UEA Agropecuaria
PrePrint UEA

Sección Agropecuaria
Vol. AGP2324. ep21–78

| Recibido: 14/03/2024 |
| Aceptado: 23/04/2024 |
| Publicado: 30/10/2026 |

Aprovechamiento del estiércol de borrego y restos de cosecha florícola para la producción de alelí (Matthiola incana L.) bajo invernadero en Cotopaxi

Use of sheep manure and floriculture harvest residues for stock flower (Matthiola incana L.) production under greenhouse conditions in Cotopaxi

Fernanda Lizbeth Bermeo Grefa[1], Norma Julissa Ante Cuyachamin[1] Julio César Muñoz Rengifo[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAGP2324ep21-78 Crossref

Resumen

El objetivo principal del presente estudio fue elaborar bocashi con restos de cosecha florícola y estiércol de borrego para la producción de alelí (Matthiola incana L.) en un invernadero ubicado en la provincia de Cotopaxi. Debido a que se busca aprovechar los residuos de la cosecha de esta planta que generalmente no se utiliza, fomentando la reutilización de los recursos disponibles y promoviendo la eficiencia y sostenibilidad en la producción. Para lo cual se elaboró un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), conformado por los siguientes factores: 1) fertilización orgánica, probando el bocashi el cual fue elaborado con tres distintas dosis (tres niveles); y, 2) fertilización convencional (química) en un nivel. Las variables evaluadas en semillero fueron: germinación, altura de la planta y número de hojas verdaderas. Además, antes del trasplante se evaluaron: supervivencia, número de hojas, longitud de la raíz principal, área radicular y biomasa radicular. En desarrollo vegetativo se evaluaron: altura de la planta, diámetro basal, número de hojas y supervivencia. En floración se evaluaron la longitud de la espiga y número de botones florales. Los resultados revelaron que entre los tratamientos con bocashi como sustrato y fertilización orgánica, T2, con mayor contenido de estiércol de borrego, tuvo un mejor desempeño desde semillero hasta desarrollo floral, lo cual se vio reflejado en la cosecha. Finalmente, este fue el tratamiento que presentó una mejor relación costo/beneficio de $ 4,4 convirtiéndose en el tratamiento orgánico recomendado.

Palabras clave

flores de verano, bocashi, sustrato, fertilización orgánica, floricultura

Abstract

The main objective of the present study was to make bocashi using floral crop residues and sheep manure for the production of alleli (Matthiola incana L.) in a greenhouse located in the province of Cotopaxi. The aim was to utilize the waste from the crop of this plant, which is typically not utilized, thus promoting the reuse of available resources and fostering efficiency and sustainability in production. To this end, a completely randomized block design (CRBD) was employed, consisting of the following factors: 1) organic fertilization, testing bocashi prepared with three different doses (three levels); and, 2) conventional (chemical) fertilization at one level. The variables evaluated in the seedbed were: germination, plant height and number of true leaves. Additionally, before transplanting, survival, number of leaves, taproot length, root area and root biomass were assessed. In vegetative development, plant height, basal diameter, number of leaves and survival were evaluated. Flowering stage assessments included spike length and number of flower buds. The results revealed that among the treatments with bocashi as a substrate and organic fertilization, T2, with a higher content of sheep manure, had a better performance from seedbed to floral development, which was reflected in the harvest. Finally, this was the treatment that showed the best cost/benefit ratio of $ 4,4 making it the recommended organic treatment.

Keywords

summer flowers, bocashi, substrate, organic fertilization, floriculture.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: fl.bermeog@uea.edu.ec , nj.antec@uea.edu.ec , jmunoz@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Fernanda Lizbeth Bermeo Grefa. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: fl.bermeog@uea.edu.ec

Cómo citar

BERMEO GREFA, Fernanda Lizbeth, ANTE CUYACHAMIN, Norma Julissa and MUÑOZ RENGIFO, Julio César 2026. Aprovechamiento del estiércol de borrego y restos de cosecha florícola para la producción de alelí (Matthiola incana L.) bajo invernadero en Cotopaxi . PrePrint UEA. Vol. AGP2324. p. ep21–78. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAGP2324ep21-78

