



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE AGROPECUARIA

Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol

(Solanum betaceum cav.)

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Agropecuaria.

AUTORA: DANIELA LIZBETH CASANOVA MEJÍA

TUTORA: GINA PAOLA TAFUR RECALDE

Quito - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Daniela Lizbeth Casanova Mejía con documento de identificación N°
100471701-1 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de
lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar
de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de julio del año 2024

Atentamente,



Daniela Lizbeth Casanova Mejía

100471701-1

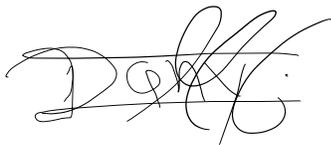
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Yo, Daniela Lizbeth Casanova Mejía con documento de identificación No. 100471701-1, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum cav.*), el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Agropecuaria , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de julio del año 2024

Atentamente,



Daniela Lizbeth Casanova Mejía

100471701-1

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gina Paola Tafur Recalde con documento de identificación N° 1002072047, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.), realizado por Casanova Mejía Daniela Lizbeth con documento de identificación N° 100471701-1 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de julio del año 2023.

Atentamente,



Ing. Gina Paola Tafur Recalde M.Sc.

1002072047

DEDICATORIA

Querido Abuelito, llegó el momento de dedicarle no solo mi esfuerzo si no también toda mi carrera, la cual la utilizo para honrrar su memoria; desde el momento en que se fue para vivir en plenitud con nuestro creador, he pensado que debo reconocer la gran persona que fue y quiero que sepa que he llegado hasta aquí, solo para poder decirle que usted es mi principal motivación para haber logrado cumplir con esta carrera; en este espacio de dedicatoria, quiero reconocerle que fue el mejor abuelito que la vida nos pudo dar, lo amo muchísimo. Prometo que voy a orar y luchar por la finca que tanto queríamos y espero poder seguirlo honrrado con mi esfuerzo y mi conocimiento toda mi vida.

Y a usted abuelita querida le quiero dedicar mi esmero y a su vez agradecerle por ser la abuelita más correctiva y tierna, por el amor que tuvo hacia todos sus nietos, también le agradezco a Dios por que me permitió compartir con usted en sus últimos días, quiero que sepa que la amo mucho y que siempre llevaré en mi corazón nuestra última conversación.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por que se que por medio de su voluntad, se me permitió cursar y cumplir con esta carrera Universitaria.

A mis Padres, por que han sido mi apoyo, sustento y motivación para cumplir con mis metas, por que todo lo que hago, es para que se sientan orgullosos de mi. Tambien a mi hermano Sebas, mi cuñada Carito y a mi hermano gordito, por que a pesar de que no te tenga físicamente presente, se que desde el paraíso en el que te encuentras me estas ayudando; porque me has permitido sentirte, se que estas y estarás conmigo todos los días de mi vida, nos volveremos a ver y a abrazar hermano de mi alma.

A mi amor Elkin Gómez, por ser quien me soporta en mis momentos más difíciles y sin embargo siempre está dispuesto a seguirme ayudando en lo que necesite con mucho cariño.

A mi tutora, mi profesora Gina Tafur, quien me dio la oportunidad de realizar mi tesis sobre este tema tan bonito de los abonos orgánicos y me impulsó a ser constante, al Ing. Janss Beltrán quien me ayudó a entender el diseño experimental de mi investigación, también darle las gracias por ser siempre atento con todos sus alumnos, y en especial conmigo después del duro momento que tuve que pasar. A Maverik Beltrán por su buena voluntad de ayudarme en los procesos trabajosos de esta investigación.

A mi prima Patricia Cuarán, mi primo Diego Portilla, a mi mejor amiga Leslie Mestanza, a mi Vivi querida, a Andrés López y a Erika Nuñez por su ayuda, el cariño y su gran voluntad hacia conmigo.

A mis profesores Rosita Espinoza, Freddy Cuarán y al Ingeniero Marcelo Gualavisí por su buena disposición para apoyarme en esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | V |
| AGRADECIMIENTO..... | VI |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XI |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | XII |
| RESUMEN..... | XIII |
| ABSTRACT | XIV |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL..... | 5 |
| 2.1. Origen..... | 5 |
| 2.2. Taxonomía del tomate de árbol | 5 |
| 2.3. Morfología | 6 |
| 2.3.1. Raíz: | 6 |
| 2.3.2. Tallo: | 6 |
| 2.3.3. Hojas..... | 6 |
| 2.3.4. Flores..... | 7 |
| 2.3.5. Fruto | 7 |
| 2.3.6. Semillas | 7 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.4. | Necesidades nutricionales..... | 7 |
| 2.5. | Propagación | 8 |
| 2.5.1. | Propagación sexual..... | 8 |
| 2.5.2. | Germinación y semillero | 8 |
| 2.5.3. | Trasplante a bolsas o repique | 9 |
| 2.5.4. | Sustratos | 11 |
| 2.5.5. | Características edafoclimáticas | 11 |
| 2.5.6. | Bocashi | 12 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 15 |
| 3.1. | Ubicación..... | 15 |
| 3.2. | Diseño experimental..... | 15 |
| 3.3. | Variables a evaluar | 15 |
| 3.3.1. | Porcentaje de prendimiento de las plántulas | 16 |
| 3.3.2. | Longitud de tallo | 16 |
| 3.3.3. | Longitud de raíz | 16 |
| 3.3.4. | Diámetro de tallo..... | 17 |
| 3.3.5. | Biomasa del área foliar en materia seca | 18 |
| 3.3.6. | Biomasa de la raíz en materia seca..... | 18 |
| 3.4. | Preparación del bocashi | 19 |
| 3.5. | Adquisición de plántulas | 20 |

| | | |
|------|---|----|
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 21 |
| 4.1. | Porcentaje de prendimiento | 21 |
| 4.2. | Longitud del tallo..... | 22 |
| 4.3. | Longitud de raíz..... | 23 |
| 4.4. | Diámetro de tallo | 24 |
| 4.5. | Biomasa del área foliar en materia seca | 26 |
| 4.6. | Biomasa de la raíz en materia seca..... | 27 |
| 5. | CONCLUSIONES | 31 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 32 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA..... | 33 |
| 8. | ANEXOS..... | 39 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Taxonomía del tomate de árbol..... | 5 |
| Tabla 2. Codificación de los tratamientos y composición | 15 |
| Tabla 3. Insumos y cantidades utilizadas en cada una de las formulaciones de bocashi | 19 |
| Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para Porcentaje de prendimiento para el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.)..... | 21 |
| Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para Longitud de tallo en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.) | 22 |
| Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para Longitud de raíz en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.) | 23 |
| Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para Diámetro de tallo en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.) | 24 |
| Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para Biomasa del área foliar en materia seca en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.)..... | 26 |
| Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para Biomasa de la raíz en materia seca del Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.)..... | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Porcentaje de prendimiento | 16 |
| Figura 2. Medición de la longitud de raíz | 17 |
| Figura 3. Medición del diámetro de tallo | 17 |
| Figura 4. Corte del área foliar de las plántulas de tomate de árbol | 18 |
| Figura 5. Cortando la raíz de las plántulas de tomate de árbol | 18 |
| Figura 6. Diferencia entre tratamientos T1, T2, T3, T4 | 29 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Resultados del análisis de laboratorio del tratamiento testigo..... | 39 |
| Anexo 2. Resultados del análisis de laboratorio del bocashi 1 | 40 |
| Anexo 3. Resultados del análisis de laboratorio del bocashi 2 | 41 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de Evaluar el efecto del Bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.), como una alternativa a la producción convencional de cultivos, para ello se planteó un DCA con 5 tratamientos T1(50% Bocashi 1 + 50% Tierra); T2(80% Bocashi 1 + 20% Tierra); T3(50% Bocashi 2 + 50% Tierra); T4(80% Bocashi 2 + 20% Tierra); T5 (Testigo absoluto) y 3 repeticiones, cuyas variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, longitud de tallo, longitud de raíz, diámetro de tallo, biomasa del área foliar en materia seca, biomasa de la raíz en materia seca. El análisis estadístico muestra al tratamiento T1 (50% Bocashi 1 + 50% Tierra), con los mejores resultados para todas las variables así, para el porcentaje de prendimiento 100%, para longitud de tallo un promedio de 16,15 cm, longitud de raíz con 22,59 cm, diámetro de tallo con 6,36 mm, biomasa del área foliar en materia seca con 1,16 g y biomasa de la raíz en materia seca con 0,37g; mientras que al bocashi elaborado a base de tamo en general presenta los promedios más bajos. De esto se concluye que la formulación de bocashi tradicional en concentración (50% Bocashi 1 + 50% Tierra) es la mejor para el desarrollo de plántulas de tomate de árbol en fase de repique, por lo tanto, se recomienda añadir bocashi a los sustratos en vivero.

