp + Biochar	11,28 ab
T5 <i>Bacillu</i> spp + Biochar	11,13 abc
T1 <i>Bacillus</i> spp	10,6 abcd
T2 <i>Trichoderma</i> spp	8,06 abcd
T3 Biochar	6,35 abcd
T8 Testigo	5,7 cd
T7 <i>Bacillus</i> spp + <i>Trichoderma</i> spp + Biochar	4,95 d
P- valor ANOVA	0,0188
P- valor Contraste	0,0533 ns
C.V %	

32,00

NS No significativo al 0.05; * Significativo al 0.05

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidad de error

De acuerdo al autor (Alvarado et al., 2015) menciona que la aplicación de las cepas bacterianas de *Bacillus* spp junto a otros biofertilizantes aportan al rendimiento del cultivo ya que proporciona a las raíces y a la absorción de nutrientes, Sumado a ello se conoce que las cepas del género *Bacillus* spp tienen como ventaja la formación de endosporas que les confieren gran estabilidad como biofertilizantes o biofungicidas. Ponce (2021) Manifiesta que las bacterias del grupo *Bacillus* spp. Funcionan como promotoras de crecimiento vegetal, es decir que tienen protagonismo en el vigor y número de raíces en las plantas, influye a la movilización y fijación de nitrógeno, mejora la absorción de los nutrientes.

4.5. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR).

La tasa de crecimiento relativo, definida como la respectiva ganancia de la biomasa total de la plántula de balsa, básicamente es la relación entre el peso final y peso inicial por unidad de tiempo.

Para los tratamientos empleados se puede observar un crecimiento sigmoideo, es decir que desde los 20 días hasta los 40 días se da un incremento rápido característico de las distintas etapas de desarrollo vegetativo, desde los 40 a 60 días el crecimiento se dio de manera lenta, pero cabe mencionar que los biofertilizantes + biochar sobresalieron con mayor TCR en relación al tratamiento control testigo **tabla 6**, lo cual coincide con los resultados de peso fresco de la planta.

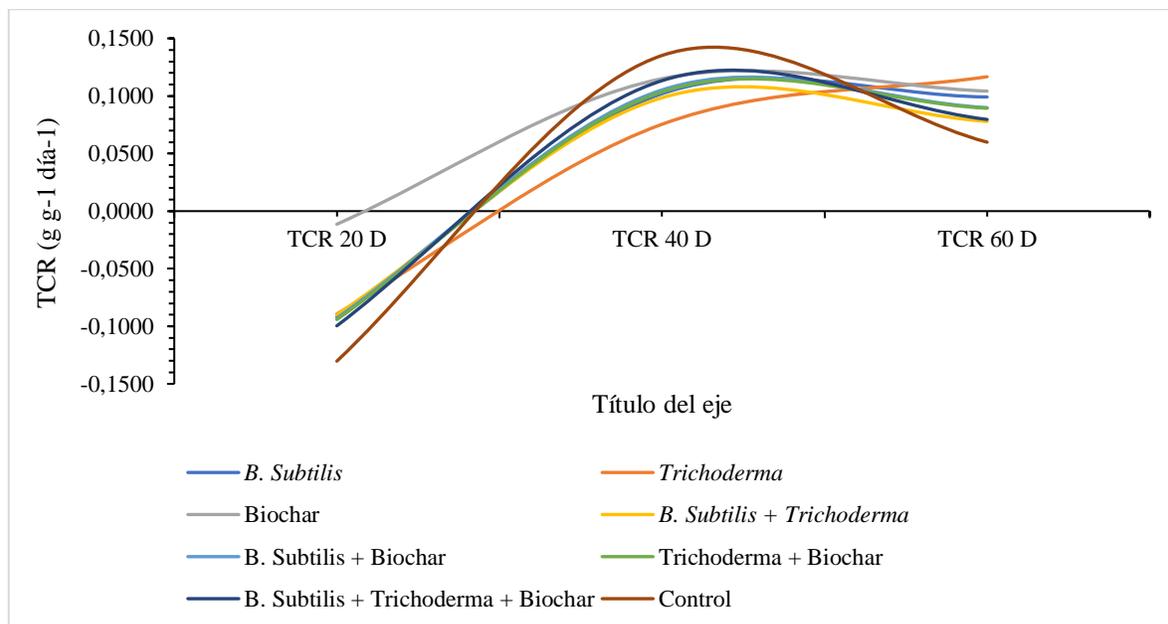


Figura 2. Efecto de biofertilizantes + biochar sobre la tasa de crecimiento relativo en el cultivo de balsa.