Editores Académicos Jorge Antonio Freile Almeida

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introdución

La exportación promueve la economía de los países, Ecuador empezó a producir y exportar flores a algunos países como Estados Unidos, Kazajistán, Canadá, Chile, incluidos algunos países de la Unión Europea: Países Bajos, Italia, España, Francia (EXPOFLORES 2024). Cabe destacar que Ecuador ostenta la tercera posición en la lista de países que llevan a cabo exportaciones de flores a escala global, situándose Colombia en el segundo puesto, mientras que los Países Bajos se erigen como el principal exportador en el ámbito florícola (Morán 2021). Las flores son un recurso de exportación no tradicional del Ecuador y poseen ventajas comparativas en rasgos geográficos y recursos naturales, que les otorga características únicas en cuanto a color, textura y duración, permitiéndoles ser competitivas en el mercado mundial (Calderón, et al. 2021). Las provincias de Cotopaxi y Pichincha cubren el 91% del total, seguidas por Carchi y Tungurahua con 39 empresas y el resto de las provincias, Ecuador tiene 892 empresas florícolas (Bastidas-Ramírez

2020). Actualmente, las exportaciones florícolas se encuentran focalizadas principalmente en las rosas con el 75% de producción, le siguen en importancia las flores de verano, contribuyendo con un 12% del total, seguido de Gypsophila con el 7%, claveles y flores preservadas con el 2% cada una, Alstromeria el 1%, crisantemos el 0,5% y por último los lirios con un 0,4% (EXPOFLORES 2024).

Damián et al. (2018) mencionan que la demanda cada vez mayor de alimentos ha causado una explotación intensiva de los suelos por el uso excesivo de máquinas agrícolas y productos químicos, lo que le ha generado diversas consecuencias como la degradación, pérdida de nutrientes, afectando también la cantidad y calidad de los cultivos. Se pueden considerar alternativas eficientes como la elaboración y aplicación de sustratos, abonos o enmiendas orgánicas que mejoren las condiciones físicas, biológicas y bioquímicas de la tierra agrícola y a la vez potenciar el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos en la cosecha (Garro-Alfaro 2016). El rendimiento de los cultivos depende también de mejorar las prácticas agrícolas, mediante la aplicación de materia orgánica (MO) al suelo, es importante entender que los nutrientes de los cultivos provienen de la tierra y es fundamental en el manejo de la agricultura (Wood, Tirfessa y Baudron 2018).

Según Ramírez (2022), los abonos orgánicos son indispensables para mejorar la calidad del suelo en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas, puesto que permiten un mejor desarrollo de los cultivos y recuperación ambiental de dicho suelo, por ello se buscan nuevos recursos de fertilización orgánica que logren un alcance significativo para la agricultura sostenible en la actualidad. Aunque los fertilizantes químicos son necesarios porque proveen al suelo los nutrientes faltantes para los cultivos, es importante utilizar primero las fuentes disponibles de nutrimentos como el excremento animal, restos de cosecha, paja, entre otros compuestos que mediante procesos de descomposición se convierten en abono que mejora las condiciones del suelo a cultivar (FAO e IFA 2002). En este ámbito, se reemplazan los fertilizantes químicos por lo orgánico, integrando así un manejo agroecológico que ayude también a minimizar los costos de producción (Jiménez-Ribelles 2021).

La elección de *Matthiola incana* L. (alelí) como cultivo de interés se debe a sus características agronómicas y comerciales. Según Flores-Guamán (2023) la producción de alelí o flores de verano (como también se la conoce) bajo invernadero tiene un corto y mejor desarrollo hasta su cosecha y a pesar de los costos de producción, las altas exigencias de calidad de flor, químicos utilizados para las plagas y enfermedades que atrae este cultivo, y el importante número de flores simples que produce y se desechan como residuos de cosecha, los pequeños agricultores se dedican a esta actividad ya que representa un ingreso económico importante para sostenerse. Este es un cultivo que muestra mejor rendimiento en épocas frías, tomando en cuenta el momento de producir y el comportamiento de las variedades que presenta, su siembra se realiza escalonadamente en intervalos de 7 a 14 días (Verdeguer, Tortosa y Baraja 1999).