Palabras clave: Bocashi, tomate de árbol, sustratos.

ABSTRACT

The present research was carried out with the purpose of evaluating the effect of Bocashi on the development of tree tomato seedlings (*Solanum betaceum* cav.), as an alternative to conventional crop production, for this purpose a DCA with 5 treatments T1(50% Bocashi 1 + 50% Soil); T2(80% Bocashi 1 + 20% Soil); T3(50% Bocashi 2 + 50% Soil); T4(80% Bocashi 2 + 20% Soil); T5 (Absolute control) and 3 replications, whose evaluated variables were: percent stand, stem length, root length, stem diameter, leaf area biomass in dry matter, root biomass in dry matter. The statistical analysis shows the treatment T1 (50% Bocashi 1 + 50% Soil), with the best results for all variables as well as for the percentage of 100% yield, for stem length an average of 16.15cm, root length with 22.59cm, stem diameter with 6.36mm, biomass of leaf area in dry matter with 1.16cm and root biomass in dry matter with 0.37g; while the bocashi made from chaff in general with the lowest averages. From this it is concluded that the traditional bocashi formulation in concentration (50% Bocashi 1 + 50% Soil), is the best for the development of tree tomato seedlings in the replanting stage, therefore it is recommended to add bocashi to the substrates in nursery.

Key words: Bocashi, tree tomato, substrates.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.) es una fruta andina de delicioso sabor y aroma, rica en minerales como calcio, hierro y fósforo, además de proteína y caroteno, influyendo positivamente en el sistema inmunológico y en la visión, además tiene alto contenido de fibra y bajo en calorías, ayudando así a reducir el colesterol. (Lucas et al., 2011).

Además contiene carbohidratos (9%), agua (89.5%), proteínas (1,28%), así como tiamina, riboflavina, niacina, vitamina C y A (Prada & Basto, 2004). Dichos autores afirman además que la existencia de ácido gamma amino butírico en el fruto, ayuda a bajar la tensión arterial en hipertensos. Por otro lado, el tomate es utilizado en la “fruto terapia como una de las frutas que fortalecen el cerebro, y contribuye a curar migrañas y cefaleas severas” (Lucas et al., 2011), incluso Rosado (2024) afirma el beneficio para la salud intestinal.

Por todos estos beneficios, el tomate de árbol es considerado muy importante en la seguridad alimentaria y nutricional el cual es utilizado mundialmente en el ámbito culinario de aquí su importancia en la producción agrícola (Rosado, 2024), constituyéndose en una alternativa de exportación no solo por sus cualidades nutricionales sino también industriales en bebidas, jaleas, mermeladas y bebidas mixtas (Feícan et al., 2016).

Según Lucas et al. (2011), en los últimos 15 años ha crecido el cultivo del tomate en el Ecuador, especialmente en las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Pichincha e Imbabura, siendo la provincia de Tungurahua la más representativa (Marcial et al., 2023). En esta misma línea, Morocho (2023), resalta que el cultivo del tomate en Ecuador “dinamiza la economía local de pequeños y medianos productores de las provincias de Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.

Cabe indicar que la mayoría de esta producción se desarrolla bajo el enfoque de la revolución verde, la cual inicia en la década de los cincuenta, con la finalidad de generar alta productividad agrícola, donde los agricultores pasaron a emplear un conjunto de innovaciones técnicas, entre ellas los agro tóxicos, fertilizantes de síntesis y maquinaria agrícola; sin embargo después de muchos años los suelos agrícolas se transformaron en simples sustratos de sustentación de plantas que exigen técnicas artificiales cada vez más caras, y el síntoma más aparente de degradación es la erosión de los suelos (Ceccon, 2008), sin dejar de mencionar los efectos adversos para la salud de las personas y el ambiente.

Frente a esta problemática, surge la agricultura ecológica orientada a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo, se retoma la importancia del uso de fuentes orgánicas como alternativa al uso de insumos agroquímicos y así aportar a la sostenibilidad y productividad de los cultivos (Medina, 2015; Girón et al., 2018).

En esta línea, el uso de abonos orgánicos contribuye de manera significativa a cuidar el ambiente, por los efectos favorables que estos proporcionan (Piedrahita & Caviedes, 2012), básicamente, estos abonos actúan en el suelo sobre las propiedades físicas, químicas, y biológicas (L. Castillo & Vargas, 2007). Una de las estrategias para mejorar el nivel de nutrientes de los suelos, es aportar con abonos orgánicos accesibles y fáciles de preparar (Aguilar, 2022), uno de estos abonos es el bocashi.

El bocashi es un tipo de abono orgánico que mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, aporta macro y micronutrientes, corrige el pH (Quiñones, 2023) y ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo, suministra también vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas y sustancias antioxidantes directamente a las plantas y además activa los micro y macro organismos benéficos durante el proceso de fermentación (Shintani et al., 2000). A esto

se suma algunas ventajas como el bajo costo de su elaboración, además, contribuye a mejorar la cosecha, recupera el suelo y retiene la humedad, permite al agricultor obtener abono de buena calidad en corto tiempo (Cabrera, 2011).

A pesar de todas las bondades de este tipo de abono fermentado, muchos agricultores desconocen y lo usan muy poco, siendo necesario más información y datos científicos sobre cómo aplicar la tecnología de Bocashi a gran escala (Shintani et al., 2000), especialmente en cultivos frutícolas.

En Ecuador, se han realizado diversos estudios relacionados con el bocashi en la Costa, Sierra y Amazonía. Se ha evaluado la elaboración de este abono a partir de residuos de un camal (Villagómez, 2014), con residuos generados en una comunidad de la Amazonía (Álvarez, 2015) y a partir de residuos orgánicos de un bioterio (Moreno, 2019). También se ha evaluado el uso de bocashi en diferentes cultivos para la producción primaria de especies forrajeras (Chimbo, 2015) así como en la producción de mezclas forrajeras (Viera, 2016).

Se ha estudiado también el efecto del bocashi en la productividad de un cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) (Cajamarca & Velecela, 2015) así como en la producción de cebolla (*Allium cepa*) (Cáceres, 2017). Se ha aplicado bocashi en el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus* spp.) para evaluar el incremento de la productividad (M. Castillo, 2021), de la misma forma en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) (España, 2021).