La evaluación de fertilizantes biológicos en plántulas forestales no ha sido tan potencializada, pero sin embargo los autores (Montejo et al., 2018) quienes evaluaron el efecto de bacterias como biofertilizantes en TCR de plantas en fase viveros mencionan que estas presentaron mayor biomasa foliar con la presencia de bacterias promotoras de crecimiento, ayudan al desempeño fotosintético de las plantas.

Los resultados de Kantar y Uysal (2019) muestran que la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento presenta mayores resultados en la biomasa aérea promedio, la altura de la planta, el número de hojas y el diámetro del tallo ya que brinda a la planta sustancias que le permiten incrementar su nivel fotosintético y absorción de nutrientes. Brinda calidad de rendimiento y productividad sin importar la época del cultivo.

4.6. TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN).

La tasa de asimilación neta (TAN) está vinculado directamente a la acción fotosintética, mostrando un crecimiento lentificado entre los 20 y 40 días en todos los tratamientos evaluados, mientras que entre los 40 y 60 días se mostró un incremento de TAN donde los biofertilizantes + biochar lograron mayores valores en comparación del tratamiento control **figura 3**.

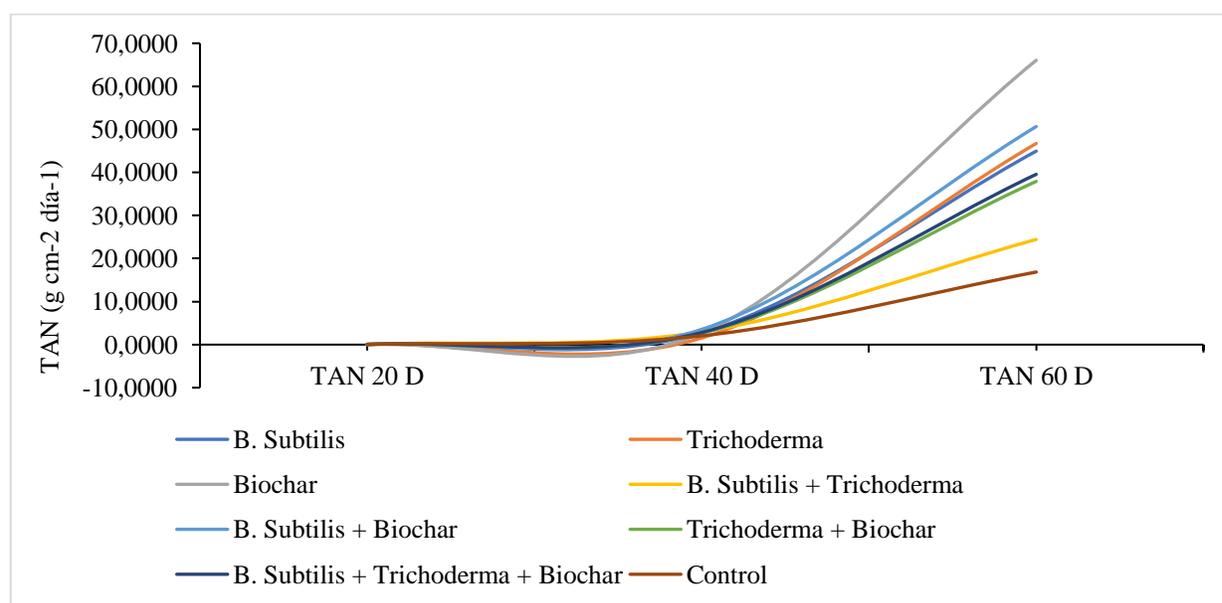


Figura 3. Efecto de biofertilizantes + biochar sobre la tasa asimilación neta (TAN) en el cultivo de balsa.

