



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE AGROPECUARIA

Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera e Ingeniero Agropecuario

**AUTORES: RUTH ALEXANDRA PACHECO CHURACO
DANNY ALEXANDER FLORES DE LA CRUZ**

TUTORA: GINA PAOLA TAFUR RECALDE

Quito - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ruth Alexandra Pacheco Churaco con documento de identificación N° 1753969854 y Danny Alexander Flores De La Cruz con documento de identificación N° 1727466714, manifestamos que:

Somos autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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.

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

Quito. 7 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ruth Alexandra Pacheco Churaco

1753969854



Danny Alexander Flores De La Cruz

1727466714

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

Nosotros, Ruth Alexandra Pacheco Churaco con documento de identificación N° 1753969854 y Danny Alexander Flores De La Cruz con documento de identificación N° 1727466714, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del Trabajo experimental: Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L., el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Agropecuarios, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cayambe, 7 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ruth Alexandra Pacheco Churaco
1753969854



Danny Alexander Flores De La Cruz
1727466714

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 la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L., realizado por Ruth Alexandra Pacheco Churaco con documento de identificación N° 1753969854 y Danny Alexander Flores De La Cruz con documento de identificación N° 1727466714, 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.

Cayambe, 7 de febrero del año 2025.

Atentamente,



Ing. Gina Paola Tafur Recalde M.Sc.

1002072047

DEDICATORIA

Danny Alexander Flores De La Cruz

A mis queridos padres, cuya guía y amor incondicional han sido la luz que ha iluminado mi camino. Gracias por inculcarme desde temprana edad los valores del esfuerzo, la perseverancia y la integridad. Su presencia constante en los momentos de alegría y en los desafíos me ha brindado la fortaleza necesaria para superar cualquier obstáculo. Sin su apoyo inquebrantable, no habría alcanzado las metas que hoy celebro. Aspiro a seguir honrando sus sacrificios, persiguiendo mis sueños con determinación y compartiendo con ustedes cada logro obtenido. A mis abuelos, pilares de sabiduría y cariño, cuyas palabras llenas de experiencia y amor han sido un refugio y una fuente de inspiración. Su apoyo silencioso pero constante me ha motivado a mantenerme firme en mi camino, recordándome siempre la importancia de la humildad y la gratitud. A mis hermanos, compañeros de vida y cómplices de innumerables aventuras. Su confianza en mis capacidades y el amor fraternal que me brindan ha sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Cada risa compartida y cada gesto de apoyo han fortalecido mi espíritu y me han recordado el valor de la familia. A Patricia Morales, cuyo nombre evoca en mí sentimientos de profunda gratitud y afecto. En los momentos más oscuros, brindándome apoyo incondicional y alentándome a no rendirme jamás. Su presencia ha sido esencial en este viaje. A mis amigos y compañeros de trabajo, quienes con su camaradería y palabras de aliento me motivaron a continuar mi formación. Vuestras muestras de confianza y el apoyo brindado en cada etapa de este proceso han sido invaluable. Gracias a todos por creer en mí y por ser parte de este recorrido.

Ruth Alexandra Pacheco Churaco

A mi mamá, quien con su amor incondicional y presencia constante ha sido la luz que ha guiado cada uno de mis pasos, desde pequeña me crio con valores, con amor y con sabiduría, yo que conozco tu historia mamita se lo duro que fue toda tu vida y por eso te admiro un montón esperando ser como usted teniendo esa capacidad de levantarme en cada situación difícil que se presente en mi vida, y te prometo que tus consejos los tengo muy presentes solo espero Dios me de muchos años más para disfrutar de tu amor y veas en la persona que me convertiré y que te sientas orgullosa de mí. Este logro es tan tuyo como mío, y en cada meta alcanzada, en cada sueño realizado, siempre estarás presente, le amo mucho y siempre serás mi eterno motor.

AGRADECIMIENTO

Danny Alexander Flores De La Cruz

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, reconociendo que, a través de su divina voluntad, se me ha concedido la oportunidad y la fortaleza para cursar y culminar con éxito mi carrera universitaria. A todos mis docentes, quienes han sido pilares fundamentales en mi formación académica y personal. Cada uno de ustedes, con su dedicación, pasión y compromiso, no solo transmitieron conocimientos técnicos y teóricos, sino que también inculcaron valores esenciales como el esfuerzo, la ética y la perseverancia.

A mis padres y hermanos con todo mi cariño y gratitud, quiero expresarles mi más sincero agradecimiento por el apoyo incondicional y el amor que me han brindado en cada paso de este camino. Gracias a sus enseñanzas, su ejemplo y el cariño que siempre me han mostrado. Este logro es tanto mío como de ustedes, y en cada meta alcanzada encuentro el reflejo del amor y la dedicación que me han inspirado.

A la Ingeniera Gina Tafur tutora de tesis y compañera de tesis Ruth por su invaluable apoyo y dedicación a lo largo de este proceso. La Ingeniera Gina Tafur no solo me brindó su experiencia y conocimientos, sino que también me inspiró con su compromiso y pasión, guiándome en cada etapa de este trabajo. A mi compañera Ruth, agradezco profundamente la colaboración, el compañerismo, el ánimo compartido y sobre todo aguantarme, elementos que han hecho de este camino una experiencia enriquecedora y motivadora.

A mis compañeros, amigos Kimberly, Vinicio, Gerson, Deivid, Emily, Luis, Cristian y Made por ser excelentes compañeros en este trayecto académico, sino también por ser amigos invaluable. Su apoyo, su entusiasmo y la calidez de su amistad han hecho de cada día una experiencia enriquecedora y motivadora. Como amigos, han estado presentes en los momentos de reto y de celebración, compartiendo no solo conocimientos, sino también risas, confidencias y apoyo incondicional. Este camino ha sido más llevadero y gratificante gracias a su compañía, y cada logro alcanzado lleva consigo un pedacito de la amistad que hemos forjado juntos.

Ruth Alexandra Pacheco Churaco

A mi hermosa y admirable madre que Dios me dio indiscutiblemente mi ejemplo a seguir de perseverancia, fuerza, resiliencia, constancia para avanzar en este camino llamado vida, ya que, gracias a su presencia, a sus consejos y su apoyo esta etapa no hubiera sido posible, este logro es tuyo viejita que siempre luchaste por mí y nunca te diste por vencida, te lo prometí y te lo cumplí. Orgullosa de ser tu hija, también a mi papa de crianza que a pesar de todo fue fundamental su presencia, también a mi hermanita que con su dulzura y ocurrencias estuvo ahí para mí, mi pequeño saltamontes.

Agradezco a Dios porque de alguna u otra manera sentí su presencia, en los momentos más tristes de mi vida siempre estuvo ahí levantándome, cuidándome, dándome las fuerzas para seguir adelante y no recaer, y también en los días más felices, gracias por todas las bendiciones, también a mi papá aunque siempre me hiciste una falta enorme, y seguramente en algún momento nos volveremos a encontrar y te daré ese abrazo soñado y eterno, mientras tanto quiero creer que siempre me cuidas a donde quiera que vaya.

A mi tío Efraín, Alonzo a prima Marisol, mi primo Royer, mi prima Janeth, por su apoyo emocional, sus consejos y el cariño que me tienen, infinitas gracias por su presencia en mi vida.

A mis amigos y amigas, Ricardo, Vinicio, Jenifer, Estefany, Danny, Luis, Emily y Adair, que fueron y son personales increíbles que se cruzaron en mi camino y que durante mi etapa universitaria y mucho antes, me han permitido vivir experiencias inigualables, gracias a lo vivido y aprendido soy una mejor persona día a día.

A mi tutora y mi profesora Ing. Gina Tafur quién nos dio la oportunidad de realizar esta tesis con mi compañero Danny por tenernos paciencia, a mis profesores el Ing. Janss Beltrán, Ing. Rosita Espinoza por su ayuda en cualquier situación estuvieron con una buena disposición en toda la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	4
2.1. Tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav)	4
2.1.1. Origen	4
2.1.2 Taxonomía	4
2.1.3 Morfología	4
2.1.4. Necesidades nutricionales:	6
2.1.5. Propagación:	6
Propagación sexual:.....	6
Propagación asexual:	6
2.1.6. Germinación y semillero:	7
2.1.7. Trasplante a bolsas o repique:	7
2.1.8. Sustratos:	8
2.1.9. Características edafoclimáticas:	8
2.2. Tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	9
2.2.1. Origen	9
2.2.2. Taxonomía.....	9

2.2.3. Morfología.....	10
2.2.4. Necesidades nutricionales:	11
2.2.5. Propagación:	11
Propagación sexual:.....	11
2.2.6. Germinación y semillero:	12
2.2.7. Trasplante:	12
2.2.8. Sustratos:	12
2.2.9. Características edafoclimáticas:	12
2.3. Bocashi.....	13
2.3.1. Carbón vegetal.....	13
2.3.2. Estiércol.....	13
2.3.3. Cascarilla de arroz o tamo de trigo o cebada.....	14
2.3.4. Salvado de arroz o afrecho	14
2.3.5. La melaza de caña o panela	14
2.3.6. Levadura, manto forestal, bocashi o microorganismos eficientes.....	14
2.3.7. Carbonato de calcio o ceniza	14
2.3.8. Tierra común.....	14
2.3.9. Suero.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación	16
3.2. Diseño experimental.....	16
3.2.1. Ensayo 1: Tomate de árbol	16
3.2.2. Variables evaluadas:	17
Porcentaje de prendimiento de las plántulas.....	17
Longitud del tallo.....	17

Longitud de la raíz.....	18
Diámetro del tallo	18
Biomasa del área foliar en materia seca	19
Biomasa de la raíz en materia seca.....	19
3.2.3. Ensayo 2: Tomate riñón.....	20
3.2.4. Variables evaluadas:	20
Porcentaje de germinación.....	20
Longitud del tallo.....	21
Longitud de la raíz.....	21
Diámetro del tallo	22
Biomasa del área foliar en materia seca	22
Biomasa de la raíz en materia seca.....	23
3.3. Preparación del bocashi.....	23
3.4. Adquisición de las semillas	24
3.5. Adquisición de plántulas	24
3.6. Adquisición de fundas y bandejas de germinación.....	25
3.10. Implementación del ensayo	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Ensayo tomate de árbol	26
4.1.1. Porcentaje de prendimiento	26
4.1.2. Longitud del tallo.....	28
4.1.3. Longitud de la raíz.....	29
4.1.4. Diámetro del tallo	30
4.1.5. Biomasa del área foliar en materia seca	31
4.1.6. Biomasa de la raíz en materia seca.....	33

4.2. Ensayo tomate riñón.....	34
4.2.1. Porcentaje de germinación.....	35
4.2.2. Longitud del tallo.....	36
4.2.3. Longitud de la raíz.....	38
4.2.4. Diámetro del tallo	40
4.2.5. Biomasa del área foliar en materia seca	42
4.2.6. Biomasa de la raíz en materia seca.....	45
5. CONCLUSIONES	48
6. RECOMENDACIONES.....	48
7. REFERENCIAS CITADAS	50
8. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate de árbol.....	4
Tabla 2. Taxonomía del Tomate riñón	9
Tabla 3. Codificación de los tratamientos y composición del ensayo de tomate de árbol.....	16
Tabla 4. Codificación de los tratamientos y composición del ensayo de tomate riñón.	20
Tabla 5. Insumos y cantidades utilizadas en cada una de las formulaciones de bocashi.	24
Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de prendimiento. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	26
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para longitud del tallo. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	28
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para longitud de la raíz. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	29
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para diámetro del tallo. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	30
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para biomasa del área foliar en materia seca. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	31
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para biomasa de la raíz en materia seca. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	33
Tabla 12. Análisis de varianza de las variables medidas para el ensayo del tomate riñón. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	34
Tabla 13. Prueba de Tukey al 1% para el porcentaje de germinación y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	35
Tabla 14. Prueba de Tukey al 1% para la longitud del tallo y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	36
Tabla 15. Prueba de Tukey al 1% para la longitud de la raíz y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	38
Tabla 16. Prueba de Tukey al 1% para el diámetro del tallo y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	40
Tabla 17. Prueba de Tukey al 1% para biomasa del área foliar en materia seca y el análisis. Efecto del bocashi en la fase de vivero de <i>Solanum betaceum</i> Cav. y <i>Solanum lycopersicum</i> L.	43

Tabla 18. Prueba de Tukey al 1% para biomasa del área radicular en materia seca y análisis.
Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L. 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la investigación fase campo.....	16
Figura 2. Porcentaje de prendimiento	17
Figura 3. Medición de la longitud del tallo	17
Figura 4. Medición de la longitud de la raíz.....	18
Figura 5. Medición del diámetro del tallo	18
Figura 6. Corte del área foliar del tomate de árbol.....	19
Figura 7. Corte del área radicular del tomate de árbol	19
Figura 8. Porcentaje de germinación	20
Figura 9. Medición de la longitud del tallo en el tomate riñón	21
Figura 10. Medición de la longitud de la raíz en el tomate riñón	21
Figura 11. Medición del diámetro del tallo en el tomate riñón	22
Figura 12. Corte del área foliar del tomate riñón y colocación en la estufa.....	22
Figura 13. Corte del área radicular del tomate riñón y colocación en la estufa	23
Figura 14. Bandeja y fundas adquiridas para la implementación de la investigación	25
Figura 15. Interacción entre los abonos y la concentración para la longitud de la raíz.	39
Figura 16. Interacción entre los abonos y concentración para el diámetro del tallo.....	42
Figura 17. Interacción entre los abonos y concentración para la biomasa del área foliar en materia seca.....	44
Figura 18. Interacción entre los abonos y la concentración para la biomasa del área radicular en materia seca.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de laboratorio de las diferentes formulaciones y concentraciones que se utilizó en la investigación efecto del bocashi en la fase de vivero de Solanum betaceum Cav. y Solanum lycopersicum L.	56
Anexo 2. Fotografías de la implementación de la investigación experimental.	57

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo Evaluar el efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de dos especies de Solanáceas, como estrategia alternativa a la agricultura convencional. En el caso del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) se utilizó un DCA con 3 tratamientos, T1 (50% Bocashi Bovinaza + 50% de tierra negra), T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra) y Testigo absoluto (tierra negra + pomina), y cinco repeticiones, cuyas variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, longitud de tallo y raíz, diámetro de tallo, biomasa del área foliar y raíz en materia seca. Para el tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L) se planteó un DCA con arreglo factorial 2 x 2 + 1, donde el factor 1 lo constituye las dos formulaciones y el factor 2 las dos concentraciones de bocashi con 5 tratamientos; T1 (50% Bocashi Bovinaza + 50% de tierra negra), T2 (20% Bocashi Bovinaza + 80% de tierra negra), T3 (50% Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra), T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% de tierra negra), Testigo absoluto (tierra negra + pomina) y 3 repeticiones, cuyas variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, longitud de tallo, longitud de raíz, diámetro de tallo, biomasa del área foliar en materia seca, biomasa de la raíz en materia seca. Para el tomate de árbol, el T2 (50% de Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra) y para el tomate riñón el T4 (20% de Bocashi Gallinaza + 80% de tierra negra), mostraron los mejores resultados en todas las variables evaluadas, de ahí que se recomienda su uso en vivero para estas dos especies.