Se desconoce de estudios realizados que evalúen el efecto del bocashi, en plántulas de tomate de árbol en vivero. En este contexto se propone la presente investigación cuyos objetivos se detallan a continuación:

Objetivo general

Evaluar el efecto del Bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.), como una alternativa a la producción convencional de cultivos.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de dos formulaciones de bocashi en fase de plántulas.
- Establecer la mejor concentración del biofermento en la etapa de vivero de tomate de árbol.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Origen

Según Feícan et al. (2016), el tomate de árbol es originario de especies silvestres encontradas en boques andinos de los países de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú “en climas templados con alturas de entre 1500 y 2600 msnm”, sin embargo Rosado (2024) presenta otra versión sobre las “regiones subtropicales con altitudes entre 1 524 y 3 048 msnm” y otros países como Chile, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, Puerto Rico, Haití, África Oriental, Asia, Indias Orientales, Australia y Nueva Zelanda donde se lo puede encontrar. Además de estos países Prada & Basto (2004) manifiestan que se lo encuentra en las áreas Andinas y boscosas del norte de Argentina.

2.2. Taxonomía del tomate de árbol

El tomate de árbol conocido también como tomate de palo o tamarillo cuyo nombre científico es *Solanum betaceum* (Cango, 2024), presenta la siguiente división taxonómica:

Tabla 1. Taxonomía del tomate de árbol

| Reino: Plantae | |
|-----------------------|-------------------------|
| División | Angiospermae |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Solanales |
| Familia | Solanaceae |
| Género | <i>Solanum</i> |
| Especie | <i>Solanum betaceum</i> |

Fuente: (Buono et al., 2018)

2.3.Morfología

2.3.1. Raíz:

De acuerdo con Ávila (2015), Cangas (2019), Llundo (2022) y Benavides (2024) la raíz del tomate de árbol que fueron generadas a partir de semilla suelen ser pivotantes, ramificadas y profundas diferenciándose de las provenientes de estacas que son más superficiales; suelen alcanzar 1m de profundidad inclusive hasta 2 m, con la mayor concentración de pelos absorbente en los primeros 50 cm, el crecimiento horizontal se presenta de acuerdo con la estructura del suelo, para la cual Buono et al. (2018) recomienda una textura de arenosa a franco, caso contrario no se dará mayor amplitud, superficialidad y fasciculación.

2.3.2. Tallo:

Según los datos de Ávila (2015), Cangas (2019) y Benavides (2024) el tomate de árbol es un arbusto con tallo cilíndrico, de crecimiento vertical herbáceo durante sus primeros etapas, volviéndose leñoso desde el catorceavo mes. Llundo (2022) menciona que puede llegar a alcanzar una altura hasta de 3 metros se ramifica en 3 ramas principales, de hasta 1,5 m de longitud. Las demás características del tallo dependen de condiciones ecológicas, variedad, lugar, fertilización y sistemas de producción.

2.3.3. Hojas

Los autores Ávila (2015), Cangas (2019), Llundo (2022) y Benavides (2024) describen las siguientes características de las hojas del tomate de árbol: son simples, enteras, ligeramente curvadas y peludas, su forma es de corazón, están dispuestas a manera de espiral, en la parte baja del tallo las hojas llegan a medir de 40 a 50cm y 20cm para la hojas secundarias y terciarias. Se unen al tallo por un pedúnculo fuerte, largo y cilíndrico, la nervadura principal de las hojas es sobresaliente de donde salen 8 a 12 nervaduras; en tierras con buena fertilidad el haz es de color

verde intenso mientras que el envés es verde pálido, dependiendo de las condiciones nutritivas del suelo las hojas al madurar se vuelven amarillas si este es un suelo deficiente.

2.3.4. Flores

Ávila (2015), Cango (2024) y Benavides (2024) caracterizan la flores de tomate con estructuras diferenciadas, hermafroditas, monoclinas, alógamas; las cuales se fecundan por una polinización cruzada, se presentan en racimos de hasta 40 flores los cuales crecen debajo de las hojas y son de color rosado, morado, blanco o purpura y fragancia exquisita.

2.3.5. Fruto

En los estudios de Ávila (2015), Buono et al. (2018) y Benavides (2024) presenta a esta fruta como una baya generalmente ovoide apiculada, sin embargo en Ecuador se ha encontrado formas esféricas, tubulares y perales; de piel fina, lisa, brillante y resistente, verde cuando esta tierna, morado cuando está a punto de madurar y amarillo, naranja o rojo cuando ya está listo para el consumo. Forma parte de las frutas semiácidas, con una pulpa carnosa, anaranjada, jugosa, de un sabor particularmente agridulce.

2.3.6. Semillas

En el interior y centro de cada baya se pueden encontrar de 200 a 300 semillas, las cuales son blancas y están cubiertas por un mucílago anaranjado, rojizo o morado según la variedad (Ávila, 2015). Su forma es plana, similar a una lenteja pequeña llegando a medir de 2 a 3 mm cada una (Llundo, 2022).

2.4. Necesidades nutricionales

Para su adecuado crecimiento y desarrollo todas las plantas necesitan nutrientes, en el caso del tomate de árbol los principales son el nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, calcio y zinc,

gracias a estos las plantas logran cumplir funciones como las síntesis de proteínas, crecimiento, desarrollo de células y el proceso de fotosíntesis; la cantidad que se debe de incorporar al suelo puede variar según el tipo de suelo, clima y etapa de crecimiento de la planta (Cango, 2024).

Sin embargo, Castro (2014) indica que la cantidad de macronutrientes por hectárea de producción del tomate de árbol independientemente de los análisis de suelo son los siguientes: Nitrógeno 45 a 50 (kg/ha); Fósforo 16 a 20 (kg/ha); Potasio 50 a 60 (kg/ha); Nitrógeno 50 gr en plántulas, en plantas de 1 a 2 años 75 gramos, 100 gramos para plantas de 3 a 4 años con intervalos de 4 meses, y finalmente magnesio y calcio dos veces por año.

2.5. Propagación

2.5.1. *Propagación sexual*

Para obtener las semillas, el manual de Gobernación del Huila (n.d.) sugiere cortar la fruta transversalmente para retirar el mucílago con las semillas y colocarlo en un frasco de vidrio con tapa en sombra y dejar fermentar de 2 a 4 días, revolviendo dos veces al día, para luego lavarlas en un colador, con agua corriendo y dejarlas secar sobre papel a la sombra por dos días aproximadamente (Buono et al., 2018). Finalmente Villegas (2009) sugiere introducirlas en un congelador durante 24 horas para romper la latencia y finalmente colocar las semillas en bandejas cubiertas con servilletas mojadas para conservar la humedad. Otra forma de hacer germinar es la de Torres & Flórez (2009) el cual recomienda colocar las pulpa con las semillas en un colador plástico y con abundante agua, ir lavando el mucílago y sacando las semillas para luego poner a secar en un lugar a la sombra, fresco y aireado, sobre un papel durante 10 días.

2.5.2. *Germinación y semillero*

Una vez secas las semillas, estas se deben sembrar en semilleros a 2 cm de distancia entre ellas y en filas separadas por 1cm; además el manual del semillero también sugiere entre otras

cosas, no exponer la semillas al calor, humedad o sol, sembrarla inmediatamente, aplicar algún tratamiento germinador, emplear turba como primer sustrato para evitar la desinfección, o elaborar un sustrato con una parte de tierra y tres partes de arena y realizar la debida desinfección, colocar la semilla de la manera más superficial posible, teniendo en cuenta que no quede demasiado expuesta al aire o se descubra con el riego. Además, durante la germinación, mantener húmedo el sustrato, utilizando herramientas de gota fina o tipo brizas; sin exceso o deficiencia de agua (Semillero, 2006); ya que como lo menciona Cango (2024) el tomate de árbol es sensible al estrés hídrico.

Según Feícan et al. (2016) en dos meses cuando las plántulas midan entre 3 a 5 cm o presenten 4 hojas verdaderas estarán listas para el trasplante. Coincidiendo con Prada & Basto (2004) quien dice que las plántulas estarán listas para llevar al vivero cuando alcancen 7 cm de altura o tengan dos pares de hojas.