Según el estudio de Ramírez et al. (2021), el uso de abonos orgánicos en suelos destinados a la floricultura no conlleva riesgos; por el contrario, aporta materia orgánica esencial para conservar la estructura del suelo, promover la actividad microbiana, y preservar las propiedades del suelo en estos sistemas de producción. En este sentido, se busca aprovechar los residuos de la cosecha de esta planta que generalmente no se utiliza, fomentando la reutilización de los recursos disponibles y promoviendo la eficiencia y sostenibilidad en la producción. A la vez que se espera que la aplicación de este abono orgánico pueda aportar los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y mejorar las condiciones del suelo, favoreciendo así el desarrollo saludable de *Matthiola incana* L. Dentro de este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general: Elaborar bocashi con restos de cosecha florícola y estiércol de borrego para el incremento de la producción de alelí (*Matthiola incana* L.) y del ingreso económico en un invernadero ubicado en la provincia de Cotopaxi. Para lograr este propósito, se han establecido objetivos específicos que abordarán diferentes aspectos del ciclo de vida de la planta en estudio y económicos de los tratamientos. En primer lugar, evaluar la influencia del bocashi como sustrato en la germinación y crecimiento de *Matthiola incana* L. en semillero. En segundo lugar, medir el efecto del bocashi como fertilizante orgánico en la producción de *Matthiola incana* L. durante la etapa de desarrollo y floración en términos de rendimiento y calidad de la planta; y, en tercer lugar, estimar los costos económico de los tratamientos en estudio.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

La zona de estudio de la presente investigación es en el invernadero de la “Finca Ante”, ubicado en la comuna Bellavista, parroquia San José de Poaló, perteneciente al cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, entre las coordenadas 0°53’4.53"de latitud Sur y 78°41’47.79"de longitud Oeste con una altitud de 3231 m s. n. m. **(Figura 1).**

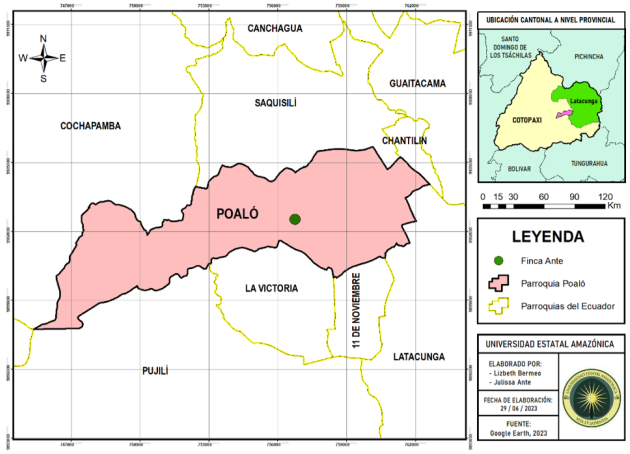


Figura 1 | Localización del área de estudio en la parroquia Poaló. Nota. El marcador de color verde indica la georreferenciación de la finca Ante

2.2 Características edafoclimáticas

La parroquia refleja un variado clima mesotérmico semifrío a templado frío, debido a su temperatura extrema de 24,5 a 3,7 °C y la media de 10 a 14 °C con moderada probabilidad de heladas y precipitación media anual bordeando el 50%

del valor de la evapotranspiración potencial, por lo que ostenta un déficit hídrico durante todo el año (Prefectura de Cotopaxi 2018).

En la Parroquia San José de Poaló prevalecen los suelos franco-arenosos de pH neutro con una capa arable de 20 cm (GAD Parroquial San José de Poaló 2019). El 32% de las tierras son no cultivables con restricciones de humedad, por lo que las hace propicias para el pastoreo; el 21% de las tierras no cultivables son adecuadas para actividades forestales, mientras que el 16% presenta suelos con limitaciones severas, pero con métodos intensivos de manejo que se pueden recuperar (CONSTRUSAT 2020).

2.3 Diseño del experimento, factores de estudio y tratamientos

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo explicativo y experimental de acuerdo con la clasificación de Vara-Horna (2015). El estudio presenta un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), conformado por dos factores: 1) Factor 1 (F1), fertilización orgánica, probando el bocashi el cual fue elaborado con tres distintas dosis (tres niveles), y 2) Factor 2 (F2), fertilización convencional (química), un nivel, constituido por la dosis usualmente utilizada en la zona por los productores de alelí (**Tabla 1**). Las dosis definidas para la conformación de los tratamientos del F1, se definieron siguiendo las recomendaciones de Sarmiento (2017).