Palabras clave: bocashi, tomate de árbol, tomate riñón, sustrato.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of bocashi on the development of seedlings of two Solanaceae species, as an alternative strategy to conventional agriculture. In the case of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav) a DCA was used with 3 treatments, T1 (50% Bocashi Bovine + 50% black soil), T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% black soil) and Absolute control (black soil + pomina), and five replicates, whose variables evaluated were: percentage of seedling development, stem and root length, stem diameter, leaf area biomass and root in dry matter. For kidney tomato (*Solanum lycopersicum* L), a 2 x 2 + 1 factorial DCA was used, where factor 1 was the two formulations and factor 2 the two concentrations of bocashi with 5 treatments; T1 (50% Bocashi Bovine + 50% black soil), T2 (20% Bocashi Bovine + 80% black soil), T3 (50% Bocashi Gallinaza + 50% black soil), T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% black soil), Absolute control (black soil + pomina) and 3 replicates, whose evaluated variables were: germination percentage, stem length, root length, stem diameter, leaf area biomass in dry matter, root biomass in dry matter. For tree tomato, T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% black soil) and for kidney tomato T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% black soil), For tree tomato, T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% black soil) and for kidney tomato T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% black soil), showed the best results in all variables evaluated, hence their use in nursery for these two species is recommended.

Key words: bocashi, tree tomato, kidney tomato, substrate.

1. INTRODUCCIÓN

La producción hortofrutícola en el país desempeña un papel crucial, no solo en términos económicos, sino también como pilar de la seguridad alimentaria. Esto ha generado una alta demanda de plántulas de calidad entre los productores, ya que un buen material vegetal de partida es determinante para el éxito de la producción (Quesada & Méndez, 2013).

En esta línea, el uso de semilleros es una práctica clave para minimizar la pérdida de semillas y garantizar un alto porcentaje de prendimiento de plántulas (FAO, 2011). Para lograr estos resultados, es fundamental emplear un sustrato de calidad, cuyas características físico-químicas adecuadas aseguren tanto el desarrollo óptimo como el rendimiento de las plántulas (Quesada & Méndez, 2005). Para obtener plántulas fuertes y resistentes, un sustrato de alta calidad es clave en el proceso (Marcalla, 2023), el cual a más de dar sostén, debe proporcionar una gran cantidad de elementos nutritivos para satisfacer las necesidades del cultivo (Márquez et al., 2006).

Entre los sustratos más utilizados para semilleros destaca la turba, sin embargo, este sustrato es un producto importado, costoso y su disponibilidad en el mercado es muy irregular (Bracho et al., 2009), lo que afecta la producción, así como la economía de los viveristas. También se utiliza la mezcla de tierra negra y pomina, donde la tierra aporta fertilidad y una notable capacidad de retención de agua (FAO, 2011), y la pomina le da porosidad, capacidad de aireación pero es inerte, y puede resecar el sustrato si se usa en exceso (J. Luna et al., 2021), haciendo que los viveristas deban recurrir a la fertilización sintética para compensar las carencias nutricionales de este material.

Ante esta problemática, surge la necesidad de utilizar sustratos elaborados con materiales producidos localmente, que sean inocuos, estables y de calidad adecuada, esta estrategia permite aprovechar subproductos de la agroindustria local, reduciendo la dependencia y los elevados costos asociados a los sustratos importados (Quesada & Méndez, 2013). En este contexto, el bocashi se destaca como un abono orgánico rico en nutrientes esenciales y con una alta diversidad de microorganismos beneficiosos, estas propiedades no solo enriquecen el contenido nutricional del sustrato, sino que también promueven una mayor actividad microbiana y optimizan los procesos biológicos en el desarrollo de las plántulas (Taco, 2024).

Bocashi es un término japonés y significa “abono fermentado” (Herrera, 2018). Este abono orgánico ha sido utilizado por los agricultores japoneses desde hace muchos años (Berrios & Villegas, 2020). Este abono se puede elaborar con materias primas locales, lo que puede ocasionar variación en su composición, en la velocidad de descomposición o tasa de mineralización gobernada por la actividad microbiológica y la posterior disponibilidad de nutrientes (Ramos & Terry, 2014), no es un inconveniente a la hora de utilizarlo en los cultivos ya que se puede realizar un análisis físico-químico y así darle un uso eficiente.

Con este antecedente, es indispensable implementar y perfeccionar técnicas especializadas en los viveros, con énfasis particular en la etapa de semillero, para garantizar el cumplimiento de las expectativas productivas y comerciales (Quesada & Méndez, 2013), entre ellas elegir el mejor sustrato, garantizando un alto porcentaje en la producción de plántulas de calidad de manera sostenible.

En este contexto, los cultivos hortofrutícolas con más demanda de plántulas en el mercado son el tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) y el tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*), cuyos estándares de calidad en las plántulas son fundamentales. (*Solanum betaceum Cav.*), que pertenece a la familia de las solanáceas y es conocido también como «tamarillo», «tomate de árbol», «tomate de cera», «chilto», etc.(Coyago et al., 2023), tiene sus orígenes en la región andina de América del sur (Acosta et al., 2016; Salazar & Vaca, 2021) y constituye uno de los cultivos que aportan a la economía familiar de los agricultores (Torres, 2022). Así mismo, (*Solanum lycopersicum L.*), que igualmente pertenece a la familia de las solanáceas (Cruz et al., 2024). El tomate rojo conocido como jitomate, es una de las hortalizas de mayor demanda; su cultivo en el país se desarrolla en regiones de clima templado y cálido como en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, siendo a nivel mundial la segunda hortaliza de mayor importancia (L. Ortega, Sánchez, Díaz, et al., 2010). De ahí que su demanda aumenta continuamente y por ende su producción y comercio (Alcedo & Reyes, 2018).

Las plántulas de estas dos especies en su mayoría son obtenidas con enfoque convencional, donde el uso de sustratos importados y fertilización sintética es lo predominante; es así que los sustratos más utilizados son: la turba, lana de roca y el polvo de coco; sin embargo, son materiales costosos, por lo que se hace necesario la búsqueda de sustratos que proporcionen un adecuado

rendimiento y con bajo costo (L. Ortega, Sánchez, Díaz, et al., 2010), uno de estos sustratos puede ser a base de bocashi.

En este contexto, existe varias investigaciones alrededor de este abono así: se ha realizado un estudio para evaluar el rendimiento del fréjol (Iñiguez, 2010) donde menciona que, el bocashi es un abono orgánico que contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. También se ha evaluado efecto de tres formulaciones de bocashi en el rendimiento del cultivo de fresa, donde los resultados mostraron aumento significativo en la productividad, demostrando que el bocashi puede ser una alternativa eficaz para incrementar los rendimientos. (Aguilar, 2022).

De igual manera se probó el efecto del bocashi frente a otros abonos en la cantidad y calidad del fruto de melón, obteniendo los mejores resultados (Gama, 2018). También se ha evaluado el efecto de dos formulaciones de bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (Casanova, 2024), donde se observó buenos resultados solo con una de las formulaciones.

Sin embargo, se desconoce de estudios que evalúen el bocashi como sustrato en fase de vivero en tomate riñón y se cree conveniente volver a evaluar el efecto de la formulación que no obtuvo buenos resultados en la investigación en tomate de árbol, a partir de esto se propone la presente investigación cuyos objetivos son:

Objetivo General

Evaluar el efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de dos especies de Solanáceas, como estrategia alternativa a la agricultura convencional.

Objetivos específicos

- Establecer la mejor formulación y concentración del abono en la etapa de vivero de tomate riñón.
- Determinar el efecto de dos formulaciones de bocashi en fase de vivero en tomate de árbol.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav)

2.1.1. Origen

Este frutal es propio de Sudamérica, la mayor producción comercial se da en Colombia, Perú y Ecuador, es un árbol perenne subtropical que florece entre los 1000 y los 3000 m de altitud, alcanzando alturas de dos a cuatro metros (Acosta et al., 2016; F. Ramírez & Kallarackal, 2019). Existen variedades como rojo común, rojo morado, amarillo común (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), ocupando una superficie cerca de 500 ha en los valles interandinos como el Carchi, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja, con una producción de 60 a 80 ton/ha/año de fruta (Feicán et al., 2016).

2.1.2 Taxonomía

A continuación, se presenta la división taxonómica:

Tabla 1. Taxonomía del tomate de árbol

Tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav)	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum betaceum</i>

Fuente: (Revelo et al., 2004).

2.1.3 Morfología

El tomate de árbol presentan un sistema radicular superficial, poco profundo y también muy ramifica, estas pueden llegar a una profundidad de hasta 1 metro, aunque la mayor densidad de raíces absorbentes, que miden aproximadamente 2 mm, se encuentra a 50 cm de profundidad, sin embargo, la mayor concentración de estas raíces se localiza principalmente en los primeros 25 cm del suelo (Torres, 2022).

El tallo del tomate de árbol tiene una forma cilíndrica, de crecimiento vertical herbáceo en sus primeras etapas, desde el catorceavo mes se convierte en leñoso y puede alcanzar una altura de 2.5 a 4 metros (F. Ramírez & Kallarackal, 2019). Sus ramificaciones suelen dividirse en tres, con un diámetro de 1.0 a 1.5 metros, dependiendo de las prácticas culturales aplicadas al cultivo, la nutrición recibida y las condiciones del lugar donde se desarrolla, además, es posible injertar la planta para obtener tallos más compactos que alcancen alturas de entre 1.5 y 2 metros (Acosta et al., 2016).

Según (Acosta et al., 2016; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), describe que son hojas simples, enteras y en algunos casos presenta ondulaciones leves en los bordes, generalmente son grandes con una longitud que va entre 15 y 30 cm y un ancho de 10 a 25 cm dependiendo de la variedad, las hojas se conectan al tallo mediante un pedúnculo robusto, alargado y de forma cilíndrica, presentan una nervadura central prominente, de la cual se ramifican entre 8 y 12 nervaduras secundarias ramificadas hacia los bordes, además presenta un olor relacionado con la presencia de compuestos fenológicos diferenciándolo de otras especies del género *solanum*.

Las flores se agrupan en racimos auxiliares que contienen entre 10 y 50 flores, cada flor presenta estructuras masculinas (estambres) y femeninas (pistilos) llegando a ser hermafroditas, visualmente tienen forma de estrella con cinco pétalos fusionados en la base con un tamaño que va desde 1 y 1,5 cm de diámetro, generalmente son de color blanco a blanco lila aunque presentan tonalidades violáceas en los bordes de los pétalos, también están compuestas por cinco estambres, las anteras amarillas son eminentes y se agrupan alrededor del estilo liberando el polen a través de poros en sus extremos (Revelo et al., 2004).

De acuerdo con (F. Ramírez & Kallarackal, 2019) es un fruto verdadero de tipo baya, jugoso y con múltiples semillas en su interior, presenta una forma ovalada, elíptica similar a un huevo alargado que varía entre 4 a 10 cm de longitud y de 3 a 5 cm de diámetro, su color verde hace referencia cuando esta inmaduro a diferencia que cuando alcanzan su madurez presentan color amarillo, anaranjado, rojo o morado esto depende de la variedad, su cascara es fina, lisa, brillante pero no comestible ya que su sabor es amargo, su pulpa en cambio es jugosa, gelatinosa tiene un sabor agridulce, cada fruto tiene un peso alrededor de 50 a 200 gr.