En este contexto (García et al., 2018) describieron que la aplicación de biofertilizantes biológicos foliares incrementa el desarrollo, es decir que a mayor porcentaje de luz solar se registran tasas de fijación de carbono mayores, mayor ganancia de biomasa en los tallos de las plantas. Por otra parte (Gonzales et al., 2020) quien manifiesta que el uso de biochar como remediador de suelo en dosis

moderadas proporciona a las plantas mayor índice de clorofila y ayuda a que el cultivo tenga una alta probabilidad de sobrevivencia puesto que tienen la posibilidad de expandir sus raíces para la obtención de agua y minerales que necesiten.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La aplicación de *Trichoderma spp* y *Bacillus subtilis* influenciaron el crecimiento inicial y la calidad de plántulas en fase vivero.
- La combinación de biochar + *Trichoderma spp* y *Bacillus spp* potenció el crecimiento de las plántulas de balsa a partir de los 40 días lo que representa una alternativa para promover el crecimiento y calidad de plántulas en fase de vivero.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones empleando la aplicación de *Trichoderma* + biochar como promotores de crecimientos en diferentes especies forestales.
- Promover la combinación de biochar + biofertilizantes para potencializar el crecimiento y calidad de plantas en fase de vivero.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, R. (2018). *Elaboración de biopreparados a base de bacillus sp. para controlar alternaria spp. en el cultivo de brassica oleracea var. Itálica*. (Tesis grado). Universidad Politécnica Salesiana. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15116/1/UPS-QT05244.pdf>
- Alonso, L., Cruz, A., Jiménez, D., Ocampo, Á. y Parra, S. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. Biochar as an amendment in an oxisol and its effect on the growth of corn. *Ciencias de la Salud*, 19(2), 341-349 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000200011
- Ali, M. (2013). Efecto del biochar y la inoculación con micorriza y trichoderma en el mejoramiento de la calidad del suelo y el crecimiento de pasto King grass (Pennisetum purpureum). Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano Honduras. Repositorio digital. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/92257ee2-e4b2-44d3-8fcf-ca40bccd552c/content>
- Alvarado, Y., Martín, M., Mena, E., Suárez, M., Roque, B., Pichardo, T., García, L., Jiménez, F., Hurtado, O., Veitía, N., Padrón, L. y Leiva, M. (2015). Efecto de *Bacillus spp.* sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas in vitro de papa cv. Romano en casa de cultivo. *Biología Vegetal*, 15, (2), 1-7 <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/18>
- Amaguaña, D. (2020). *Efecto de la aplicación de Bacillus subtilis en el cultivo de cebolla (Allium cepa L.) a tres dosis y tres frecuencias*. (Tesis grado). Universidad Central del Ecuador. Repositorio digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21977>
- Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. (2017). La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sostenible. (En línea). Formato PDF. Consultado el 22 de diciembre del 2020. Recuperado de: <http://www.anffe.com/noticias/2008/2008-06-02%20La%20importancia%20de%20los%20fertilizantes%20en%20una%20agricultura%20actual%20productiva%20y%20sostenible/LA%20IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20FERTILIZANTES.pdf>
- Barragán, M. (2015). *Evaluación de la calidad de plantaciones de balsa Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. de un año de edad, en los cantones Valencia y Mocache, provincia de Los Ríos*. (Tesis de grado) Universidad Técnica Estatal De

Quevedo. Repositorio de la institución UTEQ
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/251/1/T-UTEQ-0005.pdf>

Barajas, A. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65-76.
http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2353/2177

Barthon, S. (2012). *Regeneración natural de las especies forestales Cordia alliodora (laurel) y Ochroma pyramidale (balsa) en el bosque húmedo de la parroquia Salango del cantón Puerto López*. (Tesis grado). Universidad estatal del sur de Manabí. Repositorio Digital UNESUM.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/103/1/barthon%20soledispa%20edinson.pdf>

Bécquer, C., Lazarovits, G., Nielsen, L., Quintana, M., Adesina, M., Quigley, L. y Ibbotson, C. (2015). Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas y Trichoderma en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Pastos y Forrajes*, 38 (1), 29-37.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942015000100003

Burbano, V. (2019). *Desarrollo de plantas de melina (gmelina arborea robx.) aplicando diferentes tratamientos de fertilización a nivel de vivero en el cantón Quevedo, provincia Los Ríos*. (Tesis pre grado). Universidad técnica estatal de Quevedo facultad de ciencias ambientales. Repositorio digital UTEQ.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3762/1/T-UTEQ-0092.pdf>