Tabla 1 | Tratamientos de estudio

Factor	Nivel	Tratamiento	Descripción (Eb+Ra)
F1	N1	T1	3kg/m² x 3kg/m²
F1	N2	T2	5kg/m² x 3kg/m²
F1	N3	T3	3kg/m² x 5kg/m²
F2	N1	T4	Fertilización química

2.4 Elaboración del bocashi

En la elaboración del bocashi se consideraron las dosis de cada uno de los tratamientos en estudios y las directrices proporcionadas por Dibella, Aguilera y Silva (2021). Primero, se combinaron los ingredientes sólidos, que incluyeron tierra de montaña, residuos de la cosecha de alelí (Ra) o flores simples, estiércol de borrego (Eb), carbón triturado, ceniza y cascarilla de arroz. Luego, en un recipiente amplio, se diluyeron 20 L de agua con melaza, leche y levadura. Esta mezcla líquida se utilizó para humedecer la mezcla sólida, removiendo de manera constante hasta lograr una composición homogénea. Se verificó la consistencia adecuada apretando una porción de la mezcla con el puño: debería mantener su forma sin gotear. En caso de falta de humedad, se agregaba agua y se continuaba mezclando. Una vez listo, el compuesto obtenido se amontonaba en forma de volcán y se cubría completamente con un plástico. Durante los siguientes siete días, esta mezcla por tratamiento se removía dos o tres veces al día para permitir la aireación y reducir su temperatura, proceso durante el cual se iba disminuyendo gradualmente la altura del montón. Este paso se repetía para asegurar una buena oxigenación de la mezcla, manteniendo el montón de cada tratamiento cubierto **(Figura 2).**

Con relación al té de bocashi, se consideraron partes del procedimiento propuesto por Ruiz-Villacis (2021). Se utilizaron tres recipientes individuales con tapa, cada uno destinado a contener por separado la mezcla correspondiente a cada tratamiento de bocashi, ajustando las proporciones según la cantidad que se utilizaría en cada aplicación de fertilización **(Figura 3).**



Figura 2 | Elaboración del bocashi



Figura 3 | Elaboración y aplicación té de bocashi

En cada recipiente se combinaron 133 g de bocashi sólido con 33,3 g de melaza y 1 L de agua. La mezcla se dejó fermentar 7 días. Después de este período, se filtró la mezcla fermentada mediante un costal, y el producto resultante se envasó en botellas plásticas para facilitar su aplicación posterior en las camas de cultivo **(Figura 3).**

2.5 Unidad experimental

Para la siembra en semillero se emplearon bandejas con dimensiones de 66 cm de largo, 34 cm de ancho, y 4 cm de alto, compuesta por 338 alveolos. Por cada tratamiento en estudio se utilizaron tres bandejas, representando así las tres réplicas por tratamiento. En total, se utilizaron 12 bandejas, luego, se procedió a sembrar dos semillas no certificadas de alelí (*Matthiola incana* L.) de la variedad blanca en cada alveolo. El trasplante se llevó a cabo en cuatro camas, cada una dividida en ocho surcos. El área total fue de 57,1 m2 **(Figura 4 A y B).**

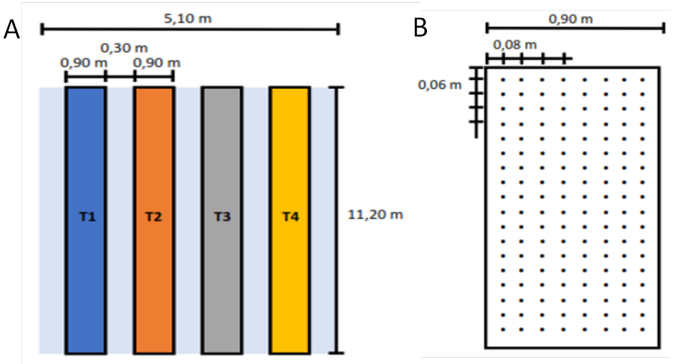


Figura 4 | Esquema de los tratamientos (A) y de la distribución entre plantas y en hileras en la cama (B)

Durante la recopilación de datos, se seleccionaron al azar tres unidades experimentales por cada tratamiento, excluyendo aquellas situadas en los márgenes de la bandeja con el objetivo de evitar posibles efectos de borde.

La fertilización orgánica en T1, T2 y T3 fue realizada una sola vez antes del trasplante, empleando bocashi sólido (variable independiente), en dosis de 222 lbs (T1) y 266 lbs (T2, T3). En la etapa de desarrollo vegetativo se aplicó bocashi líquido (variable independiente), de manera foliar utilizando una bomba de fumigar cada ocho días, siguiendo las recomendaciones de Ortega (2012). De acuerdo con estas pautas, se menciona que la dosis recomendada es de 250 cm3 por 20 L de agua, y para este estudio mediante una regla de tres se determinó que la dosis de aplicación por cama es de 20 cm3 por 1,6 L.