Cada baya contiene entre 200 a 300 semillas este rango dependerá del tamaño del fruto, generalmente son de color amarillo claro aunque esto acata a la madurez en que se encuentre el

fruto del que proviene, su forma es aplanada con bordes ligeramente redondeados de tamaño pequeño con un diámetro aproximado de 2 a 4 mm, en su estructura interna presentan endospermo rico en reservas lo que facilita la germinación de la plántula (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

2.1.4. Necesidades nutricionales:

El tomate de árbol requiere una nutrición equilibrada para optimizar su crecimiento y producción, entre los macronutrientes principales indispensables está el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), también los macronutrientes secundarios como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y micronutrientes como el hierro (Fe), boro (B), zinc (Zn) aunque estos últimos son requerido en menor cantidad son necesarias para las funciones metabólicas y enzimáticas de la planta, la cantidad de todos estos nutrientes estarán en función de la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo de tomate de árbol, también dependerá mucho de las condiciones en las que se encuentre el suelo (Acosta et al., 2016).

Se establece que la cantidad de macronutrientes necesaria para una hectárea en producción de tomate de árbol independientemente de un análisis de suelo es la siguiente: nitrógeno entre 45 y 50 kg/ha, fósforo entre 16 y 20 kg/ha y potasio entre 50 y 60 kg/ha, también se recomienda aplicaciones de fertilizantes foliares con intervalos de cuatro meses (Revelo et al., 2004).

2.1.5. Propagación:

Propagación sexual:

La propagación por semilla se lleva a cabo utilizando frutos seleccionados que estén libres de plagas y enfermedades, con una coloración uniforme, bien maduros, de buen tamaño y procedentes de árboles madre saludables y vigorosos, la semilla que se extraen de los frutos se lavan para eliminar el mucilago y se secan al aire libre bajo sombra, posteriormente se siembra en un sustrato previamente desinfectado y así las plantas estén listas para ser trasplantadas siempre y cuando alcancen una altura aproximada de 25 cm (Torres, 2022).

Propagación asexual:

Para la propagación mediante estacas se utilizan brotes basales o aéreos que deben tener aproximadamente entre 30 cm de longitud contener varias yemas, este material vegetal debe proceder de plantas saludables, las estacas se colocan en un sustrato y se estimula su enraizamiento

mediante hormonas vegetales como la auxina, las plántulas permanecen en el vivero hasta alcanzar un altura de 0,7 a 1 metro (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

2.1.6. Germinación y semillero:

Cuando ya las semillas hayan secado, estas deben ser sembradas en semilleros con medidas de 28 x 44 con una profundidad de 5 cm para obtener un buen resultado de germinación, también hay que tener en cuidado al exponer las semillas al calor, humedad excesiva, por lo tanto, se debe sembrar la más pronto posible aplicando el sustrato adecuado. Las semillas deben colocarse de forma superficial en el sustrato, evitando que se queden demasiado expuestas al aire o que se desplacen por el riego, durante esta fase de germinación es importante mantener el sustrato húmedo con la ayuda de pulverizadores para evitar excesos o insuficiencia de agua (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Según Meza & Manzano, (2007), la germinación de la semilla de tomate de árbol es de tipo epigea, mientras que la emergencia de la plántula es criptocolitar, este proceso comienza aproximadamente a los cuatro días y puede finalizar en un periodo de hasta 25 días, las semillas son pequeñas, de forma circular, planas y lisa, con un color que puede variar entre amarillo y verde oscuro. Están recubiertas por un arilo cuyo color depende de la variedad. Su peso oscila entre 5 y 6 mg, con dimensiones de 4 a 5 mm de longitud y de 3 a 4 mm de ancho, se dice también que las semillas frescas tiene una buena capacidad de germinación que comienza entre los 10 y 15 días posteriores a la siembra.

Sin embargo Marcalla, (2023) menciona que, cuando las plántulas alcanzan una altura de 7 a 10 cm, realiza la etapa de repique, que consiste en trasplantar a fundas de vivero medidas 8x9 perforadas para facilitar el drenaje del agua, posteriormente las plántulas se mantienen bajo sombra durante un mes y luego de dos meses aproximadamente las plantas tendrán una altura de 20 cm y están listas para ser trasplantadas a un lugar definitivo.

2.1.7. Trasplante a bolsas o repique:

El trasplante a las fundas de polietileno se debe realizar cuando las plántulas alcancen una altura de 7 y 10 cm y presenten de dos a tres hojas verdadera asegurando que las raíces estén suficientemente desarrolladas para que pueda soportar el trasplante (Arahana B. et al., 2010).

Los cuidados que se deben tener en el proceso de repique:

- Al extraer las plántulas es necesario que el sustrato este adherido a la raíz para minimizar el estrés.
- Las plántulas se colocan en las bolsas llenas de sustratos asegurando que las raíces queden cubiertas y que el cuello de la plántula quede a nivel del sustrato.
- Se debe hacer presión alrededor de las raíces para evitar que quede aire con esto asegurando un buen contacto entre el sustrato y las raíces.
- Luego se debe mantener al sustrato húmedo, evitando excesos de agua ya que causa pudrición radicular.

Este manejo adecuado durante el repique asegura el establecimiento vigoroso y saludable de las plántulas en su etapa inicial (Arahana B. et al., 2010).

2.1.8. Sustratos:

Un sustrato se define como cualquier material solido distinto del suelo tradicional, ya sea de origen natural, sintético y orgánico, que favorece el anclaje y el desarrollo del sistema radicular de las plántulas durante su etapa inicial, abarcando desde la germinación hasta la formación de las primeras hojas verdaderas (Marcalla, 2023). Un sustrato inadecuado presenta un crecimiento lento y bajo de la planta ya que si el sustrato es compacto causa efectos negativos en el crecimiento de la raíz impidiendo el consumo de agua y nutrientes a la planta, deben cumplir con diversas propiedades físico-químicas como capacidad de retención de humedad, adecuada aireación que aseguren un rendimiento óptimo y a un costo accesible (Taco, 2024).

2.1.9. Características edafoclimáticas:

El cultivo de tomate de árbol prospera mejor en suelos con textura intermedia, que varíen entre franco y franco-arenoso con una pendiente de 70%, con buena permeabilidad, profundidad y un adecuado contenido de materia orgánica este cultivo no tolera suelos compactos y sin oxigenación, es importante evitar suelos con altos niveles de arcilla o arena, por otra parte se adaptan a suelos ligueramente ácidos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

La temperatura ideal para este cultivo es entre 13 y 25 °C, con un requerimiento hídrico de 1500 a 2000 mm anualmente, humedad relativa de 70 % al 80 % se debe tener en consideración que es sensible al estrés hídrico si sobre pasa los niveles ideales (Revelo et al., 2004).

2.2. Tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.)

2.2.1. Origen

Esta planta fue introducida desde España en el siglo XVI y desde entonces se extendió por el resto del continente americano, en el siglo XVIII, los italianos comenzaron a cultivarlas como planta alimenticia. Sin embargo, se plantea la hipótesis de que este cultivo fue mejorado en América antes de su introducción a Europa. El tomate de riñón no se encuentra en estado silvestre ya que ha sido domesticado durante siglos, en términos de producción (Vega, 2022). Es una de las hortalizas más difundidas y de mayor valor económico mundial, cuya demanda aumenta continuamente y con ella su producción y comercio (Alcedo & Reyes, 2018).

En el Ecuador la superficie plantada es de 1691 ha, con una producción de 55000 toneladas y con un rendimiento de 33.51 t/ha, en las provincias de la Sierra se desarrolla un 75.35% del total de su cultivo mientras en la Costa se realiza un 24.75%; Chimborazo, Carchi, Tungurahua, Cotopaxi y Azuay son las provincias con mayor producción (Ministerio de agricultura y ganadería, 2023; Taco, 2024).

2.2.2. Taxonomía

A continuación, se presenta la división taxonómica:

Tabla 2. Taxonomía del Tomate riñón

Tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>)	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum lycopersicum</i>

Fuente: (Jaramillo et al., 2007).

2.2.3. Morfología

La raíz está formada por una raíz principal, raíces secundarias y adventicias las cuales son numerosas y robustas, por lo general no superan los 30 cm de profundidad (Jaramillo et al., 2007). Esta facilita el anclaje de la planta al suelo o al sustrato, cumpliendo un papel esencial en la absorción, transporte de agua y nutrientes hacia las partes superiores de la planta.

El tallo del tomate se asemeja al de un arbusto, y el tallo puede crecer de forma semirrecta, vertical o rastrera, dependiendo de la variedad (Vega, 2022). Tiene un diámetro promedio de 2 a 4 cm y actúa como estructura principal en la que se forman los tallos secundarios, la hojas y las inflorescencias, su superficie presenta pelos glandulares mientras que en los laterales se encuentra el meristemo apical, responsable del inicio del crecimiento de los nuevos brotes foliares y florales (Jaramillo et al., 2007).

La hoja está formada por folíolos con peciolo, que presentan lóbulos y bordes dentados, recubiertos de pelos glandulares, estas hojas se disponen de manera alternada al largo de tallo. En su estructura interna, el tejido está cubierto por capas de epidermis superior e inferior ambas carentes de cloroplastos, la epidermis inferior cuenta con numerosos estomas, en el tejido parenquimático, la región superior conocida como zona empalizada, tiene una concentración de cloroplastos, los haces vasculares son prominentes, especialmente en la parte inferior de la hoja y se destacan por un nervio principal (Taco, 2024).

La flor presenta simetría regular y posición hipógina, con al menos cinco sépalos y pétalos amarillos. Su inflorescencia es compuesta, ramificándose desde el eje principal hacia ramas inferiores, con más de 300 flores en algunos casos. La primera flor surge de la yema apical, mientras que las demás se disponen lateralmente alrededor del eje central, unidas por pedicelos. Estas inflorescencias se desarrollan en las axilas de las hojas, generalmente cada 2-3 hojas (Jaramillo et al., 2007).

El fruto es nutritivo, rico en potasio, fósforo, calcio, zinc, fibra y vitaminas B, C y E, con bajo contenido calórico y consumo versátil (crudo, cocido o procesado). Es una baya de 3 partes principales: pericarpio, tejido placentario y semillas, con un peso entre miligramos y 600 g. Su recolección se realiza separándolo de la zona de abscisión del pedicelo o en el punto de unión con

el pedúnculo (Vega, 2022;Taco, 2024).

El tomate riñón presenta una forma ovalada y plana, su longitud es de 2 a 3 mm con un ancho de 1,5 a 2 mm, el color varía desde amarillo a marrón claro dependiendo de la madurez del fruto ya que las semillas sanas suelen ser uniformes en color, se estimada que presenta 150 semillas por fruto teniendo en cuenta que no todas tiene un poder germinativo significativo, la superficie de la semilla es ligeramente rugosa y cubierta por una capa de pelos finos, se dice también que al tener 1000 semillas de tomate equivale a 3,5 g aunque esto varía según la variedad (Izquierdo & Granados-Ortiz, 2000).

2.2.4. Necesidades nutricionales:

Según Caguana et al., (2003) indica que la cantidad de macronutrientes por hectárea en el cultivo de tomate riñón independientemente de los análisis de suelo son los siguientes Nitrógeno de (200 a 300) kg/ha, Fosforo de (100 a 200) kg/ha, Potasio de (100 a 200) kg/ha esto dos veces al año, los micro elementos requieren una aplicación de gramos/litro intercalado una vez por semana, las necesidades nutricionales por parte del cultivo va a depender de la disponibilidad de los nutrientes del suelo, clima y etapa de crecimiento de la planta, el tomate de riñón es una planta exigente, que requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N,P,K,Ca, Mg, S y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B, Zn, pero su exigencia alta es el N, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser 1:1, la absorción de nitrógeno, fosforo, potasio, azufre y magnesio se incrementan a partir de la floración. En suelos con alto contenido de arcilla hay mayores riesgos de acumulación de sales, por ello hay que evitar que el pH del suelo sea mayor a 7,5 para que estos elementos estén disponibles para la planta, lo ideal esta entre 5,5 y 7 (Jaramillo et al., 2007).

2.2.5. Propagación:

Propagación sexual:

Las semillas de tomate de riñón se extraen de frutos maduros, se los deja a fermentación natural durante 24 a 48 h, para luego extraer las semillas y luego lavarlas en un colador, con agua corriendo y dejarlas secar sobre papel a la sombra por dos días aproximadamente, por último se recomienda colocar las semillas en un congelador durante 24 horas para romper su estado de latencia, y luego ubicarlas en bandejas cubiertas con servilletas húmedas para mantener la humedad adecuada (Caguana et al., 2003).

También Izquierdo & Granados-Ortiz, (2000), expone de la extracción mecánica de las semillas, que consiste en la obtención de semillas a gran escala, donde se requiere mayor eficiencia en el tiempo, al utilizar estas máquinas especializadas que separan las semillas del mucilago mediante la trituración suave y lavado para luego ser secado en secadores artificiales.

2.2.6. Germinación y semillero:

La necesidad de garantizar una oferta constante y de buena calidad ha impulsado la producción de tomate riñón almácigos, entre las principales ventajas se encuentran la mayor precocidad y uniformidad del cultivo, un manejo más eficiente de las semillas y la posibilidad de seleccionar las plantas más adecuadas para su trasplante en campo o invernadero (Quesada & Méndez, 2013). Se considera que una semilla habrá germinado cuando la radícula emergió a través del micropilo y alcanzo una longitud de 4mm, por otro lado se consideró que una planta había emergido cuando el hipocólito se elevó por encima de la superficie del sustrato (Meza & Manzano, 2007).

2.2.7. Trasplante:

Para este proceso se realiza un pequeño orificio en el plástico cerca del gotero, el diámetro del orificio debe ser de 2cm facilitando el trasplante de la plántula, estas deben tener una altura de 10 a 12 cm y de 6 a 8 hojas verdaderas ya formadas, hay que tener en cuenta que para hacer esta labor se debe hacer en los días de menor radiación preferiblemente en los días nublados o en el comienzo o atardecer del día para así tener un mejor prendimiento en fase de campo, también se debe dejar el cuello de la planta a nivel del suelo al finalizar el trasplante se debe revisar a los 5 días si todas prendieron (Caguana et al., 2003).