Por otro lado Patiño et al. (2012) manifiesta que la germinación se logra a partir de los 15 días después de la siembra y cuando estas hayan alcanzado los 7 a 10cm se da lugar a la etapa de repique, en la cual las plántulas son trasplantadas a fundas de polietileno perforadas facilitando el drenaje de agua, después estas deberán permanecer bajo sombra durante 1 mes para su aclimatación y cuando hayan alcanzado los 20 cm de altura, 2 meses aproximadamente, estarán listas para ser trasplantadas al lugar definitivo.

2.5.3. *Trasplante a bolsas o repique*

Para el trasplante a las bolsas Prada & Basto (2004) recomienda humedecer el semillero previamente lo que facilitar la extracción de las plántulas, para luego separarlas manualmente y seleccionar las que tengan buenas características como raíz pivotante, larga, sana, libre de enfermedades o nematodos, con raíces secundarias y bien formadas.

Según Semillero (2006) se debe realizar las siguientes actividades con las plántulas que se encuentran en el vivero para la fase de repique.

- Se realiza el llenado de bolsas con tierra fértil y cascarilla en proporción 4:1.
- El trasplante debe realizarse bajo sombra obligatoriamente haciendo un hoyo profundo y central en el sustrato previamente preparado y humedecido.
- Una vez trasplantadas se dejan a la sombra durante 2 semanas, para luego sacarlas lentamente a la luz del sol para que crezcan y fortalezcan.
- El riego debe realizarse todos los días, en las primeras horas de la mañana o en la tarde ya para oscurecer, de manera delicada para no destapar las raíces.
- Finalmente, durante este periodo el objetivo es que las plántulas crezcan, desarrollen y rustifiquen para garantizar arboles sanos y de alta producción.

El tiempo en vivero es muy variable, su éxito depende de los cuidados que se les dio a las plantas en estas dos etapas. Prada & Basto (2004) refieren los siguientes cuidados para obtener buenos resultados durante este periodo tan delicado:

- Evitar la radiación solar excesiva.
- Mantener el sustrato con buena humedad y tener un buen drenaje.
- Prescindir de la aplicación de herbicidas cerca al vivero.
- Proteger de vientos fuertes.
- Realizar control, seguimiento, vigilancia y manejo riguroso, para evitar problemas sanitarios.

2.5.4. *Sustratos*

Algunos de los sustratos que se han venido utilizando en la etapa de vivero del tomate de árbol son:

Dos partes de suelo más una parte de arena y media parte de materia orgánica para el llenado de las fundas, donde permanecen las plántulas hasta el trasplante al lugar definitivo Gobernación del Huila (n.d.); también se recomienda cuatro partes de tierra, dos de arena y una de materia orgánica descompuesta como gallinaza o vermicompost, la cual es desinfectada previamente para el posterior uso en el semillero (Prada & Basto, 2004). Otra mezcla sugerida es tres partes de suelo y una parte de arena para mejorar la textura y el drenaje del mismo (Torres & Flórez, 2009); y otra recomendación es combinar dos partes de suelo con una parte de materia orgánica y una de arena (Feícan et al., 2016).

2.5.5. *Características edafoclimáticas*

La condición edáfica óptima para el tomate de árbol se encuentra en suelos ligeros y bien drenados de textura franca a arenosa, profundos y con alto contenido en materia orgánica, con un pH óptimo ligeramente ácido de 6.0 a 6.5 (Buono et al., 2018), así mismo Cangas (2019) sugiere pH entre 5,4 a 7,0, siendo el óptimo 6,5 a 7,0. En la misma línea Cango (2024) menciona que el tomate de árbol se adapta mejor a suelos con textura arenosa o limosa, que faciliten el drenaje y eviten la acumulación excesiva de agua para evitar la pudrición de la raíz; mientras que Prada & Basto (2004) señalan que para el cultivo del tomate de árbol las texturas franco, franco arcillosa y franco arcillo arenosas, son las más adecuadas porque se presenta un buen desarrollo radicular y una buena relación entre las otras fases del suelo: la líquida (agua), la gaseosa y la sólida.

La temperatura óptima para este cultivo oscila entre 14 °C y 20 °C; con un buen suministro de agua ya que el tomate de árbol es sensible al estrés hídrico, previniendo la marchitez y mantener una producción óptima (Cango, 2024).

2.5.6. Bocashi

El “Bocashi” es un término de origen japonés que significa “materia orgánica fermentada” (Shintani et al., 2000; Sequeira, 2019) consiste en la obtención de un abono orgánico mediante el proceso de fermentación aeróbica en la parte externa de la pila y anaeróbica en la parte interna de la misma (Bianco et al., 2017). Durante los primeros días del proceso de obtención del bocashi se desarrollan grandes temperaturas y el tiempo de elaboración dura de 10 a 15 días (L. Castillo & Vargas, 2007), aunque esto está supeditado a los materiales que se empleen en la elaboración de este abono.

Para la elaboración de bocashi se utilizan diferentes materiales como rastrojo, cascarilla de café, que pueden ser utilizados y sustituidos según la disponibilidad de materiales locales (Sequeira, 2019). Así como también el carbón vegetal, gallinaza estiércoles de animales, cascarilla de arroz, salvado de arroz o afrecho, tierra de floresta virgen, tierra común, carbonato de calcio o cal agrícola, agua (Restrepo & Hensel, 2009) y para el proceso de fermentación generalmente se usan activadores como la melaza y levadura (Berrios & Villegas, 2020). La producción de este tipo de abono a partir de residuos es una alternativa para su manejo en fincas agrícolas ya que permite el reciclaje de residuos y contribuye a la sostenibilidad de los agro ecosistemas (Ramos et al., 2014).

Los principales aportes de los ingredientes utilizados para producir Bocashi, se explicarán a continuación:

Carbón vegetal

Mejora las características físicas del suelo, gracias a su alta porosidad, contribuye a la absorción de la humedad y calor, permite la distribución de raíces y facilita la aireación del suelo (Restrepo & Hensel, 2007)

Estiércol

Sirve como la principal fuente de nitrógeno para la elaboración de este abono (Restrepo & Hensel, 2007) Además mejora la fertilidad de la tierra ya que le añade otros nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Cascarilla de arroz o tamo de trigo o cebada

Estos insumos contribuyen a mejorar las características de los abonos orgánicos y también de la tierra, además aporta silicio, fósforo y potasio (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Salvado de arroz o afrecho

Favorece la fermentación del abono, por lo tanto, cuando sus carbohidratos se fermentan incrementa la presencia de vitaminas y minerales como fósforo, potasio, calcio y magnesio (Restrepo & Hensel, 2009).

La melaza de caña o panela

Estos materiales actúan como fuente de energía por lo tanto contribuye a la multiplicación de microorganismo (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Levadura, manto forestal, bocashi o microorganismos eficientes

Estos materiales se pueden utilizar indistintamente y son fuente de inoculación de microorganismos que serán encargados de propagarse en el nuevo abono y además de ayudan a descomponer demás ingredientes (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Carbonato de calcio o ceniza

Tanto el carbonato de calcio como la ceniza ayudan a regular la acidez que se presenta durante la fermentación del abono, para obtener un abono con un pH neutro o ligeramente ácido (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Tierra común

Funciona como homogeneizador físico del abono y además ayuda a retener la humedad del mismo (Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador, 2011).

Suero

Según Sequeira, (2019) el bocashi con 100% de lacto-suero ácido representa una buena alternativa de reemplazo al uso de agua, ya que obtuvo mejores resultados en términos productivos, en base a esta investigación se utilizará suero para la elaboración del abono.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura la cual se encuentra a una altura de 2225 m.s.n.m.