Carlozama, C. y Solas, P. (2017). *Análisis químico de la madera de "BALSA" Ochroma pyramidale URB. Malvaceae y determinación de sus posibles usos como sustrato para el cultivo in vitro y externo de orquídeas*. (Tesis de grado) Universidad politécnica salesiana sede Quito. Repositorio de la institución.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13581>

Cepeda, D. y Ávila, E. (2014). Efectos del Trichoderma sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 91-100.
<https://www.redalyc.org/pdf/5600/560058658011.pdf>

Cobo, C. (2017). *Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria Bacillus subtilis*. (Tesis de grado) Universidad San Francisco de Quito. Repositorio Digital USFQ.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6598/1/131031.pdf>

Cuervo, J. (2010). *Aislamiento y caracterización de bacillus spp como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Repositorio de la institución

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8434/tesis404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Díaz, C. (2017). *Uso de biochar de acícula de pino (Pinus patula) como enmienda de suelo negro andino (Andosol)*. (Tesis de grado) Universidad del Azuay. Repositorio institucional. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6828/1/12800.pdf>
- Enríquez, W. (2013). *Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Ochroma pyramidale (balsa), en fase de vivero*. (Tesis de grado) Universidad técnica estatal de quevedo facultad de ciencias ambientales. Repositorio Digital UTEQ <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2942>
- Escamilla, N., Obrador, J., Carrillo, E. y Palma, D. (2015). Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(3), 329-333. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000300012
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E. y Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- España, C. (2017). Aislamiento, caracterización y evaluación de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*Lolium perenne*) Y trébol blanco (*Trifolium repens*). La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*. (25), 53-61. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051824005/html/>
- García, A., Escalante, J., Fucikovsky, L., Tijerina, L. y Mark, E. (2004) Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamérica*, 23 (3), 303-310. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101001.pdf>
- García, D., Romo, L., Pereira, J., y Gómez, R. (2018). Tasa relativa de crecimiento en plántulas de dos poblaciones de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae) en distintos niveles de luz y fertilidad del suelo. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 622-633. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v66n2/0034-7744-rbt-66-02-622.pdf>
- Galeote, M. (2018). *Efecto de la aplicación de microorganismos (Bacillus subtilis Y Trichoderma asperellum t34) y ácidos orgánicos, en un medio calcáreo con diferentes formas de zn y dosis de p, sobre la bioacumulación de p y zn en trigo*. (Tesis de grado). Universidad de Sevilla. Sevilla. Repositorio de investigación de la institución. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/70609/PDFsam_merge.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Glauco, N., Wander L. y Bruno, M. (2016). Potencial hídrico y metabolismo del nitrógeno en plántulas de Madera de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb.) sometidas a estrés por déficit hídrico e inundaciones. *Revista internacional de investigación actual* 8(06), 32976-32982. <http://www.journalcra.com/sites/default/files/issue-pdf/15440.pdf>
- González, I., Rodríguez, G., Delgado, B., Schmidt, H. (2020). Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas. *Revista de Protección Vegetal*, 35 (2), 1-17. <http://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1606>
- Gonzales, J., López, R. y Gutiérrez, U. (2020). Efectos del Biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelos degradados. (Tesis de grado) Universidad Autónoma de Nicaragua. Repositorio digital <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/13060>
- Gonzales, M. (2012). *Bacillus subtilis* como promotora del rendimiento y calidad de fresa. (Tesis de grado) Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Michoacán. Repositorio digital. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12272/GONZ%C3%81LEZ%20UR%C3%8DAS%20MAR%C3%8DA%20ALEJANDRA%20%20-%20B101506.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, B., Hernández, A., Herrera, H., Arroyo, G., Vargas, L. y Olalde, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). *Ra Ximhai*, 8(3), 97-102. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125176008.pdf>
- Grageda, A., Díaz, A., Peña, J. y Vera, A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015
- Guerra, P. (2015). *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1895>
- Henreaux, J. (2012). *Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo, productividad y resistencia de las plantas, Turrialba, Costa Rica* (Tesis de grado) Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza Escuela de posgrado. Repositorio CATIE http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4889/Efecto_de_l_biocarbon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Hernández, M., Hernández, F., Lira, R. y Gallegos. (2010). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. Con Microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en crecimiento y rendimiento de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Agraria -Nueva Epoca*, 7 (18) . Repositorio digital [http://www.uaaan.mx/agraria/attachments/category/46/Agraria_2010\(7\)1-3.pdf#page=19](http://www.uaaan.mx/agraria/attachments/category/46/Agraria_2010(7)1-3.pdf#page=19)
- Iglesias, S. (2018). *Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano*. (Tesis de grado) Universidad Nacional Agraria La Molina. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3394/iglesias-abad-sergio-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Indacochea, B., Parrales, J., Hernández, A., Castro, C., Vera, M., Zhindón, A. y Gabriel, J. (2018). Evaluación de medios de cultivo in vitro para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 42 (1), 63-89. Repositorio digital https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242018000100063
- Instituto de Recursos Naturales y Agro biología de Sevilla. (06 de febrero de 2018). *Variabilidad en la ecología funcional de la hoja*. IRNAS. <https://www.irnas.csic.es/variabilidad-en-la-ecologia-funcional-de-la-hoja/>
- Jiménez, E., Garcías, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M. y Cuásquer, J. (2017). Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3) , 243-250. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172017000300007
- Kantar, F. y Uysal, A. (2020). Efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* en el crecimiento y rendimiento de patata (*Solanum tuberosum* L.) cultivada fuera de temporada/Effect of *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* culture on the growth and yield of off-season potato (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agronómica*, 69(1), 26. <file:///C:/Users/USER/Downloads/73832-Texto%20del%20art%C3%ADculo-460852-3-10-20200603.pdf>