2.2.8. Sustratos:

El sustrato es uno de los factores clave para garantizar el éxito del cultivo, ya que actúa como el medio donde se desarrollan las raíces, las cuales juegan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plántulas (L. Ortega, Sánchez, Ocampo, et al., 2010).

2.2.9. Características edafoclimáticas:

La condición edáfica óptima de tomate de riñón se encuentra en suelos de textura franca, franca arenosa o franca limosa, con un buen equilibrio entre drenaje y retención del agua, con un pH ideal entre 5,5 y 6,8 (Sandoval & Calispa, 2015). Una temperatura óptima oscila entre 13C° a

24C°, temperaturas inferiores a 10C° causan daños en los cultivos que no están bajo invernadero, normalmente se adaptan mejor en altitudes de 1000 a 2800 msnm y con una precipitación anual de 800 a 1200 mm, la humedad relativa ideal esta entre 60 y 80% (Caguana et al., 2003).

2.3. Bocashi

El bocashi es una palabra japonesa que significa “material orgánico fermentada” (Herrera, 2018), este tiene un proceso de descomposición aeróbico de materiales de origen vegetal o animal. Es un modelo de tratamientos de los residuos orgánicos para convertirse en sustratos, se requiere de un tiempo de 10 a 15 días para que esté listo, pero de preferencia se debería aplicar después de los 25 días siendo un tiempo prudente para que pase por el proceso de maduración (Berrios & Villegas, 2020).

La composición química del bocashi varía dependiendo de sus materias primas utilizadas a la hora de su elaboración, ya que de ello depende la velocidad de descomposición por la actividad microbológica que existe (Ramos & Terry, 2014). Las principales características que debe tener un sustrato óptimo son: la densidad real y aparente, la distribución granulométrica, porosidad y aireación, retención de agua, permeabilidad, distribución y tamaño de poros (Bracho et al., 2009).

2.3.1. Carbón vegetal

Mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor, su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbológica de la tierra, al mismo tiempo, funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas disminuyendo la pérdida y el lavado de estos en el suelo (Berrios & Villegas, 2020).

2.3.2. Estiércol

Es una fuente principal que aporta nitrógeno en abonos fermentados, su aporte principal es mejorar las características de la fertilidad del suelo con varios nutrientes como fosforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen pueden aportar mayor o menor cantidad de nutrición (P. Ortega, 2012).

2.3.3. Cascarella de arroz o tamo de trigo o cebada

Este ingrediente ayuda a corregir la acidez de los suelos, también son importantes en la absorción de humedad y filtraje de nutrientes, estimula el desarrollo del sistema radicular, mejora las características del suelo y de abonos orgánicos aporta silicio, fosforo y potasio. El silicio que ayuda a las plántulas a tener mayor resistencia contra los patógenos (Restrepo & Hensel, 2009).

2.3.4. Salvado de arroz o afrecho

Es un ingrediente clave que potencia la fermentación de abonos debido a su contenido de vitaminas complejas presentes. Favorece la activación hormonal, el aporte de nitrógeno, contienen carbohidratos, y minerales esenciales como fosforo, potasio, calcio, entre otros (Restrepo & Hensel, 2009).

2.3.5. La melaza de caña o panela

Es una fuente energética para la fermentación de abonos orgánicos ya que favorece la multiplicación de la actividad microbiana, tiene propiedades químicas como calcio, potasio, magnesio y microelementos como el boro (P. Ortega, 2012).

2.3.6. Levadura, manto forestal, bocashi o microorganismos eficientes

Sirve como fuente de inoculación de microorganismos ayudando a descomponer los demás ingredientes (Restrepo & Hensel, 2009).

2.3.7. Carbonato de calcio o ceniza

Tiene como finalidad regular la acidez que se presenta durante el proceso de la fermentación también contribuye como calcio a las plantas (P. Ortega, 2012).

2.3.8. Tierra común

El suelo sirve como esponja que retiene, filtra y libera lentamente los nutrientes a las plantas dependiendo es estado fenológico de la mismas (Marcalla, 2023).

2.3.9. Suero

El suero tiene como finalidad el suministro de proteínas, vitaminas, grasas y aminoácidos esenciales para la formación de compuestos orgánicos durante la fermentación del abono orgánico.

Además, crea un entorno ideal que favorece a la producción de microorganismos necesarios para el proceso de fermentación, facilitando la actividad microbiológica (Restrepo & Hensel, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación se desarrolló en la Provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Ascázubi, ubicada a una altura de 2568 msnm.

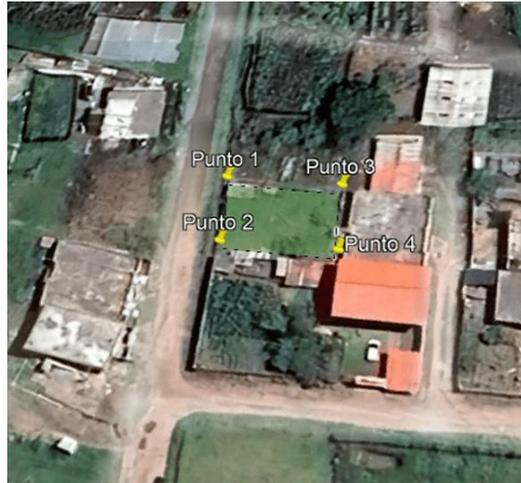


Figura 1. Ubicación de la investigación fase campo.

3.2. Diseño experimental

3.2.1. Ensayo 1: Tomate de árbol

Se utilizó un Diseño Completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y 5 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por 10 plántulas, la composición de cada tratamiento consta de la formulación 1 (50% bocashi bovinaza más 50% tierra negra), la formulación 2 (50% bocashi gallinaza más 50% tierra negra) y el testigo absoluto (tierra negra más pomina en relación 1:1) como se muestra a continuación:

Tabla 3. Codificación de los tratamientos y composición del ensayo de tomate de árbol.

Codificación del tratamiento	Composición de cada tratamiento
T1	Formulación 1 (50% Bocashi Bovinaza + 50% de tierra negra)
T2	Formulación 2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra)
T3	Testigo absoluto (tierra negra + pomina)

Elaborado por: Autores de esta investigación.

3.2.2. Variables evaluadas:

Las variables que fueron evaluadas en la presente investigación son:

Porcentaje de prendimiento de las plántulas

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



Figura 2. *Porcentaje de prendimiento*

Longitud del tallo

Se midió la plántula desde la base del tallo hasta el ápice del tallo, para esto se usó una regla graduada y un pie de rey digital.



Figura 3. *Medición de la longitud del tallo*

Longitud de la raíz

Con la ayuda de una regla graduada y un pie de rey digital, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la raíz principal.



Figura 4. Medición de la longitud de la raíz

Diámetro del tallo

Con la ayuda de un pie de rey digital, se midió el diámetro del tallo en la parte intermedia del entre la base y el ápice superior del tallo.



Figura 5. Medición del diámetro del tallo

Biomasa del área foliar en materia seca

El área foliar fue cortada, pesada en fresco y llevada a la estufa a 70 grados durante 24 horas, luego se volvió a pesar para obtener la materia seca en gramos.



Figura 6. Corte del área foliar del tomate de árbol

Biomasa de la raíz en materia seca.

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



Figura 7. Corte del área radicular del tomate de árbol

Todas las variables evaluamos al final del ensayo excepto el porcentaje de prendimiento.

3.2.3. Ensayo 2: Tomate riñón

Se utilizó un Diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $2 \times 2 + 1$ donde el factor 1 lo constituye las dos formulaciones y el factor 2 las dos concentraciones de bocashi que se va a utilizar en semilleros del tomate riñón; lo que da lugar a 4 tratamientos más un testigo absoluto con 3 repeticiones por cada tratamiento. La unidad experimental constará de 10 plántulas de tomate riñón, en total se necesitará 150 semillas de tomate riñón.

Tabla 4. Codificación de los tratamientos y composición del ensayo de tomate riñón.

Codificación del tratamiento	Composición de cada tratamiento
T1	F1-C1 (50% Bocashi Bovinaza + 50% de tierra negra)
T2	F1-C2 (20% Bocashi Bovinaza + 80% de tierra negra)
T3	F2-C1 (50% Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra)
T4	F2-C2 (20% Bocashi Gallinaza + 80% de tierra negra)
T5	Testigo absoluto (tierra negra + pomina)

F1: Formulación del bocashi con bovinaza más tamo de trigo

F2: Formulación del bocashi con gallinaza más cascarilla de arroz

3.2.4. Variables evaluadas:

Porcentaje de germinación

Se contó el número de plántulas geminadas por repetición, se registró y comparó con la cantidad de semillas sembradas por repetición. Esta evaluación, se realizó a los 15 días después de iniciar el experimento y se expresó en porcentaje.



Figura 8. Porcentaje de germinación

Longitud del tallo

Con la ayuda de un pie de rey digital, medimos las plántulas desde la base del tallo hasta el ápice de del tallo.



Figura 9. Medición de la longitud del tallo en el tomate riñón

Longitud de la raíz

Con la ayuda de un pie de rey digital, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la raíz principal.



Figura 10. Medición de la longitud de la raíz en el tomate riñón

Diámetro del tallo

Con la ayuda de un pie de rey digital, se midió el diámetro del tallo en la parte intermedia del tallo, entre la base y el ápice superior del tallo.



Figura 11. Medición del diámetro del tallo en el tomate riñón

Biomasa del área foliar en materia seca

El área foliar fue cortada, pesada en fresco y llevada a la estufa a 60 grados durante 6 horas, luego se volvió a pesar para obtener la materia seca en gramos.



Figura 12. Corte del área foliar del tomate riñón y colocación en la estufa

Biomasa de la raíz en materia seca

Se cortó el área radicular y se pesó en fresco, luego se llevó a la estufa a 60 grados durante 4 horas, se volvió a pesar para así obtener la materia seca en gramos.



Figura 13. *Corte del área radicular del tomate riñón y colocación en la estufa*

3.3. Preparación del bocashi

El bocashi se elaboró siguiendo la metodología propuesta por (Restrepo & Hensel, 2009). La preparación del abono se llevó a cabo en condiciones controladas bajo techo protegido del sol, de la lluvia y del viento, junto al lugar donde se implementó la investigación, donde se preparó aproximadamente 40 kg de material para realizar cada formulación.

Durante los primeros 5 días, se realizaron volteos diarios conforme a las recomendaciones de (Restrepo & Hensel, 2009). La temperatura de las pilas se midió desde el segundo día de la preparación y antes de cada volteo a lo largo del proceso de fermentación. Una vez que el bocashi alcanzó la temperatura ambiente de forma estable, se consideró listo.

A continuación, se detallan los insumos empleados para la elaboración de ambas formulaciones.

Tabla 5. Insumos y cantidades utilizadas en cada una de las formulaciones de bocashi.

Insumos y cantidad para la preparación de Bocashi			
Formulación 1		Formulación 2	
Materiales	Cantidad	Materiales	Cantidad
Estiércol bovino	½ Costal	Gallinaza	½ Costal
Tamo de trigo	½ Costal	Cascarilla de arroz	½ Costal
Pulidura de trigo	1.25 kg	Pulidura de arroz	1.25 kg
Panela	0.25 litros	Melaza	0.25 litros
Levadura	25 g	Levadura	25 g
Tierra Común	½ Costal	Tierra Común	½ Costal
Ceniza	1.25 kg	Carbonato de calcio	1.25 kg
Carbón de fogón	11.25 kg	Carbón comercial	11.25 kg
Roca fosfórica	1.25 kg	Roca fosfórica	1.25 kg
Suero	20 litros	Agua	20 litros

Elaborado por: Autores de esta investigación.

3.4. Adquisición de las semillas

Las semillas de tomate riñón variedad Pietro se adquirieron en una casa comercial ubicada en la ciudad de Guayllabamba. Para garantizar la calidad del experimento, se seleccionaron semillas de una marca reconocida, ampliamente comercializada y certificada. Verificamos que las semillas estén en óptimas condiciones y sanas. En total, se emplearon 150 semillas para el desarrollo de la investigación.

3.5. Adquisición de plántulas

Las plántulas de tomate de árbol se adquirieron en un vivero certificado de la ciudad de Guayllabamba. Para garantizar la uniformidad en las unidades experimentales, se seleccionaron plantas sanas, de la misma edad y tamaño. En total se compraron 150 plántulas para el desarrollo de la investigación.

3.6. Adquisición de fundas y bandejas de germinación.

El semillero del tomate riñón se realizó en bandejas de germinación, la adquisición se la realizó en una casa comercial de la ciudad de Guayllabamba y el tamaño de esta será acorde a lo recomendado para la siembra de tomate riñón. El tamaño de la bandeja será de un largo de 54cm, de ancho 28cm, la altura de la celda de 4.5cm y con 162 celdas.

De la misma forma se realizó la adquisición de las fundas de germinación. El tamaño de las fundas serán de 10x17cm.