3.2. Diseño experimental

El diseño experimental que fue utilizado es un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial donde el factor 1 lo constituyen las dos formulaciones de bocashi y el factor 2 las dos concentraciones de este abono en mezcla con tierra, dando lugar a 4 tratamientos más un testigo absoluto. Se realizó 3 repeticiones por cada tratamiento, cada repetición conformada por 10 plántulas, con un total de 150 plántulas de tomate.

Tabla 2. Codificación de los tratamientos y composición

| Codificación del tratamiento | Composición de cada tratamiento |
|-------------------------------------|--|
| T1 | B1 C1 (50% bocashi + 50% tierra negra) |
| T2 | B1 C2 (80% bocashi + 20% tierra negra) |
| T3 | B2 C1 (50% bocashi + 50% tierra negra) |
| T4 | B2 C2 (80% bocashi + 20% tierra negra) |
| T5 | Testigo absoluto |

Elaborado por: La autora de esta investigación

3.3. Variables a evaluar

Las variables que fueron evaluadas en la presente investigación son:

3.3.1. Porcentaje de prendimiento de las plántulas

Se contó el número de plántulas vivas a los 7 días después de la implementación del experimento en relación a la cantidad de plántulas sembradas y se expresó en porcentaje.



Figura 1. Porcentaje de prendimiento

3.3.2. Longitud de tallo

Con la ayuda de una regla graduada en centímetros se midió desde la base hasta el ápice del tallo.

3.3.3. Longitud de raíz

Esta variable se midió con la ayuda de una regla, desde la base del tallo hasta el ápice de raíz principal.



Figura 2. Medición de la longitud de raíz

3.3.4. *Diámetro de tallo*

Luego de tomar la longitud del tallo, utilizando el pie de rey, se midió el diámetro en la mitad del tallo, según los centímetros antes calculados.



Figura 3. Medición del diámetro de tallo

3.3.5. Biomasa del área foliar en materia seca

El área foliar fue cortada y llevada a la estufa a 70 grados durante 24 horas, siguiendo la metodología de (Basantes, 2010), posteriormente se volvió a pesar y de esta manera se obtuvo la materia seca en gramos.



Figura 4. Corte del área foliar de las plántulas de tomate de árbol

3.3.6. Biomasa de la raíz en materia seca

Se cortó el área radicular y se pesó en fresco, enseguida fue llevada a la estufa a 70 grados durante 6 horas, para luego volver a pesar y así obtener la materia seca en gramos.



Figura 5. Cortando la raíz de las plántulas de tomate de árbol

Todas las variables se evaluaron al final del ensayo excepto el porcentaje de germinación.

3.4. Preparación del bocashi

El bocashi se elaboró en base a la metodología de Restrepo & Hensel (2007). El abono se preparó en condiciones controladas bajo invernadero, sobre piso de cemento en una cantidad aproximada de 50 kg por cada formulación.

Se realizó un volteo diario durante los primeros 5 días según la sugerencias de Restrepo & Hensel (2007). Midiendo la temperatura de la pila antes de dar la vuelta, durante todo el proceso de fermentación, y de esta manera cuando el bocashi mantuvo una temperatura ambiente estuvo listo. A continuación, se indican los insumos que se utilizaron para elaborar las dos formulaciones.

Tabla 3. Insumos y cantidades utilizadas en cada una de las formulaciones de bocashi

| INSUMOS Y CANTIDADES PARA LA PREPACIÓN DE BOCASHI | | | |
|---|----------|--------------------|----------|
| Formulación 1 (B1) | | Formulación 2 (B2) | |
| Materiales | Cantidad | Materiales | Cantidad |
| Cascarilla de arroz | 14 kg | Tamo de trigo | 14 kg |
| Estiércol gallinaza | 14 kg | Estiércol bovino | 14 kg |
| Tierra común | 14 kg | Tierra común | 14 kg |
| Melaza | 1 lt | Panela | 1 lt |
| Levadura | 14 g | Levadura | 14 g |
| Pulidura de arroz | 700 g | Pulidura de trigo | 700 g |
| Carbonato de calcio | 700 g | Ceniza | 700 g |
| Carbón comercial | 700 g | Carbón de fogón | 700g |
| Roca fosfórica | 700 g | Roca fosfórica | 700 g |
| Agua | 20lt | Suero | 25lt |

Elaborado por: La autora de esta investigación

3.5. Adquisición de plántulas

Las plántulas se consiguieron en un vivero certificado de la ciudad de Ibarra, para que las plantas ingresen a las unidades experimentales, todas debían estar sanas, tener la misma edad y el mismo tamaño; en total se compraron 150 plántulas de tomate de árbol.

3.6. Implementación del ensayo

Una vez elaboradas las formulaciones del abono tipo bocashi se preparó las concentraciones establecidas en los tratamientos (50% bocashi- 50% tierra negra; 80% bocashi – 20% tierra negra), y se colocó 0,5kg de cada una de las mezclas en los envases.

El riego fue proporcionado en función de las necesidades hídricas de las plantas y se lo realizó por las tardes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se realizó el diseño experimental del factorial mas uno, debido a que al comparar el factorial con el testigo, la formulación 2 baja los promedios, distorsionando el buen resultado de la formulación 1 frente al testigo.

4.1. Porcentaje de prendimiento

Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para Porcentaje de prendimiento para el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

| Tratamiento | Medias (%) | Rango |
|---------------------------------------|-------------|-------|
| 1 (Bocashi 1 50% + 50%Tierra) | 100 | A |
| 2 (Bocashi 1 80% + 20% Tierra) | 100 | A |
| 3 (Bocashi 2 50% + 50% Tierra) | 100 | A |
| 4 (Bocashi 2 80% + 20%Tierra) | 100 | A |
| 5 Testigo | 100 | A |
| CV (%) | 0,00 | |

Considerando que hubo 100% de prendimiento en todos los tratamientos, se observa un solo rango de significación estadística y obviamente un CV de 0%.

Para tener éxito en el trasplante, es importante que las plántulas tengan al menos 3 hojas verdaderas y un buen sistema radicular; además hacerlo en horas de la tarde para evitar el exceso de calor y por ende la deshidratación de las plántulas, sin descuidar el riego posterior. Además, En el ensayo se tomaron todas estas precauciones de ahí el buen resultado inicial para todos los tratamientos.

4.2. Longitud del tallo

Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para Longitud de tallo en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

| Tratamiento | Medias (cm) | Rango |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| 1 (50% Bocashi 1 + 50% Tierra) | 16,15 | A |
| 2 (80% Bocashi 1 + 20% Tierra) | 11,58 | B |
| 5 Testigo | 11,03 | B |
| 3 (50% Bocashi 2 + 50% Tierra) | 10,96 | B |
| 4 (80% Bocashi 2 + 20% Tierra) | 9,78 | B |
| CV (%) | 10,03 | |

El análisis de varianza para la longitud de tallo, muestra un coeficiente de variación de 10.03% dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

La prueba de Tukey al 5% para esta variable muestra 2 rangos de significancia, donde el tratamiento T1 (50% bocashi 1 + tierra 50%) se encuentra en el rango A como el mejor, con un promedio de longitud de 16,15 cm, mientras el resto de tratamientos se encuentran en el rango B y de ellos los tratamientos a base de bocashi 2 con los menores promedios.

Al respecto, en la investigación realizada por Hidalgo (2016) se observa que el cacao en fase de vivero tratado con la concentración 50% bocashi y 50 % tierra negra, fue el que tuvo mejores resultados en cuanto a longitud de tallo, en este caso se comparó con este frutal debido a que en tomate de árbol no se encontró investigaciones similares.