- Lallana, V. (2004). Crecimiento. Aspectos generales. *FCA, UNER*, 7(1), 1-17.
http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT7.pdf
- León, M., Reye, J., Herrero, G. y Pérez, E. (2016). Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* en plantaciones del occidente de Cuba. *Madera y bosques*, 22(3), 87-101.
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61749747008.pdf>
- Lloclla, A., López, D. (2019). Evaluación del efecto de biocarbón obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado central de Tumbes sobre la germinación y crecimiento de plántulas de especies forestales *Ceiba trichistandra* y *Bursera graveolens* en etapa de vivero. (Tesis de grado) de la Universidad nacional de tumbes. Repositorio Universidad Nacional de Tumbes
<http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/452>
- Merchán, W. y León, F. (2017). Análisis de las oportunidades de exportación de balsa y de los pequeños productores mediante los beneficios de la economía popular y solidaria” (Tesis), Universidad de guayaquil facultad de ciencias administrativas. Guayaquil- Ecuador. Repositorio digital <https://1library.co/document/yr3d267y-analisis-oportunidades-exportacion-pequenos-productos-beneficios-economia-solidaria.html>
- Meza, E. (2016). “Efecto de la calidad de sitio forestal en el incremento medio anual de *Ochroma pyramidale* (balsa), provincia de manabí, año 2015. Propuesta de reforestación”. (Tesis). Universidad Técnica estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Repositorio digital:
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1678/1/T-UTEQ-0003.pdf>
- Montaño, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., Guamán, L. y Pucha, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 7(1). Repositorio digital
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/375>
- Montejo, D., Casanova, F., García, M., Oros, I., Díaz, V. y Morales, E. (2018). Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 325-341.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/29511/32601>
- Morello, J. (Sf) *Biomasa. Ecología y subdesarrollo en América Latina*.
<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Biomasa.htm>
- Muñoz, H., Sáenz, J., Coria, V., García, J., Hernández, J. y Manzanilla, G. (2015). Plant quality in the La dieta forest nursery in Zitácuaro municipality, Michoacán

state. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 72-89. Repositorio digital <http://revistaforestal.inifap.gob.mx/...>

Osorio, B., Molina, X., Navarrete, E., Fonseca, C. y Ochoa, L. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la Provincia de los Ríos-Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 3(2), 7-11. Repositorio digital <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/94>

Paillacho, C (2010). Evaluación del crecimiento inicial de *eucalyptus urograndis*, *gmelina arborea roxb* y *Ochroma pyramidale cav* bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda zoila luz del Cantón Santo Domingo. (Tesis de grado) Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Vida. Santo Domingo-Ecuador. Repositorio digital <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2966>

Pélagie, D., Jules, N., Philippe. y K.Eddy, N. (2020.) Evaluation of the Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.) in the Nursery. *International Journal of Sciences* 9(07): 6-13