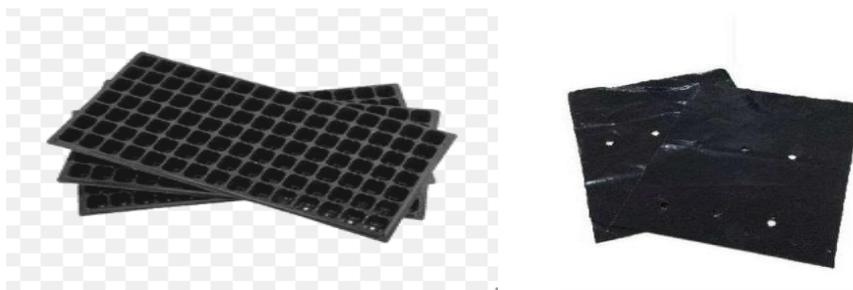


Figura 14. Bandeja y fundas adquiridas para la implementación de la investigación

3.10. Implementación del ensayo

Una vez elaboradas las formulaciones del abono tipo bocashi, se colocó 0,4 kg de la mezcla en las fundas de germinación para el tomate de árbol y en las bandejas de germinación se colocará 0.3 kg para el tomate riñón.

Para el tomate de árbol se preparó el sustrato de acuerdo a los tratamientos establecidos (Formulación 1 = 50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra; Formulación 2 = 50% bocashi gallinaza + 50% tierra negra) y para el tomate riñón se preparó las concentraciones establecidas en los tratamientos (50% de la formulación 1 + 50% tierra negra; 80% tierra negra + 20% de la formulación 1 – 50% de la formulación 2 + 50% tierra negra; 80% tierra negra + 20% de la formulación 2), cabe mencionar que la tierra negra fue desinfectada previamente.

El riego se llevó a cabo según las necesidades hídricas de las plantas, ajustándose a las condiciones de humedad del sustrato. Esto se realizó preferentemente durante las primeras horas de la mañana y, de ser necesario, al final del día asegurando un suministro adecuado de agua sin exceder los niveles óptimos de humedad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayo tomate de árbol

4.1.1. Porcentaje de prendimiento

Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de prendimiento. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango	
T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	96.00	A	
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	86.00	A	B
T3	Testigo	80.00	B	
CV (%)		6.93		

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 6.93%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

El análisis estadístico mediante la prueba de Tukey al 5% para esta variable, nos indica 3 rangos de significancia estadística, donde el tratamiento T2 (50% bocashi gallinaza + 50% tierra negra) se encuentra en el rango A como el mejor, con un promedio del 96% de prendimiento, seguido el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra) se ubica en el rango AB, con un promedio de 86%. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 80%, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada.

Varios factores influyen en el éxito del trasplante de plántulas, así:

Según L. Ortega, Sánchez, Díaz, et al., (2010), la principal problemática en el trasplante de tomate en diversos sustratos se atribuye a las elevadas temperaturas promedio registradas dentro del invernadero, las cuales han generado deficiencias en la adaptación de las plántulas en el experimento que ellos realizaron.

Por otro lado, Moreta, (2014) señala que las propiedades del medio de cultivo también influyen significativamente en el prendimiento de las plántulas, destacando factores como la disponibilidad de agua, densidad aparente, pH y humedad.

De acuerdo a Mixquititla et al., (2022), los materiales de origen orgánico y compostado poseen propiedades muy variables. No obstante, al combinarlos entre ellos y ajustarlos, es posible crear sustratos con las condiciones ideales para cada tipo de cultivo. La deficiencia en la estructura física o desequilibrio de nutrientes en el sustrato puede dificultar la adaptación de las plántulas, haciéndolas más vulnerables y reduciendo significativamente el porcentaje de prendimiento, esto refuerza la importancia de ajustar las proporciones y propiedades de los componentes en el diseño de sustratos para maximizar los resultados en función del cultivo objetivo.

En esta línea, los porcentajes de prendimiento en el experimento fueron aceptables para los tratamientos, no así para el testigo. Esto posiblemente se debe a que los abonos en concentraciones adecuadas mantiene una adecuada estructura y retención de humedad en el sustrato (Anexo 1) lo que seguramente permitió que las plántulas resistan mejor el trasplante, considerando que se registró altas temperaturas a los días posteriores. De acuerdo a esto Restrepo & Hensel, (2009) mencionan que, el bocashi a base de cascarilla de arroz o tamo de trigo mejora la característica de absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.

4.1.2. Longitud del tallo

Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para longitud del tallo.

Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	16.97	A
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	14.57	B
T3	Testigo	12.36	C
CV (%)		8.88	

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 8.88 %, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

La prueba de Tukey al 5% para esta variable muestra 3 rangos de significancia, donde el tratamiento T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra), se posiciona en el rango A como el mejor, alcanzando un promedio de longitud de 16.97 cm. Seguido, por el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra), con un promedio de 14.57 cm. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 12.36 cm, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada. Esto concuerda con la investigación de Casanova, (2024), donde el mejor resultado para la longitud del tallo se obtuvo con el tratamiento a base de gallinaza y cascarilla de arroz en la misma concentración. En esta línea Iñiguez, (2010) menciona que, la altura de las plántulas se alcanza gracias al manejo adecuado del cultivo y a las condiciones óptimas proporcionadas por el uso de abonos orgánicos, los cuales suministran los nutrientes necesarios para su desarrollo óptimo. En este caso, el bocashi destaca por su composición rica en macronutrientes esenciales, como el nitrógeno, tal como se muestra en el Anexo 1. En este contexto Terán & Izquierdo, (2006) mencionan que, el nitrógeno cumple un papel esencial en el crecimiento adecuado de las plantas ya que forma parte de la síntesis

de la clorofila, cumple un papel fundamental en el proceso de fotosíntesis y es un componente en los sistemas de energía.

4.1.3. Longitud de la raíz

Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para longitud de la raíz.
Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	11.64	A
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	8.08	B
T3	Testigo	6.34	C
CV (%)		11.09	

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 11.09%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

La prueba de Tukey al 5% para esta variable revela 3 rangos de significancia estadística. El tratamiento 2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra), se posiciona en el rango A como el mejor tratamiento, alcanzando un promedio de 11.64 cm. Seguido, por el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra), con un promedio de 8.08 cm. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 6.34 cm, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada. En concordancia con la investigación de Casanova, (2024), donde el mejor tratamiento para la longitud de la raíz es el bocashi a base de gallinaza y cascarilla de arroz, no se obtiene los mismo valores en la longitud pero coincide con el tratamiento utilizado.

Al respecto Padilla, (2013) menciona que, el uso de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate de árbol genero resultados superiores al testigo, esto se debe a que este tipo

de sustratos proporcionan las condiciones óptimas para un mejor enraizamiento de las plántulas, ya que tienen un efecto significativo sobre la aireación, una temperatura estable, capacidad de tener agua y microorganismos y, lo que favorece al enraizamiento.

Marcalla, (2023), en su investigación obtuvo un promedio de 4.67 cm para esta variable, usando sustratos orgánicos, en nuestro caso se obtuvo un promedio de 11.64 cm lo que probablemente se deba a la cantidad de nutrientes entre ellos el fósforo que se encuentran en los diferentes abonos realizados, tal como se muestra en el Anexo 1, el cual favorece el desarrollo de raíces.

Estos resultados refuerzan la idea de que el uso de abonos orgánicos mejora la estructura del sustrato y la disponibilidad de nutrientes como el fósforo, lo que impacta positivamente en el crecimiento de las plántulas. En este contexto Fernández, (2007) menciona que, el fósforo interviene en muchas reacciones que utilizan energía como la generación de células nuevas, por ejemplo la producción de raíces al inicio del ciclo de una planta que es de vital importancia para su crecimiento óptimo.

4.1.4. Diámetro del tallo

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para diámetro del tallo.
Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	4.14	A
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	3.42	B
T3	Testigo	2.85	C
CV (%)		6.96	

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 6.96%, dando confiabilidad en los resultados obtenidos.

En la presente variable la prueba de Tukey al 5% mostró una diferencia significativa entre tratamientos, donde el tratamiento 2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra), obtuvo el mayor diámetro de tallo con un promedio de 4.14 mm, posicionándose en el rango A, seguido, por el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra), con un promedio de 3.42 mm. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 2.85 mm, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada.

Según Norman, (1993) citado por L. Ortega, Sánchez, Díaz, et al., (2010), señala que un mayor grosor del tallo es un indicador de vigor en las plántulas, además de reflejar su fortaleza y resistencia durante el trasplante. En este sentido, la combinación de materiales en los sustratos contribuyen a mejorar diversas propiedades del material original, ya que es difícil encontrar un solo componente que cumpla por completo con los requisitos de un sustrato ideal.

En este contexto Barnola et al. (2018), citado por Jiménez, (2024) menciona que, el potasio presente en los abonos derivados de residuos orgánicos, cumplen una función esencial en el crecimiento vegetal, ya que activa enzimas responsables de diversas reacciones químicas. Además, es fundamental para la absorción de agua por las raíces y el proceso de transpiración de las plantas.

Al respecto Jiménez, (2024), nos indica que la proporción de calcio presente en las cenizas, actúa como cofactor en diversas reacciones enzimáticas, promoviendo el crecimiento de los tejidos meristemáticos como raíces y tallos. Este efecto se debe a su papel fundamental en la formación de las membranas celulares de las plantas y en la regulación de la absorción de nutrientes en forma de iones, es posible que los abonos orgánicos utilizados hayan experimentado este proceso, tal como se muestra en el Anexo 1.

4.1.5. Biomasa del área foliar en materia seca

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para biomasa del área foliar en materia seca. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
----	-------------	--------	-------

T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	6.51	A
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	5.59	B
T3	Testigo	4.35	C
CV (%)		6.13	

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 6.13%, dando confiabilidad en los resultados obtenidos.

Para esta variable la prueba de Tukey al 5% muestra 3 rangos de significancia estadística, donde el mejor tratamiento es el T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra), obtuvo una mayor biomasa del área foliar con un promedio de 6.51 g posicionándose en el rango A, seguido, por el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra), con un promedio de 5.59 g. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 4.35 g, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada, de acuerdo a lo investigado por López et al., (2013), indica que el peso seco de la parte foliar incrementa cuando se ocupa medios de cultivo usando materiales orgánicos, colocando las proporciones adecuadas de los sustratos con materiales orgánicos, ayudan a incrementar la masa aérea en las plantas de tomate en comparación al uso de la turba. Esto se debe a los incrementos de la carga de nutrientes, principalmente el nitrógeno.

En este contexto, Fortis et al., (2012) menciona que, el uso y la aplicación de sustratos a base de abonos orgánicos aumentan el aporte de nutrientes a los cultivos, también menciona que, la utilización de mezclas de sustratos en proporción 1:1, representa una alternativa viable, ya que permite obtener rendimientos satisfactorios.

El resultado probablemente este influenciado por la concentración de nitrógeno presente en el tratamiento 2, que alcanzó 1.04%, como se detalla en el Anexo 1. Esta cantidad de nitrógeno pudo haber desempeñado un papel clave en la disponibilidad de este nutriente para la

investigación, favoreciendo su desarrollo y rendimiento, a comparación con el testigo que se observó que la concentración de nitrógeno es muy baja de acuerdo al Anexo 1, y por ende no se notó buenos resultados. Por consiguiente Terán & Izquierdo, (2006) indica que, el nitrógeno forma parte de la síntesis de la clorofila y cumple un papel fundamental en el proceso de fotosíntesis para el desarrollo adecuado de la planta.

4.1.6. Biomasa de la raíz en materia seca

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para biomasa de la raíz en materia seca.

Efecto del bocashi en la fase de vivero de Solanum betaceum Cav. y Solanum lycopersicum L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T2	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra	4.13	A
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra negra	3.89	B
T3	Testigo	3.18	C
CV (%)		1.07	

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 1.07%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

Para esta variable la prueba de Tukey al 5% muestra 3 rangos de significancia estadística, donde el mejor tratamiento es el T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra negra), obtuvo una mayor biomasa de la raíz con un promedio de 4,13 g posicionándose en el rango A, seguido, por el tratamiento T1 (50% bocashi bovinaza + 50% tierra negra), con un promedio de 3.89 g. Lo que indica que ambos tratamientos superan al testigo (Tierra + pomina) con un promedio de 3.18 g, confirmando la efectividad del Bocashi para mejorar la calidad del sustrato y la variable evaluada.

De acuerdo con la siguiente investigación Quesada & Méndez, (2013) indica el éxito de una buena biomasa de la raíz, se debe a las propiedades físicas del sustrato principalmente a la porosidad, la densidad aparente y el contenido de fosforo. Mientras que Santana et al., (2023)

menciona que, el uso de una proporción 1:1 en la mezcla de materiales en los sustratos es adecuada. Por otro lado, la cascarilla de arroz según Restrepo & Hensel, (2009) ayuda a mejorar las características del sustrato facilitando la aireación absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, además que proporciona silicio favoreciendo a la planta a ser más vigorosa.

Según Moreta, (2014) el pH afecta a los sustratos en distintos aspectos, en este caso su influencia más relevante es la regulación de la disponibilidad de nutrientes como el fósforo, potasio, hierro, cobre y boro, siendo un factor crucial ya que determina la capacidad de absorción de los nutrientes presentes en el sustrato y esté disponible para las plantas para así desarrollar un adecuado enraizamiento. Acorde a los resultados de laboratorio se obtuvo un pH ideal para los sustratos y presencia de nutrientes esenciales en el crecimiento radicular como el fósforo, tal y como se muestra en el Anexo 1.

Considerando todos los factores antes mencionados, el sustrato a base de bocashi cumple con la mayoría de características necesarias para ser lo más adecuado para una buena biomasa radicular y en general para un buen desarrollo de plántulas.