Por otro lado, el desarrollo de las plántulas está relacionado con un buen aporte de nutrientes, en este caso el bocashi presenta en su composición un buen contenido de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, como se puede observar en el Anexo 2. Además, la aplicación de la materia orgánica permite obtener plántulas de mayor altura, debido a su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato Asenjo (2003) citado por (Hidalgo, 2016), en esta misma línea Lanatta (1998) indica que la materia orgánica contiene elementos nutritivos estimuladores del crecimiento como ácidos fúlvicos, húmicos y radicales, así mismo Ramos et al. (2016) menciona que la cantidad de abono orgánico dentro de los sustratos, es uno de los factores determinantes para el crecimiento en altura de las plantas en vivero, dado por el aporte de nutrimentos, principalmente nitrógeno disponible.

Por otro lado, Patiño et al. (2012) señala que las plántulas que hayan alcanzado los 15 a 20 cm de altura, que es 60 días aproximadamente después del repique estarán listas para ser trasplantadas al lugar definitivo, al respecto las plántulas de este ensayo estuvieron en el rango de tamaño y listas para el trasplante a los 38 días, bajo el efecto del tratamiento T1, además de encontrarse con buen vigor y en buenas condiciones sanitarias.

4.3. Longitud de raíz

Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para Longitud de raíz en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.).

| Tratamiento | Medias | Rango | |
|---------------------------------------|--------|-------|---|
| 1 (Bocashi 1 50% + 50% Tierra) | 22,59 | A | |
| 3 (Bocashi 2 50% + 50%Tierra) | 20,23 | A | B |
| 2 (Bocashi 1 80% + 20% Tierra) | 19,50 | A | B |

| | | | |
|---------------------------------------|-------------|---|---|
| 4 (Bocashi 2 80% + 20% Tierra) | 18,24 | B | C |
| 5 Testigo | 16,16 | | C |
| CV (%) | 6,04 | | |

El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación de 6,04% siendo un porcentaje muy confiable para esta investigación.

La prueba de Tukey al 5% para esta variable muestra 4 rangos de significancia, donde el tratamiento T1 (50% bocashi 1 + 50% tierra) se encuentra en el rango A, seguido de este con un rango AB se encuentra el T3 (50% bocashi 2 + 50% tierra) como los mejores, coincidiendo con lo obtenido por Hidalgo (2016) en su investigación donde obtuvo como mejor tratamiento para longitud de raíz la concentración 1:1 de bocashi y tierra. Al respecto se puede mencionar que la longitud de la raíz está influenciada por los espacios porosos equilibrados que le proporciona el uso de abonos orgánicos en mezcla con la tierra, coincidiendo con Padilla (2005) quien menciona que si el sustrato tiene una estructura favorable permite un rápido crecimiento del sistema radicular, mientras que un suelo compactado restringe la proliferación de raíces; en esta línea, Hidalgo (2016) señala que el uso de materia orgánica en el sustrato influye positivamente sobre el sistema radicular que cuando no se incorpora materia orgánica, coincidiendo con Minagri (2012) citado por (Hidalgo, 2016) quien asegura que el desarrollo de las raíces pivotantes se logra en los primeros meses y es favorecido por la calidad del sustrato.

4.4. Diámetro de tallo

Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para Diámetro de tallo en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

| Tratamiento | Medias (mm) | Rango |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| 1 (Bocashi 1 50% + 50% Tierra) | 6,36 | A |
| 2 (Bocashi 1 80% + 20% Tierra) | 4,68 | B |
| 5 Testigo | 3,49 | C |
| 3 (Bocashi 2 50% + 50% Tierra) | 3,31 | C |
| 4 (Bocashi 2 80% + 20% Tierra) | 3,21 | C |
| CV (%) | 8,73 | |

Para el diámetro de tallo se observa un coeficiente de variación de 8,73% demostrando que los resultados son confiables.

Para esta variable la prueba de Tukey al 5% muestra que el mejor tratamiento fue el T1 (50% bocashi 1 + 50% tierra) con 3 rangos, encontrando alta significancia estadística en comparación con el resto de los tratamientos, donde nuevamente coincide con Hidalgo (2016) quien también muestra que la mejor concentración para esta variable en su investigación fue la relación 1:1 bocashi y tierra.

Según González (2011), citado por (Ramos et al., 2016), el aporte de nutrimentos que los sustratos puedan brindarles a las plantas es muy importante para el desarrollo del diámetro del tallo en fase de vivero. En esta misma línea, Anton (1992) citado por (Hidalgo, 2016) menciona que la materia orgánica es un abono de gran densidad y variedad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas y hormonas influyendo sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

4.5. Biomasa del área foliar en materia seca

Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para Biomasa del área foliar en materia seca en el Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

| Tratamiento | Medias (g) | Rango |
|--|-------------------|--------------|
| 1 (Bocashi 1 50% + 50% Tierra) | 1,16 | A |
| 2 (Bocashi 1 80% + 20% Tierra) | 0,70 | B |
| 5 Testigo | 0,31 | C |
| 3 (Bocashi 2 50% + 50% Tierra) | 0,25 | C |
| 4 (Bocashi 2 80% + 20% Tierra) | 0,22 | C |
| CV (%) | 9,07 | |

El coeficiente de variación de 9,07% demuestra que los resultados son confiables.

Para esta variable la prueba de Tukey al 5% muestra 3 rangos de significancia, donde el mejor tratamiento fue nuevamente el T1 (50% bocashi 1 + 50% tierra), encontrando alta significancia estadística en comparación con el resto de los tratamientos con un promedio de peso de 1,16 g.

Al respecto, Hidalgo, (2016) igualmente en su investigación, encontró mayor biomasa aérea y radicular cuando el sustrato contiene 50% de suelo, y con materia orgánica si se utiliza bocashi Reyes y González (2003) citados por (Hidalgo, 2016), mencionan que por efecto de la incorporación de materia orgánica a una proporción adecuada 1:1 con suelo, es posible lograr plantones más vigorosos que por lo general son elegidas por los agricultores para la siembra en el campo. Además, explica que el buen desarrollo y cantidad de biomasa de la planta depende de la disponibilidad de nutrientes que éstas tengan y a las condiciones generales del sustrato. Al

respecto, las concentraciones mayores de abono orgánico no siempre son las mejores ya que según DESDE EL SURCO (2001) la materia orgánica sirve de alimento para los macro y microorganismos, quienes se encargan de trabajar la tierra, transformando residuos animales y vegetales a elementos asimilables para las plantas además se encargan del transporte de minerales del suelo para que estos sean aprovechados por las plantas.

Según Basantes (2010) Para un buen desarrollo de las plantas y del área foliar es importante nutrir a las plantas con una buena cantidad de nitrógeno disponible, sin desmerecer la necesidad de los otros nutrientes como fósforo y potasio.

El resultado para este tratamiento debe estar influenciado por la cantidad de nitrógeno que se obtuvo en el bocashi 1, la cual fue de 2,21% como se muestra en el Anexo 2.

Resultado similar a lo observado por Restrepo & Hensel (2007) quien en tres formas de bocashi obtuvo los siguientes porcentajes de nitrógeno: 0,93%, 0,96% y 1,18%.

4.6. Biomasa de la raíz en materia seca

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para Biomasa de la raíz en materia seca del Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

| Tratamiento | Medias (g) | Rango | |
|---------------------------------------|-------------|-------|---|
| 1 (Bocashi 1 50% + 50% Tierra) | 0,37 | A | |
| 2 (Bocashi 1 80% + 20% Tierra) | 0,20 | B | |
| 5 Testigo | 0,19 | B | C |
| 3 (Bocashi 2 50% + 50% Tierra) | 0,15 | B | C |
| 4 (Bocashi 2 80% + 20% Tierra) | 0,15 | C | |
| CV (%) | 9,74 | | |

Para la materia seca de raíz se obtuvo un coeficiente de variación de 9,74% demostrando que los resultados son confiables.