La fertilización convencional (química) se inicia en la segunda semana después del trasplante, específicamente en la cuarta cama. En este caso, se manejó el riego por goteo, administrando los productos químicos en las mismas dosis empleadas por el productor. Se aplica una sola vez enraizante (20 cm^3) el día lunes, Humina (12 cm^3) el día miércoles y agro-vitaminas (4 g) el día viernes. Las siguientes semanas se aplican regularmente los demás fertilizantes en distintos días. Entre estos, se incluyen: nitrato de amonio (40 g) y nitrato de potasio (48 g) los lunes, sulfato de magnesio (32 g) los miércoles, nitrato de calcio (40 g) los viernes. En la semana que se presenten los primeros botones florales se aplica una sola vez Ca-B-Zn (20 cm^3) el martes, y omega zinc (20 cm^3) el jueves. Cabe mencionar que todos los nutrientes utilizados son disueltos en 1,6 L de agua, y en aquellos días que no se fertiliza, se aplica agua mediante el riego por goteo durante tres minutos.

2.5.1. Etapa semillero

Se inició determinando el porcentaje de germinación en cada tratamiento, realizando lo siguiente: 1) el conteo de las plántulas germinadas, realizado en la cuarta parte de cada bandeja de germinación definida como la muestra representativa de cada réplica de los tratamientos. Esta actividad se hizo a los 15 días después de la siembra. También, se llevaron a cabo evaluaciones detalladas de diversas características morfológicas aéreas (variables dependientes) en cada tratamiento. Dichas mediciones incluyeron: 2) altura de la planta (mm), medida desde el nivel del sustrato orgánico hasta el ápice del tallo principal, utilizando un flexómetro modelo STA-30-181 (Stanley Tough Case; USA); 3) diámetro de la base del tallo (mm), medido a 2 mm del suelo orgánico mediante un calibrador BestValue (CACO ABBO GROUP; Panamá); y, 4) número de hojas verdaderas contadas en cada planta. La recopilación de datos se realizó a los 15 y 30 días después de la siembra en semillero, en septiembre de 2023.

2.5.2. Trasplante

Se valoró la supervivencia (%), para lo cual se llevó a cabo el conteo de las plántulas sobrevivientes en la cuarta parte de cada bandeja de germinación, considerada como una muestra representativa de cada réplica de los tratamientos. Además, se midieron diversas variables morfológicas (dependientes) en tres plantas por tratamiento, a considerar: 1) número de hojas (n) considerada como una variable aérea; por otro lado, las variables de tipo destructivo incluyeron mediciones como: 2) biomasa radicular (g), pesada en una balanza analítica de precisión (SARTORIUS; Alemania); 3) área radicular (cm^2), calculada a partir del método del papel milimétrico señalado por Hernández-Fernández (2020). 4) longitud de la raíz principal (cm), medida con un calibrador BestValue. La medición de las variables destructivas implicó un método directo de cuantificación de la raíz cortada desde el cuello, eliminando los residuos y dejándola secar en una mufla (Thermo Fisher Scientific; USA) para eliminar la humedad contenida. Este proceso se llevó a cabo a los 45 días de permanencia en el semillero, en octubre de 2023.

2.5.3. Etapa de desarrollo vegetativo

Desde el inicio de la etapa de desarrollo vegetativo de cada tratamiento hasta el período de floración se realizó el registro de supervivencia, llevándose a cabo a los 82 días. Por otro lado, se evaluaron características morfológicas (variables dependientes) de la etapa germinativa. Además, se midió el diámetro basal (cm) a una distancia de 5 cm del nivel del suelo orgánico, la primera se hizo a los 15 días tras el trasplante (octubre 2023), posteriormente cada 15 días hasta alcanzar los 75 días, cuando se pasó a la siguiente fase del cultivo.

2.5.4. Etapa de floración

También se evaluaron las características morfológicas de las flores (variables dependientes), para la comercialización. En primer lugar, se midió la longitud de la espiga (cm), utilizando un flexómetro. Además, se contó el número de botones florales presentes en cada planta. Este proceso de evaluación se llevó a cabo en dos momentos específicos, a los 75 y 82 días desde el inicio del desarrollo vegetativo, durante el mes de diciembre de 2023.

2.5.5. Cosecha

Se inició la cosecha considerando los parámetros para cumplir estándares del mercado internacional detallados a continuación: se priorizaron plantas con flores dobles y se evaluó que cada planta tuviera un tallo con una longitud de 50-62 cm y un diámetro de al menos 0,5 cm, así como un mínimo de 5 hojas. Además, se observó que las espigas tuvieran una longitud de 8-20 cm, contando con al menos 5 botones florales, mientras que para el mercado nacional no se requiere de parámetros específicos aparte de garantizar que la flor tenga buena presencia. Para contabilizar las plantas con flores simples, se verificó que cada espiga presentara flores con cuatro sépalos y cuatro pétalos dispuestos en forma de cruz.