4.2. Ensayo tomate riñón

Tabla 12. Análisis de varianza de las variables medidas para el ensayo del tomate riñón. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

	Porcentaje de Germinación	Longitud del tallo	Longitud de la Raíz	Diámetro del tallo	Biomasa del área foliar en M.S	Biomasa del área radicular en M.S
Abono	N.S	N.S	**	*	**	**
% Concentración	*	**	**	**	**	**
Abono x Concentración	N.S	N.S	**	**	**	**

**Factores, Vs.
Testigo**

*

**

**

**

**

**

N.S = No significativo (*) = Significancia ()=Alta significancia**

El análisis de varianza indica diferencias significativas en la mayoría de variables para todos los factores, excepto en la longitud del tallo y porcentaje de germinación para el factor abonos y en la interacción de los abonos por la concentración.

Igualmente, al comparar los factores con el testigo, se observa alta significancia estadística, lo que indica que los tratamientos tienen un efecto positivo en relación al testigo absoluto.

4.2.1. Porcentaje de germinación

Tabla 13. Prueba de Tukey al 1% para el porcentaje de germinación y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	100	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	90	B
T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	83.33	C
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	80	D
T5	Testigo	73.33	E
	CV (%)		10.04
Factores de variabilidad			
	Abono		N.S
	% Concentración		*
	Abono x Concentración		N.S
	Factores, Vs. Testigo		*

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 10.04%, es aceptable para esta investigación.

De acuerdo a los factores de variabilidad no se encontró significancia estadística en los dos tipos de abonos, pero si hay significancia en el porcentaje de concentración siendo mejor la concentración más baja del bocashi. De ahí que los tratamientos con la concentración más baja de bocashi son los mejores ubicándose en los primeros rangos en esta variable; siendo de estos el T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra negra) el mejor con un promedio de 100% de germinación ubicándose en el rango A y en el último rango el testigo.

De acuerdo con Marcano & Rodríguez, (2019) el uso de sustratos a base de abonos orgánicos crea un ambiente óptimo para potenciar el vigor de las semillas de tomate, lo que también favorece el desarrollo de plántulas más robustas durante las primeras etapas de crecimiento. Por otro lado Jara, (1996) citado por Moreta, (2014) menciona que, la actividad de las enzimas encargadas de controlar la velocidad de las reacciones bioquímicas que se producen en la semilla tras su rehidratación es influenciada por la temperatura, la cual desempeña un papel fundamental en la germinación.

En esta línea, Restrepo & Hensel, (2009) mencionan que, se utiliza para la germinación de hortalizas una mezcla de tierra cernida con bocashi en una proporción entre los rangos de 90% tierra cernida con un 10% de bocashi hasta un 60% de tierra cernida con un 40% de bocashi, esto ayuda a no quemar las semillas y plántulas, que es el riesgo que se corre cuando se utiliza bocashi fresco a altas concentraciones, y al usar concentraciones bajas durante la germinación ayuda a proporcionar un entorno equilibrado y nutritivo.

4.2.2. Longitud del tallo

Tabla 14. Prueba de Tukey al 1% para la longitud del tallo y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	5.26	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	4.88	B

T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	4.48	C
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	4.01	D
T5	Testigo	3.11	E
	CV (%)		8.75
Factores de variabilidad			
	Abono		N.S
	% Concentración		**
	Abono x Concentración		N.S
	Factores, Vs. Testigo		**

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 8.75%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

La tabla 14 muestra no significancia estadística para abonos, pero si presenta significancia para las concentraciones, obteniendo los mejores resultados con la menor concentración. Igualmente, no se observa diferencias en la interacción de las concentraciones por abonos, pero si en los factores vs el testigo, es decir el uso de abonos de todos modos es mejor.

En cuanto a los tratamientos, los mejores son aquellos donde los sustratos tienen la más baja concentración de abono, es decir el T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra negra) y el T2 (20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra negra) ubicándose en los Rangos A y B respectivamente para la longitud del tallo. Esto coincide con lo que menciona Burés (1997), citado por Moreta, (2014) la mayor altura de las plantas en sustratos con pequeñas proporciones de gallinaza se debe no solo al aporte de nutrientes sino también a las propiedades biológica de dichos sustratos orgánicos, como la regulación del crecimiento.

Igualmente, E. Ramírez et al., (2021) dice que, el uso de abonos orgánicos en la etapa de crecimiento vegetativo estimula el aumento de altura de las plantas de tomate riñón, ya que estos contienen principalmente sustancias húmicas, cuyos efectos y participación en los procesos

fisiológicos y bioquímicos son positivos; estas sustancias favorecen en la respiración, aceleración de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, incrementando la producción de ATP, y tiene un impacto selectivo en la síntesis de proteínas y la actividad de diversas enzimas. También según Campomar y Cervantes, (2004) citado por Santana et al., (2023), señalan que los abonos orgánicos mejoran el poder tampón de los sustratos, estabilizando su pH y aumentando su capacidad de intercambio catiónico, lo cual favorece el crecimiento de las plantas.

4.2.3. Longitud de la raíz

Tabla 15. Prueba de Tukey al 1% para la longitud de la raíz y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

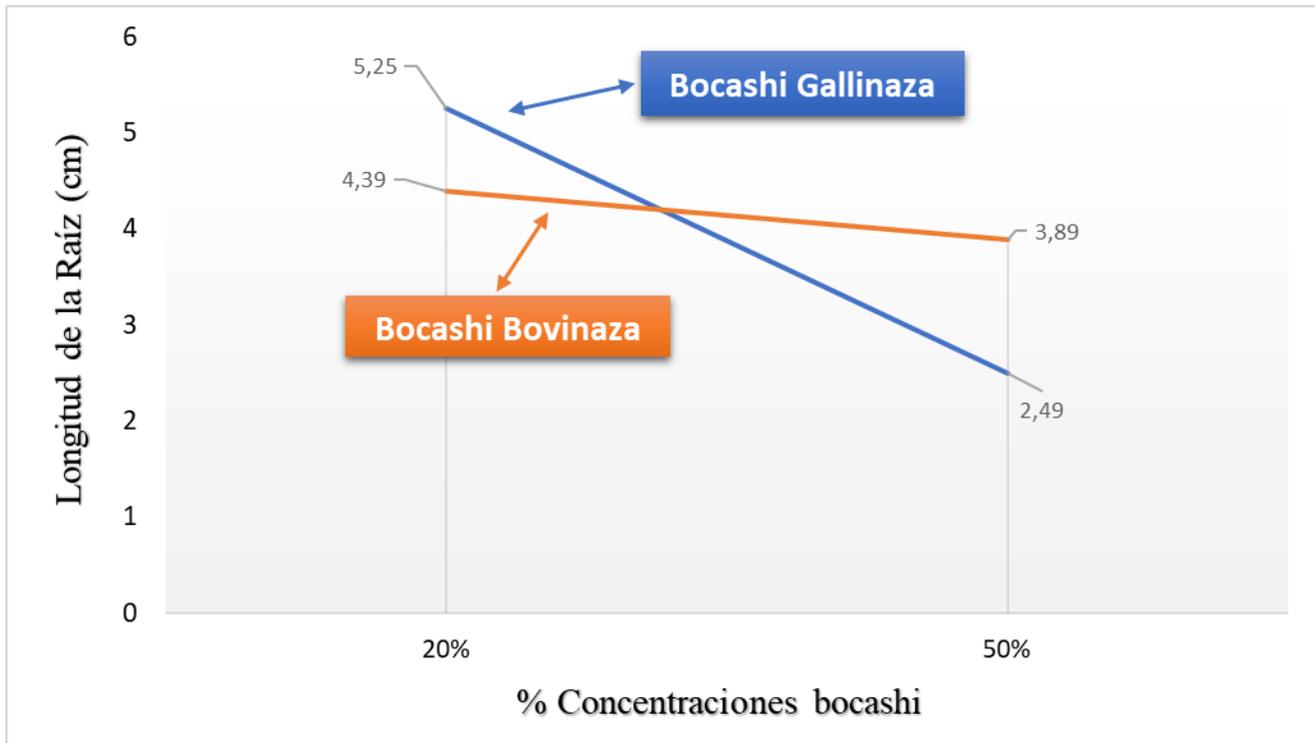
N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	5.25	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	4.39	B
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	3.89	C
T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	2.49	D
T5	Testigo	1.77	E
	CV (%)		4.01
Factores de variabilidad			
	Abono		**
	% Concentración		**
	Abono x Concentración		**
	Factores, Vs. Testigo		**

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 4.01%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

El análisis de varianza, muestra que todos los factores evaluados, lo que demuestra que tanto el tipo de abono como su proporción influyen directamente en el desarrollo radicular. La comparación entre los tratamientos y el testigo también muestra diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), confirmando el impacto positivo del Bocashi como sustrato en la longitud de la raíz.

Figura 15. Interacción entre los abonos y la concentración para la longitud de la raíz.



Elaborado por: Autores de la investigación.

Los resultados obtenidos, indican que una menor proporción de Bocashi tanto de gallinaza como de bovinaza al (20%) combinada con tierra negra favoreció positivamente al crecimiento radicular llegando a promedios de 5.25 y 4.39 cm de longitud respectivamente, mientras que una mayor proporción pudo limitar el desarrollo de la raíz.

Atiyeh *et al.*, (2000) citado por López *et al.*, (2013) menciona que, el uso de sustratos de tipo orgánico en bajas proporciones (10 y 20%) incrementan el crecimiento y el desarrollo de la parte radicular en plántulas de tomate en comparación con sustratos de tipo comercial, no obstante concentraciones altas pueden afectar en esta etapa de desarrollo.

Según Luna et al., (2016), el efecto del crecimiento y desarrollo óptimo de la raíz de las plántulas de tomate podría estar vinculado al aporte de los abonos orgánicos utilizados, ya que estos intervienen en la nutrición de las plantas, pues los minerales presentes en estos abonos al ser absorbidos por las raíces en concentraciones adecuadas favorecen a su crecimiento y aumento de masa.

El volumen del sistema radicular tiene un mayor desarrollo debido a la eficiencia en retención de humedad y equilibrio nutricional que presenta el bocashi (Restrepo & Hensel, 2009). Entonces, de acuerdo al análisis de laboratorio realizado, el bocashi a base de gallinaza más cascarilla de arroz, indica un nivel adecuado de porcentaje de humedad seguido del bocashi a base de bovinaza más tamo de trigo, tal como se presenta en el Anexo 1. En este contexto Restrepo & Hensel, (2009) mencionan que, el bocashi que contenga en su composición cascarilla de arroz, optimiza las propiedades físicas de los abonos orgánicos, facilitando la absorción de humedad y aireación, mientras que el bocashi a base de bovinaza más tamo de trigo presenta menor aireación y susceptible a la compactación.

4.2.4. Diámetro del tallo

Tabla 16. Prueba de Tukey al 1% para el diámetro del tallo y el análisis de varianza. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	2.30	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	1.65	B
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	1.07	C
T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	0.89	D
T5	Testigo	0.75	E
	CV (%)		10.11

Factores de variabilidad

Abono	*
% Concentración	**
Abono x Concentración	**
Factores, Vs. Testigo	**

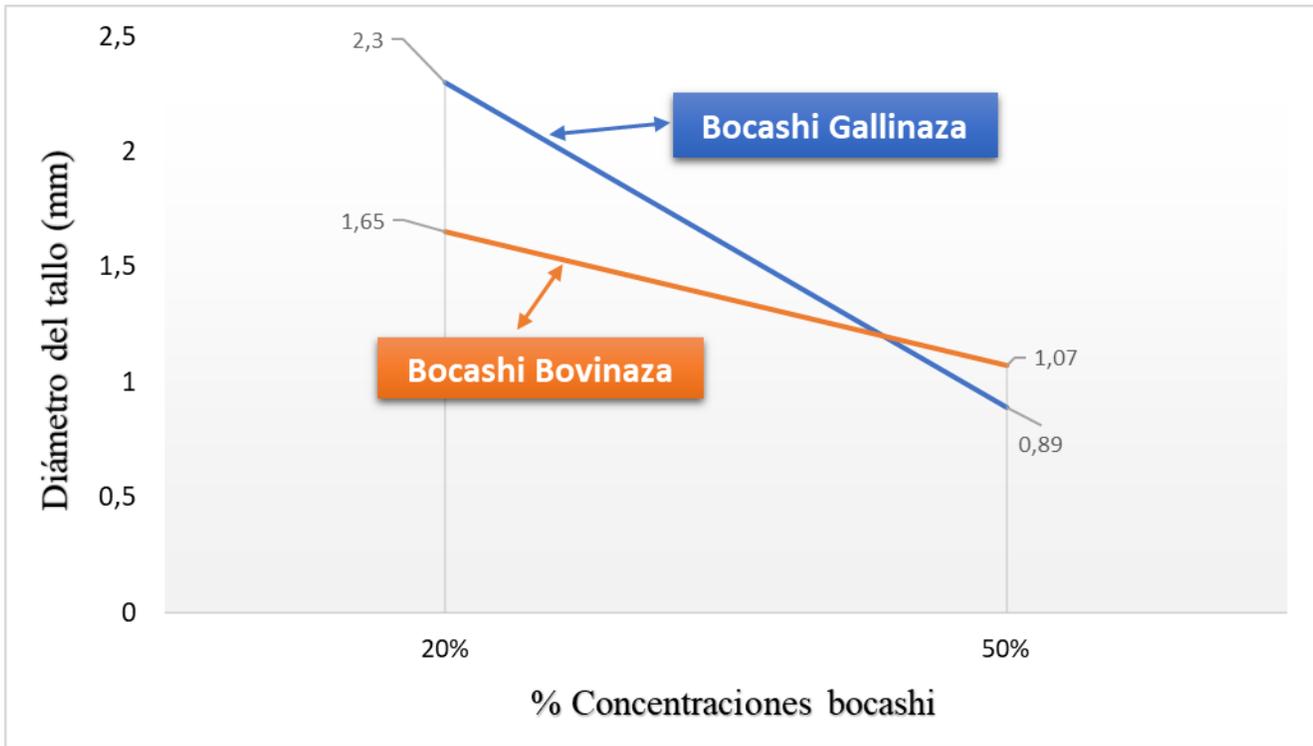
Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 10.11%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

De acuerdo a los factores de variabilidad, se observó que todos los factores evaluados presenta diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$, indicado por “***”), lo que demuestra que tanto el tipo de abono como su proporción influyen directamente en el engrosamiento del tallo. La comparación entre los tratamientos y el testigo también muestra diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), confirmando el impacto positivo del Bocashi como sustrato en el diámetro del tallo.