Para esta variable la prueba de Tukey al 5% indica 4 rangos y nuevamente se muestra que el mejor tratamiento fue el T1 (50% bocashi 1 + 50% tierra), encontrando alta significancia estadística en comparación con el resto de los tratamientos con un peso promedio de 0,37 g; coincidiendo con Hidalgo (2016) quien en su investigación también logró la mayor biomasa de raíz con la concentración antes mencionada.

Se presume que esto se debe a la buena cantidad de fósforo que presenta la formulación 1, Anexo 2, ya que según Padilla (2005), el fósforo está relacionado directamente con la división celular, ya que es componente importante de ácidos nucleicos, ribosomas, membrana celular y moléculas de energía, permitiendo que las plantas crezcan.

Otro factor determinante para obtener mayor masa seca de raíz es la porosidad que proporciona un sustrato, quizá de ahí el resultado obtenido en la presente investigación ya que el sustrato tenía una buena porosidad de manera equilibrada manteniendo una buena distribución de humedad y aireación.

Como se puede observar en las diferentes variables, en general el Bocashi 2, elaborado a base de tamo de trigo, no tuvo buen resultado en la investigación. Esto de momento se le atribuye a varios factores; por un lado, a la elaboración del abono, ya que al utilizar la recomendación de la fórmula en peso como lo indica Restrepo & Hensel (2007), implicó que por su densidad se necesite gran cantidad de tamo quedando el resto de elementos con muy poca concentración; por otro lado, al momento de realizar la mezcla con la tierra para colocar en las fundas, igualmente se utilizó las

concentraciones en peso, por lo tanto nuevamente se manejó gran cantidad de abono y poca tierra. Esto significó que el sustrato como tal tuviera más cantidad de tamo que otros elementos, de ahí que no hubo buen soporte y nutrientes necesarios para el desarrollo de las plántulas.

Basantes (2010), indica que cuando el tamaño de la partícula del suelo es mayor existe buena aireación y absorción de humedad, pero también esto resulta ser una limitante si las partículas son demasiado grandes como fue en el caso del bocashi 2, debido a que estas propiedades físicas restringen la retención de agua provocando escurrimiento de los nutrientes. De igual forma, es importante hablar sobre la materia orgánica la cual al contener demasiado material lignificado tiene una relación C/N alta, es decir un bajo contenido de nitrógeno, Padilla (2005). Todos estos factores deben haber influido en la poca eficiencia del abono sobre las plántulas.



Figura 6. Diferencia entre tratamientos T1, T2, T3, T4

5. CONCLUSIONES

1. La formulación de bocashi tradicional, tuvo el mejor resultado para el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) a nivel de vivero, observándose plántulas con alturas promedio de 16 cm, no ocurrió lo mismo con el bocashi elaborado con materiales de la zona, ya que presentó los promedios más bajos en todas las variables.
2. La mezcla que tuvo mejor resultado fue la relación 1:1, es decir 50 % de bocashi y 50% de tierra, dando los mejores promedios en todas las variables evaluadas.
3. Con el tratamiento T1 (50% Bocashi 1 y 50% Tierra), se logró obtener plántulas de mejor tamaño, vigor y sanidad, incluso se consiguió acortar el tiempo de permanecía en vivero.
4. El bocashi elaborado con materiales locales, no tuvo un efecto positivo en las plántulas.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de bocashi en mezcla con tierra en relación 1:1 como sustrato para la fase de repique en el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), ya que se obtiene plántulas de calidad y en menor tiempo listas para trasplante.
2. Evaluar nuevamente el bocashi elaborado con tamo de trigo, utilizando los materiales y las mezclas en proporciones no en peso, teniendo el cuidado de usar dicho tamo bien triturado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. (2022). *Efecto de tres formulaciones de bocashi en el rendimiento del cultivo de fresa (Fragaria vesca L.) Chuquibambilla, Grau*. Tesis de grado-Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac-Perú.
- Álvarez, B. (2015). *Elaboración de bocashi a partir de los residuos orgánicos generados en la comunidad “Sexta Cooperativa” de la parroquia Chiguaza, cantón Huamboya, Provincia de Morona Santiago*. Trabajo de Integración Curricular de grado- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Sede Morona Santiago.
- Ávila, E. (2015). Manual de Tomate de árbol. *Cámara de Comercio de Bogotá, 1*, 50. [https://www.ccb.org.co/content/download/13726/175108/file/Tomate de árbol.pdf](https://www.ccb.org.co/content/download/13726/175108/file/Tomate%20de%20árbol.pdf)
- Basantes, E. (2010). *Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo* (I. La Unión (ed.)).
- Benavides, A. (2024). *Evaluación de sustratos enriquecidos con micorrizas para la producción de plantas de tomate de árbol (Solanum betaceum) en el centro experimental San Francisco*. Trabajo de integración curricular de grado - Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Berrios, B., & Villegas, E. (2020). *Eficiencia del uso de bocashi para la nutrición del suelo agrícola en una parcela unifamiliar en llo, Moquegua*. Tesis de grado- Universidad Peruana Unión.
- Bianco, M., Fagiani, M., Campos, H., Ruggia, O., Serri, D., Bernadi, N., Arguello, E., Narmona, L., & Silbert, V. (2017). Enmienda orgánica de suelo y su efecto sobre el cultivo de lechuga. *Congreso Argentino de Agroecología*, 1–6.
- Buono, S., Aguirre, C. M., Abdo, G., Perondi, H. M., & Ansonnaud, G. (2018). Tomate árbol. In

Procisur (Vol. 12, Issue 4, p. 18). https://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854_e-arbol-PROCISUR.pdf

Cabrera, P. (2011). *Colección “buenas prácticas”. Aboneras tipo Bocashi* (p. 10). Programa extraordinario de apoyo a la seguridad alimentaria y nutricional FAO-Unión Europea.

Cáceres, J. (2017). *Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y bocashi en la producción de cebolla (*Allium cepa*) utilizando el método de investigación participativa en el cantón Santa Isabel, Azuay como un sistema alternativo de producción*. Tesis de Maestría - Universidad de Cuenca - Ecuador.

Cajamarca, N., & Veleceta, S. (2015). *Efecto de la aplicación de bocashi y biol en la productividad de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), variedad Blanco Belén*. Tesis de grado - Universidad de Cuenca - Ecuador.

Cangas, C. (2019). *Eficacia de la aplicación de fitohormonas y fosfitos, en el cuajado, rendimiento y calidad del fruto, en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav), Cantón Montúfar*.

Cango, Y. (2024). *Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*)*. Proyecto de Investigación de grado - Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador.

Castillo, L., & Vargas, L. (2007). *Estudio comparativo de tres formas de reproducción de Bocashi elaborados en el campus agropecuario UNAN-León*. Tesis de grado - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Castillo, M. (2021). *Efecto del bocashi en el cultivo de pitahaya (*hylocereus spp.*) para el incremento de la productividad, cantón Mocache – Los Ríos*. Trabajo de titulación de grado -

Universidad Agraria del Ecuador.

Castro, J. (2014). Fenología y crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* (cav.)sendt), cultivado con coberturas plásticas en el suelo. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias-Universidad Nacional Autónoma de México*, 1(91), 21–29.

Chimbo, H. (2015). *Efecto del bocashi en la producción primaria de diferentes especies de gramíneas forrajeras tropicales Paspalum dilatatum, Brachiaria brizantha y Panicum maximum en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas*. Trabajo de titulación de grado - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo- Ecuador.

DESDE EL SURCO. (2001). *Como hacer abonos orgánicos* (pp. 1–35).