2.6 Manejo del cultivo

El manejo del cultivo inició en la segunda semana de julio (2023) con la preparación del bocashi de cada tratamiento. Una vez obtenido las tres dosis de bocashi en la tercera semana de agosto (2023), se prepararon los sustratos para la siembra. Se les dejó secar para reducir la humedad de las proporciones de cada abono, y luego se tamizaron las mezclas con una malla metálica para obtener un sustrato fino, ideal para agregarse a las bandejas de germinación. Los sustratos de cada tratamiento fueron previamente desinfectados con un fungicida agrícola (Fozzy; Agrimportec;

Ecuador) en una dosis de 1,5 g/L de agua. Luego se colocaron los sustratos en las respectivas bandejas rotuladas y se hizo el cepillado para eliminar el exceso de sustrato, seguidamente se realizó la siembra de dos semillas no certificadas de alelí (*Matthiola incana* L.) en cada alveolo. Al culminar la siembra, las bandejas se cubrieron con el mismo sustrato y se humedecieron con agua hasta alcanzar su capacidad de campo y por último fueron colocadas bajo una cubierta negra en la zona destinada a semillero. Después de una semana, las bandejas se descubrieron, ya que en este período algunas semillas han empezado a brotar. Con la regadera se realizaron riegos ligeros para mantener la humedad en los sustratos, a lo largo de 45 días, durante los cuales se asegura un cuidado constante para el desarrollo óptimo de las plántulas.

La preparación de las camas para el trasplante que tuvo lugar en octubre de 2023 inició con la fertilización orgánica del suelo, aplicando la misma cantidad de abono para las tres camas, siguiendo el tratamiento establecido. Cabe destacar que, en el cuarto tratamiento, no se llevó a cabo ninguna fertilización, ya que esto no se realiza convencionalmente en dicho tratamiento. De manera secuencial, se procedió a mezclar el bocashi con el suelo utilizando una pala, humedeciéndolo con el objetivo de dar forma a las camas, las cuales tienen una altura de 0,2 m y un ancho de 0,9 m, separadas por caminos de 0,3 m de ancho, y extendiéndose a lo largo de 11,2 m. Además, se implementaron mangueras para el sistema de riego por goteo. Posteriormente, se utilizó una huequiadora rectangular equipada con 14 x 4 puntas de metal, diseñadas con medidas específicas para establecer la distancia adecuada entre plantas y surcos. Esta herramienta fue empleada para moldear los alvéolos en el suelo, generando ocho surcos con una separación de seis centímetros entre las plántulas en cada cama. Para garantizar condiciones higiénicas, se llevó a cabo la desinfección del suelo mediante la aplicación de Fozzy, utilizando una dosis de 1,5 g/L de agua. Finalmente, se procedió al trasplante de una planta en cada alvéolo.

La gestión del cultivo en la etapa vegetativa se inició inmediatamente después del trasplante en las camas. Durante la primera semana de octubre, se mantuvo un sistema de riego por goteo para proporcionar agua a las plántulas mientras se adaptaban al nuevo entorno. Seguidamente, se aplicó el té de bocashi como fertilización foliar semanal mediante una bomba para los tres tratamientos. Es importante destacar que el mismo día de la aplicación se preparaba el té de bocashi para la próxima semana, teniendo en cuenta el período de reposo de seis días. En la segunda semana del mismo mes, se llevó a cabo el control de maleza de forma manual, removiendo el suelo para reducir la compactación y mejorar aspectos como la aeración, actividad microbiana, contenido nutricional, humedad y percolación. Después, se continuó con la fertilización foliar en los tres primeros tratamientos usando su respectivo abono, mientras que en T4 se optó por la fertilización convencional (química), aplicando diferentes nutrientes diariamente mediante riego por goteo. Además, se seleccionaron al azar tres plantas por tratamiento para un análisis posterior del desarrollo de los cultivos.

En la fase de floración (diciembre, 2023), la cosecha se realizaba cada dos días teniendo en cuenta la cantidad de plantas en floración. Se recolectaron los tallos en bonches de 10 unidades cada uno para ser transportados a los centros de acopio donde se realiza el empaquetado y posterior envío al mercado internacional. Además, se registró la cantidad de flores simples producidas en cada tratamiento, ya que representan pérdidas en cuanto a comercialización.