Igualmente se puede observar que para la variable diámetro de tallo los tratamientos T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra) y T2 (20% Bocashi bovinaza + 80% Tierra Negra) como los mejores. Al respecto, Núñez et al., (2023) señala que el uso de gallinaza en sustratos aumenta el contenido de MO apropiando al sustrato a tener una buena porosidad favoreciendo así el adecuado desarrollo de la planta. También Guangatal, (2022) expresa que, los aminoácidos juegan un papel importante en el desarrollo de los órganos de la planta, encargándose de almacenar nitrógeno provocando que la planta desarrolle una raíz y un tallo vigoroso, pero en bajas concentraciones en plántulas.

Figura 16. Interacción entre los abonos y concentración para el diámetro del tallo.



Elaborado por: Autores de la investigación.

Los resultados obtenidos, indican que una menor proporción de Bocashi tanto de gallinaza como de bovinaza al (20%) combinada con tierra negra favoreció positivamente en el desarrollo de la parte aérea de la plántula, llegando a promedios de 2.3 y 1.65 mm de diámetro respectivamente, mientras que una mayor proporción pudo limitar este desarrollo.

Según Ramos & Terry, (2014) los abonos orgánicos aumentan el contenido de materia orgánica en los sustratos, mejorando su retención de agua y la aireación, un sustrato bien estructurado permite un mejor desarrollo radicular, lo que facilita la absorción de nutrientes esenciales para el engrosamiento del tallo. En este contexto, acorde a los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio (Anexo 1), evidenciamos valores positivos en la densidad aparente y porcentaje de humedad de cada sustrato, de la misma manera un porcentaje en nitrógeno, fósforo y potasio que son fundamentales para el engrosamiento del tallo.

4.2.5. Biomasa del área foliar en materia seca

Tabla 17. Prueba de Tukey al 1% para biomasa del área foliar en materia seca y el análisis. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

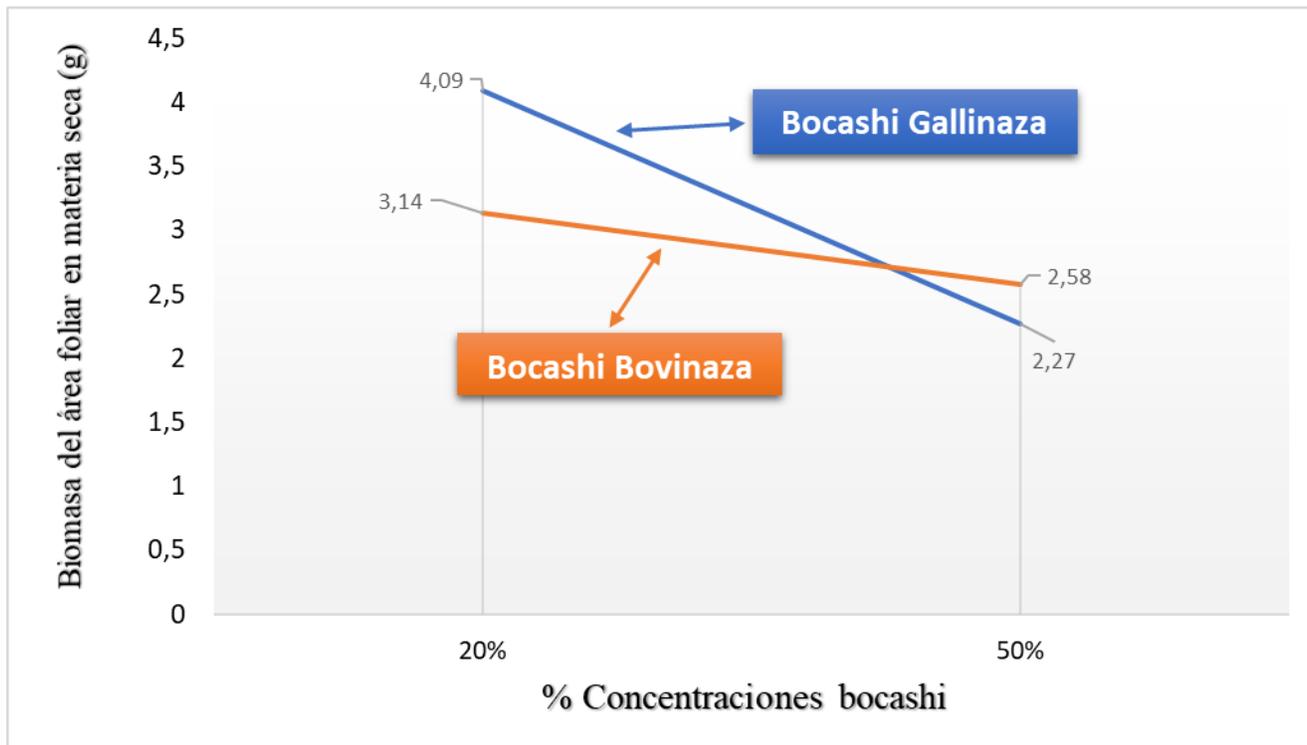
N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	4.09	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	3.14	B
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	2.58	C
T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	2.27	D
T5	Testigo	1.50	E
	CV (%)		2.93
Factores de variabilidad			
	Abono		**
	% Participación (Dosis)		**
	Abono x Dosis		**
	Factores, Vs. Testigo		**

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 2.93%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

De acuerdo a los factores de variabilidad, se observó que todos los factores evaluados, lo que demuestra que el tipo de abono, su proporción y su dosis influyen directamente en el desarrollo de la biomasa del área foliar. La comparación entre los tratamientos y el testigo también muestra diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), confirmando el impacto positivo del Bocashi como sustrato en la biomasa del área foliar.

Figura 17. Interacción entre los abonos y concentración para la biomasa del área foliar en materia seca.



Elaborado por: Autores de la investigación.

Los resultados obtenidos, indican que una menor proporción de Bocashi Gallinaza (20%) combinada con tierra negra favoreció positivamente al desarrollo de la biomasa foliar llegando a un promedio de 4.9 g de MS, mientras que una mayor proporción pudo limitar el desarrollo de la biomasa foliar, con un promedio de 2.27 g. También observamos que la proporción menor de Bocashi Bovinaza al (20%), mostro un crecimiento significativamente mayor en comparación con los tratamientos con alta proporción de Bocashi con un promedio de 3.14 g. Posicionándoles así en los rangos A y B respectivamente a los abonos con menor concentración.

En la investigación de Santana et al., (2023) menciona que, al usar 20% de estiércol de bovinaza y 50% de tierra es la que mejor resultado obtuvo frente al estiércol de equino, se dice que para producciones de plántulas esta concentración tuvo un resultado favorable demostrando mejor altura y raíz de la planta, en el caso de usar gallinaza resulta mejor ya que las propiedades nutricionales son superiores al estiércol de bovino.

Según Marcano & Rodríguez, (2019) los abonos orgánicos utilizados en plántulas tiene influencia positiva sobre el número de hojas, altura de la planta y raíz, ya que tiene nutrientes disponibles y

asimilables como el nitrógeno, fósforo y potasio, por otra parte Ramos & Terry, (2014) dicen que, los abonos orgánicos tienen mayor concentración de nitrógeno favoreciendo así a la biomasa del follaje ya que este elemento es participante de la clorofila y el crecimiento vegetativo.

4.2.6. Biomasa de la raíz en materia seca

Tabla 18. Prueba de Tukey al 1% para biomasa del área radicular en materia seca y análisis. Efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

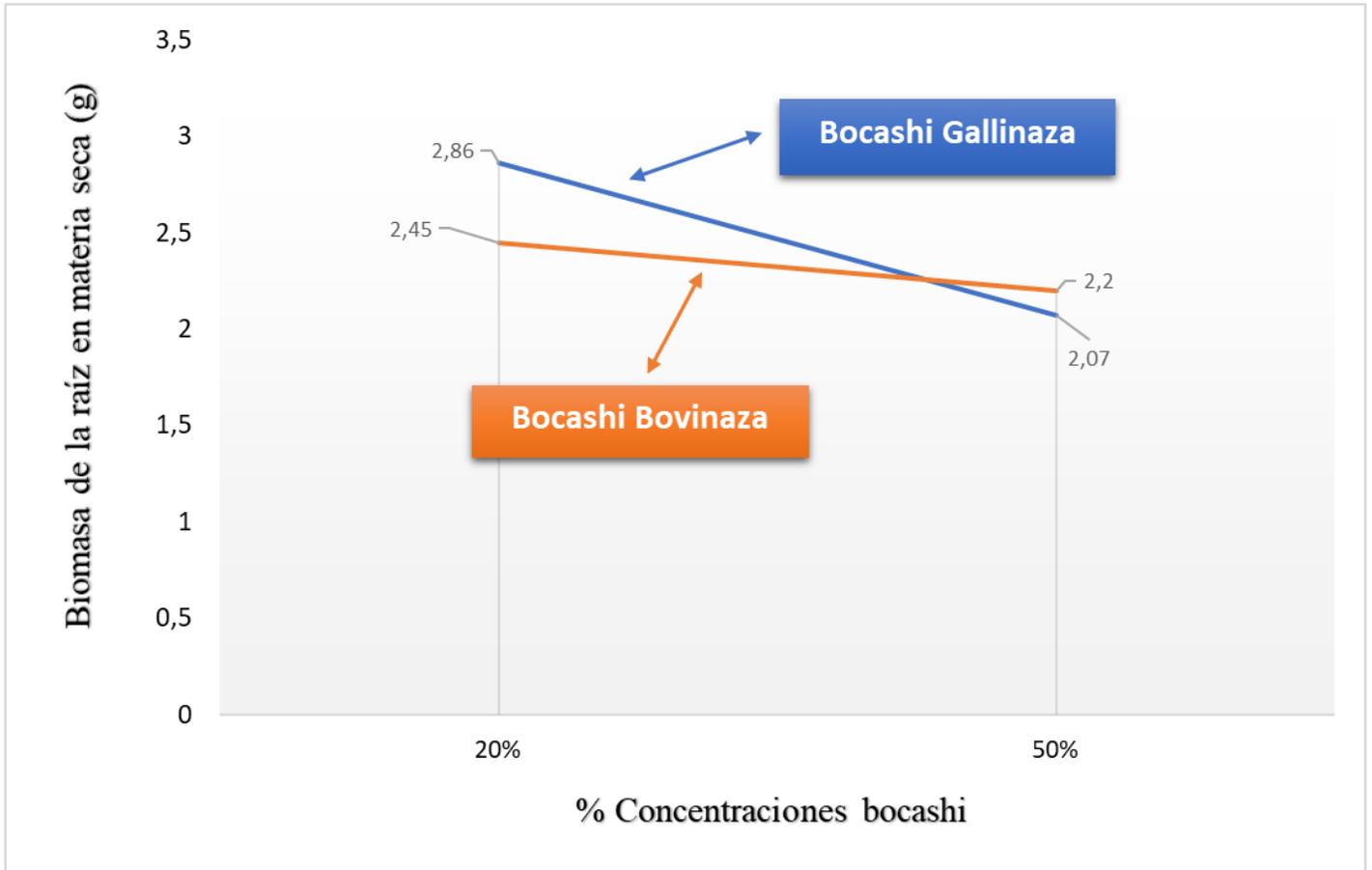
N°	Tratamiento	Medias	Rango
T4	20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra Negra	2.86	A
T2	20% Bocashi Bovinaza + 80% Tierra Negra	2.45	B
T1	50% Bocashi Bovinaza + 50% Tierra Negra	2.20	C
T3	50% Bocashi Gallinaza + 50% Tierra Negra	2.07	D
T5	Testigo	1.50	E
	CV (%)		1.57
Factores de variabilidad			
	Abono		**
	% Participación (Dosis)		**
	Abono x Dosis		**
	Factores, Vs. Testigo		**

Elaborado por: Autores de la investigación.

El coeficiente de variación (CV) es de 1.57%, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

De acuerdo a los factores de variabilidad, se observó que todos los factores evaluados, lo que demuestra que el tipo de abono, su proporción y su dosis influyen directamente en el desarrollo de la biomasa de la raíz. La comparación entre los tratamientos y el testigo también muestra diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), confirmando el impacto positivo del Bocashi como sustrato en la biomasa de la raíz.

Figura 18. Interacción entre los abonos y la concentración para la biomasa del área radicular en materia seca.



Elaborado por: Autores de la investigación.