Penon, E., Craig, E., Giachino, V., De Falco, P., Sobero, Rojo., Rodriguez, P. y Tornatore, A. (2015). Uso de *Trichoderma harzianum rifai* como promotor de crecimiento en producción en vivero de *Eucalyptus globulus Labill*. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile*, 21(2), 54-60. <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/20835/31368-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, A. y Gardey, A. (2012). *Definición de Longitud*. *Definiciones.de*. <https://definicion.de/longitud/>

Pinargote, C. B., Apuntes, E., Romero, O., Navarrete, P. y Cando, M. G. (2020). Hongos de micorriza arbuscular presentes en *Ochroma pyramidale* (cav. Ex lam.) urb.(balsa) en Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(3), 71-84. Repositorio digital <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/899>

Ponce Quimis, J. I. (2021). Aplicación de Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en plantas de balsa *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador). <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6316/1/T-UTEQ-162.pdf>

Pulido, A. (2016) *Evaluación del efecto de Bacillus subtilis EA-CB0575 en la promoción de crecimiento de Zea mays y Solanum*

lycopersicum a nivel de invernadero. Eafit.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/9735/AnaCarolina_PulidoJim%C3%A9nez_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ramírez, C. (2015). Utilización de *Trichoderma spp* y humus líquido (*trico-humus*) como abono foliar en la fertilización de *medicago sativa* (alfalfa) y su efecto en los rendimientos productivos. (Tesis grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Repositorio digital
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5284>

Rebolledo, A., López, G., Moreno, C., Collado, J., Alves, J., Pacheco, E. y Barra, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista terra latinoamericana*, 34(3), 367-382. Repositorio digital
<http://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/155>

Red agrícola. (2019). Los beneficios del uso de micorrizas y *trichoderma*. Consultado el 22 de diciembre del 2020. Recuperado de: <https://www.redagricola.com/cl/los-beneficios-del-uso-de-micorrizas-y-trichodermas/>

Rengifo, A., Mora, A., Estrada, M., Londoño, D. y Guzmán, S. (2019). Conceptos de fertilización para el cultivo de aguacate. Recuperado el 22 de diciembre del 2017 de:
https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2016&q=FERTILIZAntes+conceptos&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AAtybweGQeAaAJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des

Sede Central Luján (2016). Con un hongo como agente de crecimiento mejoran la producción de viveros. Consultado el 22 de diciembre del 2020. Repositorio digital de:
http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=con_un_hongo_como_agente_de_crecimiento_mejoran_la_produccion_de_viveros&id=2665

Trópicos. (2017). Trópicos.org. Missouri Botanical Garden. (En línea). Recuperado el 22 de Diciembre de 2017, de <http://www.tropicos.org/Name/3900204?tab=distribution>

Trupiano, D., Cocozza, C., Lustrato, G., Fantasm, F. y Scippa, G. (2017). The Effects of Biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca sativa L.*) Growth, Soil Properties, and Soil Microbial Activity and Abundance. *International Journal of Agronomy* 2017(12). Repositorio digital <https://doi.org/10.1155/2017/3158207>

- Villacís, W. (2012). "Proyecto de factibilidad agroforestal para siembra de balsa (*Ochroma pyramidale*) para la Península de Santa Elena en la comunidad de Limoncito" (Tesis grado), Universidad de Guayaquil. Repositorio Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7532/1/Proyecto%20tesis%20Balsa.pdf>
- Villada, H. (2018). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia, 16 (2). Repositorio digital <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/download/1769/1363/>
- Villares, J. (2020). Estudio comparativo de *Trichoderma harzianum* MAS *Bacillus subtilis* para el control de agentes causal en el cultivo de aji (*Capsicum annuum*) en el cantón Ventanas (Tesis grado), Universidad Agraria del Ecuador Milagro – Ecuador. Repositorio digital <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLARES%20LEDESMA%20JOHNNY%20DANIEL.pdf>
- Vinueza, M. (2012). Ficha Técnica N° 7: Balsa. (En línea). Consultado el 16 de diciembre del 2020. Repositorio digital: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-7-balsa/>

ANEXOS



Anexo 1. Germinación de las plántulas de balsa.



Anexo 2. Aplicación de biochar al sustrato.



Anexo 3. Montaje del ensayo.



Anexo 4. Trasplante de las plántulas de balsa a las bolsas.



Anexo 5. Prendimiento de las plántulas.



Anexo 6. Primera aplicación de biofertilizantes.



Anexo 7. Aplicación de riego al cultivo.