2.7 Análisis de datos

Todos los datos de este estudio fueron procesados y analizados en el software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) v. 21 (IBM; USA). La altura (cm) de la planta y hojas verdaderas (n) en semillero se procesaron mediante un análisis Univariante (GLM-GEN) del Modelo Lineal General (MLG), con dos factores, tiempo y tratamiento; y, los resultados se confirmaron mediante un análisis de Medidas repetidas en el tiempo (GLM-REP). Para el caso de germinación (%) se realizó ANOVA de un factor (FA). Para cada una de las variables días al trasplante, supervivencia (%), hojas (n), biomasa radicular (g), área radicular (cm2) y longitud de la raíz principal (cm), se realizaron ANOVA de un factor (FA). Las variables de desarrollo vegetativo, altura (cm) y diámetro (cm) de la planta, hojas (n), junto con las variables de floración, longitud de la espiga (cm) y botones florales (n), fueron procesadas utilizando el Modelo Lineal General (MLG), mediante un análisis Univariante (GLM-GEN) con dos factores, tiempo y tratamiento. En todos los casos se ejecutó un *Tukey test* a un nivel significativo de 0,05% con intervalos de confianza del 95%, y como medida de confirmación se realizó el ANOVA de un factor (FA) en todos los casos.

No se llevó a cabo análisis estadístico para las siguientes variables: supervivencia en desarrollo vegetal, cosecha para mercado internacional y nacional, y producción de flores simples. Esto se debe a que estas variables fueron medidas solo una vez en el experimento y no se definió una muestra representativa por tratamiento ya que en esta etapa del cultivo se consideró el total de plantas por tratamiento.

2.8 Análisis económico de los tratamientos

Para el análisis económico en cada uno de los mercados, se comenzó obteniendo el costo por tratamiento a partir de la cantidad utilizada de cada ingrediente. Para la elaboración del bocashi en cada tratamiento, se sumaron los costos incurridos después de adquirir los materiales necesarios. Para el tratamiento convencional, se efectuó una conversión en costos considerando la cantidad utilizada durante el cultivo, a partir del costo de los insumos proporcionados por el productor del invernadero como referencia. El precio establecido por los centros de acopio del mercado internacional es de $ 0,18 por tallo. En cada tratamiento se determinó el ingreso bruto (IB), posteriormente, se calculó el ingreso neto (NI) y finalmente, se obtuvo el costo/beneficio (C/B), como se presenta respectivamente en las siguientes ecuaciones:

Finalmente, los resultados se presentaron en una tabla para su mejor comprensión.

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados

Los resultados obtenidos en cada variable de estudio se or-

ganizaron por etapas durante todo el cultivo.

3.2 Etapa de semillero

3.2.1 Germinación

A los 15 días después de la siembra se observaron las primeras plántulas germinadas en todos los tratamientos, mostrando una tasa de germinación que fluctuó entre el 68% y el 78% del total (Figura 5). Entre los tratamientos en estudio T4 destacó con el mayor porcentaje de germinación (77,8%) en comparación con los demás tratamientos (**Figura 5**), sin embargo, el ANOVA de un factor no reveló diferencias estadísticas entre los tratamientos (P>0,05; Tabla 2).

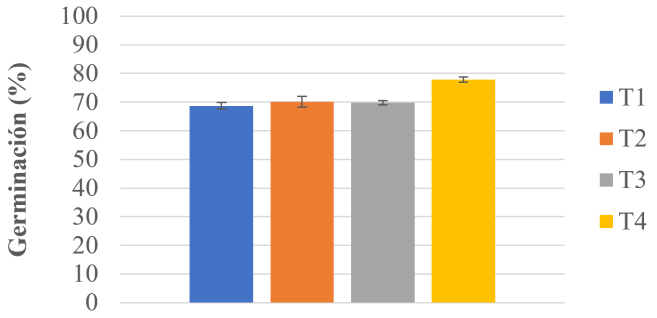


Figura 5 | Germinación (%) en semillero a los 15 días después de la siembra

3.2.2 Altura de la planta

En la fase de germinación, las plantas presentaron tasas de crecimiento en altura entre 10,6 cm y 34,1 cm, primera y última medición, respectivamente (**Figura 6**). Estadísticamente los tratamientos fueron diferentes (F=75,996; P<0,05; **Tabla 2**), presentando una mayor altura T4 (34,1 cm) en comparación con T3, T2 y T1, que presentó menor altura hasta finalizar la etapa de semillero (**Figura 6**).