España, K. (2021). *Efecto de la aplicación de Bocashi en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) cantón Mocache- Los Ríos*. Trabajo de titulación de grado - Universidad Agraria del Ecuador.

Feícan, C., Encalada, C., & Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agroproductividad*, 9(8), 78–86.

Gobernación del Huila. (n.d.). *Manual tecnico cultivo de tomate de arbol en el Huila* (pp. 1–19).

Hidalgo, A. (2016). *Efecto del compost de residuos sólidos municipales biodegradables y del bocashi en el crecimiento de plántones de cacao (Theobroma cacao L.) en Tingo María*. Tesis de grado - Universidad Nacional agraria de la Selva.

Llundo, M. (2022). *Diagnostico del manejo de la producción del tomate de árbol (Solanum*

- betaceum*) en cantón Pelileo. Proyecto de investigación de grado - Universidad Técnica de Ambato.
- Lucas, K., Maggi, J., & Yagual, M. (2011). *Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de sangolquí, provincia de Pichincha*. Tesis de grado - Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Marcial, L., Martínez, A., León, J., Suárez, A., & Viera, W. (2023). Desarrollo del fruto en cultivares de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Perfiles*, 1(29), 30–39. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i29.200>
- Medina, J. (2015). *Evaluación de cuatro abonos orgánicos en la producción de la fresa (Fragaria chiloensis) variedad albión en la granja Educativa del Colegio Bachillerato San Vicente Ferrer de La Parroquia Chuquiribamba cantón Loja - Provincia de Loja*. Tesis de grado- Universidad Nacional de Loja-Ecuador.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería-El Salvador. (2011). *Elaboración y uso del Bocashi* (p. 16). FAO-AECID-CENTA.
- Moreno, B. (2019). *Elaboración de un abono (Bocashi) a partir de residuos orgánicos del bioterio de la facultad de Ciencias - ESPOCH*. Trabajo de titulación de grado - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador.
- Morocho, M. (2023). *Equilibrio catiónico en la productividad del cultivo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) variedad amarillo gigante*. Trabajo de titulación de grado - Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.
- Padilla, W. (2005). *Factores que limitan el crecimiento y desarrollo de las plantas*.

- Patiño, M., Aguilar, M., & Paspuel, A. (2012). *Guía Técnica para el cultivo y manejo del tomate de árbol* (pp. 1–36).
- Piedrahita, C., & Caviedes, D. (2012). *Elaboración de un abono tipo “Bocashi” a partir de desechos orgánicos y sub producto de industria lactea (lacto suero)*. Proyecto de grado-Universidad de San Buenaventura Cali-Colombia.
- Prada, P., & Basto, G. (2004). *Prácticas recomendadas para el manejo del cultivo de tomate de árbol*.
- Quiñones, H. (2023). *Determinación del efecto y calidad (inocuidad y propiedades físico-químicas) del bocashi en la producción de hortalizas (repollos y brócoli (*Brassica oleracea*), habichuelina (*Phaseolus vulgaris*), lechuga (*Lactuca sativa*) limpias para su uso-consumo seguro*. Pasantía de grado-Universidad del Pacífico-Colombia.
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., Cabrera, A., Martín, G., & Fernández, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y de bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37, 165–174. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2893.9763>
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, J. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90–97.
- Restrepo, J., & Hensel, J. (2007). *Manual práctico. El ABC de la agricultura orgánica fosfitos y panes de piedra*. Feriva S.A. Santiago de Cali, Colombia.
- Restrepo, J., & Hensel, J. (2009). *Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra* (p. 318). Feriva S.A. Cali, Colombia.

- Rosado, M. (2024). *Impacto de la polinización en la formación de frutas y rendimiento del tomate de árbol Solanum betaceum. Cav.* Componente práctico del examen de carácter complejo de grado - Universidad Técnica de Babahoyo.
- Semillero, E. (2006). *Tomate de árbol (Cyphomandra betacea)* (Issue 14, pp. 1–7).
- Sequeira, J. (2019). *Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) cv. Tropicana.* Proyecto especial de grado- Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras.
- Shintani, M., Leblanc, H., & Tabora, P. (2000). *Bokashi (Abono Orgánico Fermentado). Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. Guía para uso práctico* (Primera Ed). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH)- Costa Rica.
- Torres, F., & Flórez, L. (2009). "Cultivo De Tomate De Árbol Bajo Invernadero " Contrato De Financiamiento 053 De 2008. January 2009. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15270.83523>
- Viera, A. (2016). *Bocashi más humus líquido en una mezcla forrajera de Lolium multiflorum, Trifolium pratense y Trifolium repens.* Tesis de grado - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador.
- Villagómez, D. (2014). *Elaboración de bocashi a partir de residuos del faenamiento de animales del camal de la Maná, provincia de Cotopaxi.* Trabajo de grado-Universidad Central del Ecuador.
- Villegas, I. (2009). Cultivo de tomate de árbol. In *Proyecto Microcuenca Plantón - Pacayas Boletín técnico No. 8* (Vol. 8, Issue 8, pp. 1–4).

8. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de laboratorio del tratamiento testigo

| Parámetros | Unidad | | Método de valoración |
|----------------------------|---------------|---------|---------------------------------|
| Potencial hidrógeno | U pH | 6,58 | SM 4500-H+ A y 4500- H+ 8[3] |
| Conductividad Eléctrica | mS/cm | 0.70 | Electrónico Myron [3] |
| Materia orgánica | % | 5,50 | Incineración mufla (cálculo) |
| Nitrógeno | % | 0,17 | SM 4500- N org: B |
| Fósforo | mg/kg (P) | 1,56 | SM 4500- P E[1] |
| Potasio | mg/kg (K) | 20,00 | SM 3111-B [2] |
| Calcio | mg/kg (Ca) | 2672,40 | SM 3111-B [2] |
| Magnesio | mg/kg (Mg) | 304,30 | SM 3111-B [2] |

Anexo 2. Resultados del análisis de laboratorio del bocashi 1

| Parámetros | Unidad | | Método de valoración |
|----------------------------|---------------|---------|---------------------------------|
| Potencial hidrógeno | U pH | 7,81 | SM 4500-H+ A y 4500- H+ 8[3] |
| Conductividad Eléctrica | mS/cm | 1,43 | Electrónico Myron [3] |
| Materia orgánica | % | 46.39 | Incineración mufla (cálculo) |
| Nitrógeno | NTK (%p/p) | 2,21 | SM 4500- N org: B |
| Fósforo | mg/kg (P) | 33.67 | SM 4500- P E[1] |
| Potasio | mg/kg (K) | 360,00 | SM 3111-B [2] |
| Calcio | mg/kg (Ca) | 6045,00 | SM 3111-B [2] |
| Magnesio | mg/kg (Mg) | 875,00 | SM 3111-B [2] |

Anexo 3. Resultados del análisis de laboratorio del bocashi 2

| Parámetros | Unidad | | Método de valoración |
|----------------------------|---------------|---------|---------------------------------|
| Potencial hidrógeno | U pH | 8,94 | SM 4500-H+ A y 4500- H+ 8[3] |
| Conductividad Eléctrica | mS/cm | 0,99 | Electrónico Myron [3] |
| Materia orgánica | % | 33,15 | Incineración mufla (cálculo) |
| Nitrógeno | NTK (%p/p) | 1,55 | SM 4500- N org: B |
| Fósforo | mg/kg (P) | 44,96 | SM 4500- P E[1] |
| Potasio | mg/kg (K) | 374,00 | SM 3111-B [2] |
| Calcio | mg/kg (Ca) | 6935,00 | SM 3111-B [2] |
| Magnesio | mg/kg (Mg) | 1300,00 | SM 3111-B [2] |