Anexo 8. Primera toma de datos. 15 días.

ANEXO 2



Anexo 9. Evaluación de la variable peso fresco y seco (Hojas)



Anexo 10. Evaluación de la variable Altura de planta.



Anexo 11. Evaluación de la variable peso de raíz.



Anexo 12. Evaluación de la variable Longitud radicular.

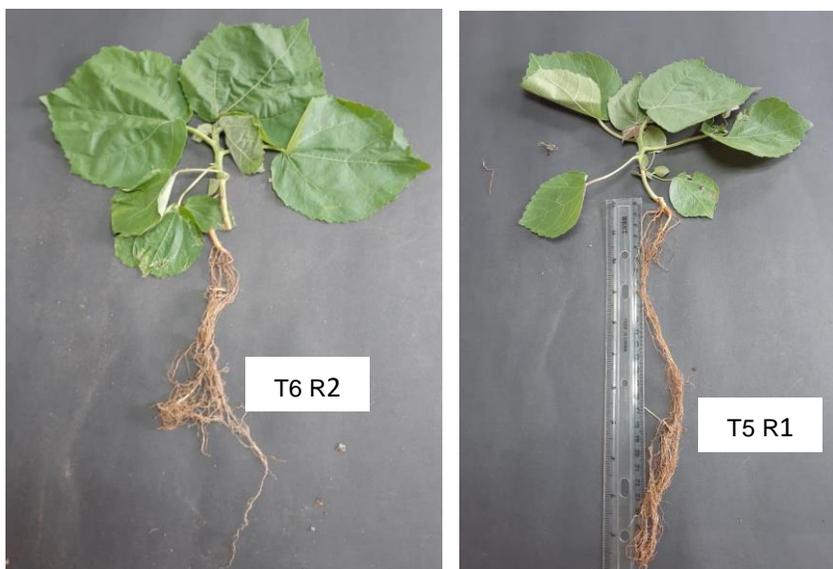
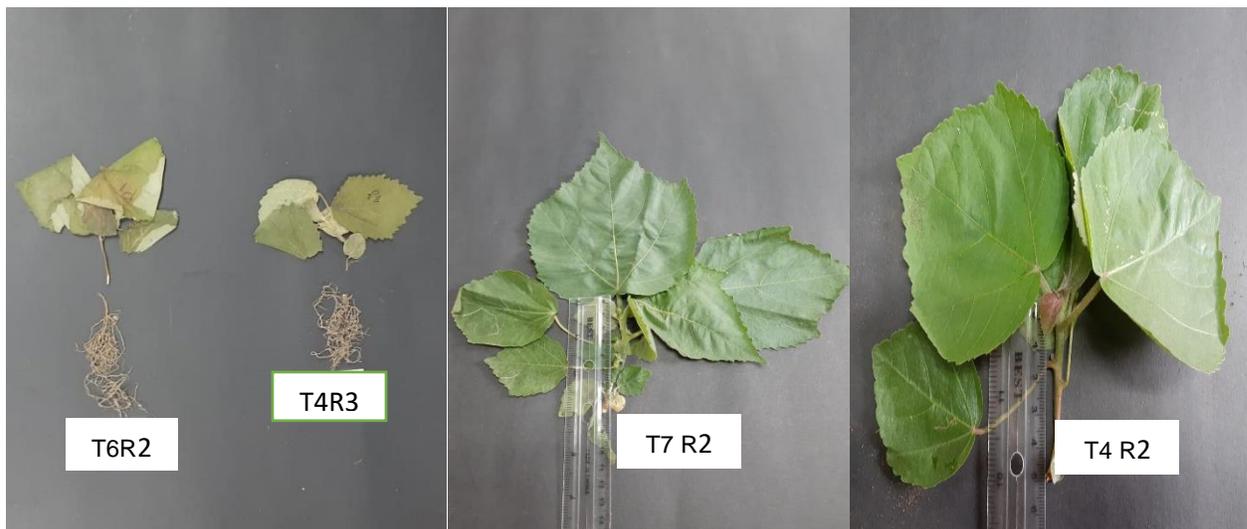


Anexo 13. Evaluación de la variable peso de cuadrante de la hoja.



Anexo 14. Biofertilizantes empleados en el ensayo.

ANEXO 3



Anexo 15. Plantas con mejores rendimientos.