Los resultados obtenidos, nos indican que una menor proporción de Bocashi Gallinaza (20%) combinada con tierra negra favoreció positivamente al desarrollo de la biomasa radicular llegando a un promedio de 2.86 g de MS, mientras que una mayor proporción pudo limitar el desarrollo de la biomasa radicular, con un promedio de 2.07g. También se observó que la proporción menor de Bocashi Bovinaza al (20%), mostró un crecimiento significativamente mayor en comparación con los tratamientos con alta proporción de Bocashi con un promedio de 2.45 g. Posicionándoles así en los rangos A y B respectivamente a los abonos con menor concentración.

Ramos & Terry, (2014) hacen referencia que, al usar abonos orgánicos favorece la asimilación de nutrientes en la planta. Teniendo en cuenta el análisis del laboratorio de los sustratos realizados se pudo observar que el bocashi a base de gallinaza contiene mayor cantidad de fósforo que favorece el desarrollo radicular, sin embargo, concentraciones altas en etapas tempranas no son

favorables. También Luna et al., (2016) dice que, esto puede estar relacionado por la presencia de fitohormonas que están presentes en abonos orgánicos. En este contexto, evidenciamos un porcentaje de fósforo aceptable en el análisis (Anexo 1), lo que pudo influir en el óptimo desarrollo del área radicular, coincidiendo con Fernández, (2007) quien menciona que, el fósforo interviene en la generación de células, la producción de raíces al inicio del ciclo de una planta que es de vital importancia para el crecimiento óptimo de la planta.

5. CONCLUSIONES

Las dos formulaciones de bocashi a base de gallinaza con cascarilla de arroz y bovinaza con tamo de trigo como parte del sustrato para plántulas de tomate de árbol (*Solanum Betaceum* Cav), tienen un efecto positivo sobre todas las variables evaluadas en relación al testigo; sin embargo la mejor respuesta se obtuvo con el tratamiento T2 (50% Bocashi Gallinaza + 50% de tierra negra) con un 96% de prendimiento, longitud del tallo de 16.97 cm, longitud de la raíz de 11.64 cm, diámetro del tallo al 4.14 mm, biomasa del área foliar en materia seca de 6.51 g y biomasa del área radicular en materia seca de 4.13 g.

Los sustratos a base de bocashi en general influyeron positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L), respecto al testigo absoluto, siendo las formulaciones con la concentración de bocashi al 20%, las que tuvieron los mejores resultados en todas las variables evaluadas; destacándose el tratamiento T4 (20% Bocashi Gallinaza + 80% Tierra negra) el cual obtuvo para el porcentaje de germinación el 100%, longitud del tallo de 5.26 cm, longitud de la raíz de 5.25 cm, diámetro del tallo de 2.30 mm, biomasa del área foliar en materia seca de 4.09 g y la biomasa del área radicular en materia seca de 2.86 g.

El sustrato con el bocashi elaborado a base de gallinaza y cascarilla de arroz, es el que muestra los mejores resultados en las dos especies evaluadas en fase de vivero.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de bocashi a base de gallinaza y cascarilla de arroz más tierra negra en relación 1:1 como sustrato para la fase de repique en el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.).

Utilizar el bocashi a base de gallinaza al 20% en mezcla con tierra negra al 80% como sustrato para el tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en fase de vivero.

Usar las dos formulaciones de bocashi en fase de vivero, respetando las concentraciones según la edad de las plántulas.

Se recomienda continuar evaluando nuevas combinaciones de materiales para la elaboración de bocashi, explorando formulaciones como tamo de trigo con gallinaza y cascarilla de arroz con bovinaza, para determinar la formulación más eficiente y sostenible dando prioridad a materiales locales.

7. REFERENCIAS CITADAS

- Acosta, P., Riofrío, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, 199, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.045>
- 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.
- Alcedo, Y., & Reyes, I. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento en el biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Bioagro*, 30(1), 59–66.
- Arahana B., V. S., Cabrera V., A. R., & Torres P., M. de L. (2010). Propagación de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) vía embriogénesis somática. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 2, 16–21. <https://doi.org/10.18272/aci.v2i2.28>
- Berrios, B., & Villegas, E. (2020). *Eficiencia del uso de bocashi para la nutrición del suelo agrícola en una parcela unifamiliar en Ilo, Moquegua*. Tesis de grado-Universidad Peruana Unión.
- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117–124.
- Caguana, M., Quindi, B., & Robayo, E. (2003). El cultivo de tomate riñón en invernadero (*Lycopersicon esculentum*). In *Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC)* (p. 59). https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1366&context=abya_yala
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Tomate de árbol*. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial Cámara de Comercio de Bogotá. 50 p.
- Casanova, D. (2024). *Efecto del bocashi en el desarrollo de plántulas de tomate de árbol (Solanum*

- betaceum cav.*). Trabajo de titulación de grado-Universidad Politécnica Salesiana.
- Coyago, E., Guachamin, A., Méndez, G., Moya, M., Martínez, A., Viera, W., Heredia, J., Beltrán, E., Vera, E., & Villacís, M. (2023). Functional and antioxidant evaluation of two ecotypes of control and grafted tree tomato (*Solanum betaceum*) at different altitudes. *Foods*, *12*, 1–30. <https://doi.org/10.3390/foods12183494>
- Cruz, I., Santos, G., Martín, F., Fernández, M., Hornero, D., & Cerrillo, I. (2024). Evaluation of the impact of the ripening stage on the composition and antioxidant properties of fruits from organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.) spanish varieties. *Foods*, *13*, 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods13152337>
- FAO. (2011). Producción de hortalizas. *Departamento de Ayuda Humanitaria de La Comisión Europea*, *2*, 1–20.
- Feicán, C., Encalada, C., & Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agroproductividad*, *9*(8), 78–86.
- Fernández, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Instituto Cubano de Investigaciones de Los Derivados de La Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba*, *41*(2), 51–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>
- Fortis, M., Preciado, P., García, J., Navarro, A., Antonio, J., & Omaña, J. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *3*(6), 1203–1216. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i6.1372>
- Gama, J. (2018). *Comparación de lombricomposta, bocashi y fertilizante sintético en la cantidad y calidad del fruto de melón (Cucumis melo)*. Tesis de grado- Universidad Autónoma de Guerrero-México.
- Guangatal, C. (2022). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de Brócoli (Brassica oleracea var. Italica)*. Proyecto de investigación-Universidad Técnica de Ambato.
- Herrera, B. (2018). *Evaluación de tres tipos de abonos complementando la aplicación de ácidos húmicos en el cultivo de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill) bajo invernadero en el Cantón Ibarra*. Trabajo de titulación de grado-Universidad Técnica de Babahoyo.

- Iñiguez, A. (2010). *Evaluar la aplicación de cinco tipos de abonos orgánicos en el rendimiento de fréjol Phaseolus vulgaris L. en la comuna Collana Catacocha*. Tesis de grado-Universidad Nacional de Loja.
- Izquierdo, J., & Granados-Ortiz, S. (2000). *Manual técnico : producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar*.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzman, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual técnico de Buenas Prácticas Agrícolas. In *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Jiménez, W. (2024). *Evaluación de la aplicación de fertilizantes orgánicos (humus de lombriz, bocashi y compost) y un fertilizante sintético (15-15-15) utilizando dos sistemas de mulching un orgánico y un inorgánico en un cultivo de lechuga (Lactuca sativa)*. Trabajo de integración curricular de grado-Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- López, J., Méndez, A., Pliego, L., Aragón, E., & Lourdes, M. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile ‘ onza ’ (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1139–1150.
- Luna, J., Cruz, E., & Can, A. (2021). Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.781>
- Luna, R., Reyes, J., Espinosa, K., Luna, M., Luna, F., Celi, M., Espinoza, A., Herrada, M., Cabrera, D., Alvarado, A., & González, J. (2016). Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Biotecnia*, 18(3), 33–36.
- Marcalla, E. (2023). *Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de tomate de árbol (Solanum betaceum B.)*. Tesis de grado-Universidad Técnica de Ambato.
- Marcano, L., & Rodríguez, R. (2019). Sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate en vivero. *Acta Iguazu, Cascavel*, 8(3), 48–61.
- Márquez, C., Cano, P., Chew, Y., Moreno, A., & Rodríguez, N. (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 183–188.

- Meza, N., & Manzano, J. (2007). Características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth). *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 24(1), 271–275.
- Ministerio de agricultura y ganadería. (2023). Boletín situacional cultivo de tomate riñón. *Sistema de Información Pública Agropecuaria*, 16(1), 1–6.
- Mixquititla, G., Villegas, Ó., Andrade, M., & Sotelo, H. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007>
- Moreta, R. (2014). *Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de humus para la producción de Prímula (Primula acaulis), bajo invernadero.*
- Núñez, P., Jiménez, J., Almonte, I., Pérez, A., Avilés, E., Martínez, C., & López, G. (2023). Efecto de sustratos y modalidades de preparación de suelo sobre el comportamiento y rendimiento de la berenjena china (*Solanum melongena* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1), 28–35. <https://doi.org/10.53287/micm4819ke36s>
- Ortega, L., Sánchez, J., Díaz, R., & Ocampo, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai*, 6(3), 365–371. <https://doi.org/10.35197/rx.06.03.2010.02.lo>
- Ortega, L., Sánchez, J., Ocampo, J., Sandoval, E., Salcido, B., & Manzo, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 6(3), 339–346.
- Ortega, P. (2012). *Producción Del Bokashi Sólido Y Líquido*. Tesis de grado-Universidad de Cuenca.
- Padilla, V. (2013). *Evaluación de sustratos para la obtención de plantas de tomate de árbol (Solanum betaceum) con la utilización de bandejas* [Proyecto de investigación-Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29040>
- Quesada, G., & Méndez, C. (2005). Análisis Físicoquímico de materias primas y sustratos de uso

- potencial en almácigos de hortalizas. *Revista de Agricultura Tropical*, 35, 1–13.
- Quesada, G., & Méndez, C. (2013). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 171–183. <https://doi.org/10.15517/am.v16i2.11870>
- Ramírez, E., Riofrío, R., Gonzáles, C., & Ortiz, P. (2021). Efecto de diferentes bioabonos en el crecimiento de plantas de tomate de riñón var. Alambra (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Tropical*, 71(1), 1–12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5091803>
- Ramírez, F., & Kallarackal, J. (2019). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) reproductive physiology: A review. *Scientia Horticulturae*, 248, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.019>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52–59.
- Restrepo, J., & Hensel, J. (2009). *Manual Práctico de Agricultura Orgánica y Panes de Piedra*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Revelo, J., Pérez, E., & Maila, M. (2004). *Cultivo Ecológico del tomate de árbol en Ecuador*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Salazar, K., & Vaca, I. (2021). *Solanum betaceum* in vitro seed germination and seedling development in response to pregerminative treatments. *Bionatura*, 6(1), 1520–1523. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.01.01.12>
- Sandoval, C., & Calispa, A. (2015). Buenas prácticas agrícolas para tomate riñón. In *Agrocalidad* (p. 79). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Santana, W., Monge, M., Muñoz, R., & Quiñonez, E. (2023). Efecto de sustratos orgánicos en el cultivo de palmito (*Bactris gasipaes*) en su desarrollo vegetativo inicial en Santo Domingo de los Tsáchilas 2022. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(1), 180–197. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/ne1/92>

- Taco, S. (2024). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate riñón (Solanum lycopersicum) en dos ciclos de propagación*. Trabajo de Integración curricular de grado- Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Terán, C., & Izquierdo, F. (2006). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre una composición botánica con trébol blanco (*Trifolium repens*) en Cayambe-Pichincha. *La Granja*, 4(1), 71–75. <https://doi.org/10.17163/lgr.n4.2005.13>
- Torres, F. (2022). *Efecto de la aplicación de yodo en la germinación de semilla de tomate de árbol (Solanum betaceum)*. Proyecto de investigación de grado-Universidad Técnica de Ambato.
- Vega, K. (2022). *Evaluación de dos bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de tomate riñón (Lycopersicon esculentum) en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga*. Proyecto de investigación-Universidad Técnica de Ambato.

8. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de laboratorio de las diferentes formulaciones y concentraciones que se utilizó en la investigación efecto del bocashi en la fase de vivero de *Solanum betaceum* Cav. y *Solanum lycopersicum* L.

Parámetros	Unidad	Formulación					Método de valoración
		Bocashi Bovinaza 50%	Bocashi Bovinaza 20%	Bocashi Gallinaza 50%	Bocashi Gallinaza 20%	Testigo	
Densidad Aparente	g/cc	0.46	0.66	0.56	0.68	0.89	Procedimientos Físicos
Potencial Hidrógeno	U pH	6.76	6.31	6.84	6.01	6.19	SM.4500-H+Ay
Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.70	1.92	2.99	2.36	0.33	Electrónico Myron [3]
Humedad	%	22.36	19.68	25.84	22.52	8.42	Estufa – Desecador
Cenizas	(% p/p)	87.02	84.86	87.64	85.51	69.72	Incineración Mufla (Cálculo)
Materia Orgánica	MO (% p/p)	17.98	14.14	22.36	15.49	9.28	Incineración Mufla (Cálculo)
Carbón	C (% p/p)	10.40	7.60	12.92	8.38	5.95	Incineración Mufla (Cálculo)
Nitrógeno	N (% p/p)	0.93	0.83	1.04	0.87	0.28	SM 4500-N org: B
Relación C/N	N.A	24.19	23.03	24.93	25.44	21.25	SM 4500-N org: B (cálculo)
Fósforo	P (% p/p)	4.13	2.31	6.33	3.15	0.02	SM 4500-P: E

Potasio	K (% p/p)	0.52	0.48	0.57	0.51	0.29	SM 3111-B
---------	-----------	------	------	------	------	------	-----------

Anexo 2. Fotografías de la implementación de la investigación experimental.