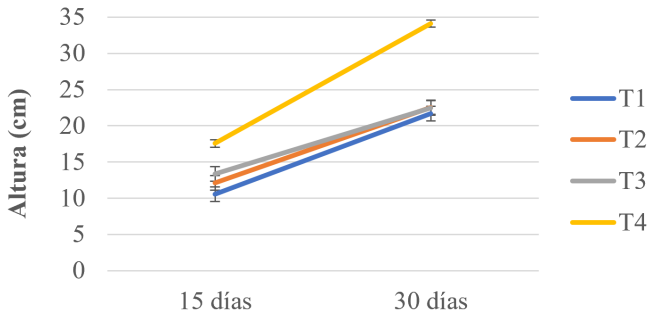


Figura 6 | Altura de la planta a los 15 y 30 días después de la siembra.

Tabla 2 | Resultados del análisis estadístico Univariante, del Modelo Lineal General (MLG), para los factores, tratamientos y tiempo

Variables	N	Tratamientos				Tiempo		
		F[1]	*p*-valor		Test tukey[2]	F[1]	*p*-valor	
Germinación	12	2,452	0,138	ns	T1=T2=T3=T4	-	-	-
Altura	72	75,996	0,000	***	T1=T2=T3<T4	541,199	0,000	***
Hojas verdaderas	72	2,276	0,088	ns	T1=T2=T3=T4	119,368	0,000	***

3.2.3 Diámetro basal

El diámetro basal de todos los tratamientos en semillero fue de 1 mm, debido a esta falta de variabilidad no se realizó el análisis estadístico.

Hojas verdaderas

En el período germinativo, el número de hojas varió entre 1 y 4 en los diferentes tratamientos (Figura 7). Los resultados estadísticos no revelaron diferencias significativas entre los tratamientos (F=2,276; P>0,05; **Tabla 2**). El *prueba de Tukey* agrupó los tratamientos en un mismo subconjunto, no obstante, se observó una ligera tendencia (P=0,078) de superioridad de T4 en comparación que T1, T3 y T2 (Figura 7; **Tabla 2).**

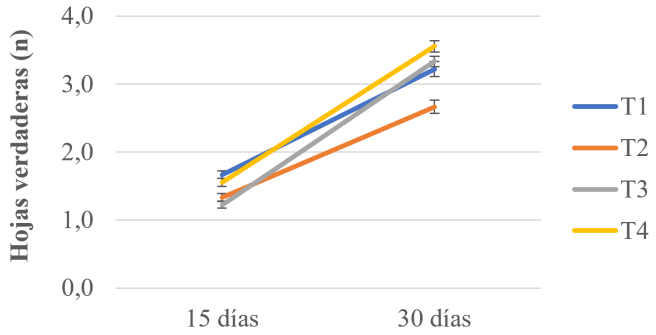


Figura 7 | Hojas verdaderas a los 15 y 30 días después de la siembra

3.3 Trasplante

3.3.1 Supervivencia

A los 45 días antes del trasplante al sitio definitivo, se calculó la supervivencia, los resultados revelaron índices que oscilan entre el 73% y 91%. Los resultados del análisis estadístico revelaron diferencias significativas (p<0,05; **Tabla 3).** El mejor tratamiento fue T4 mientras que el tratamiento que presentó menor supervivencia fue T3 (**Figura 8**).

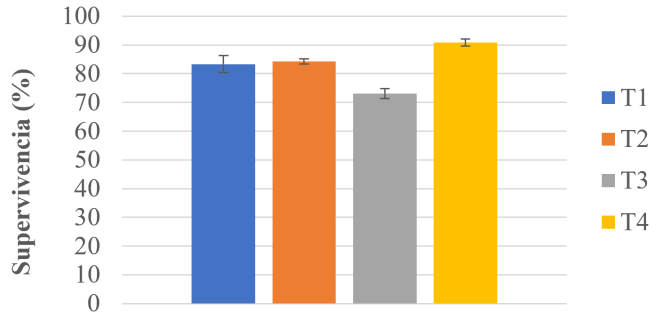


Figura 8 | Supervivencia (%) a los 45 antes del trasplante

3.3.2 Número de hojas

El número de hojas por tratamiento 45 días antes del trasplante osciló entre 4 y 6 (**Figura 9**). Se observó que T4 presentó mayor número de hojas (6), y aunque el análisis estadístico evidenció que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio (F=3,667; P>0,05; Tabla 3), el *prueba de Tukey* reveló una ligera tendencia a presentar diferencia estadística (P=0,06) T4 en comparación que T1, T3 y T2 (**Figura 9**).

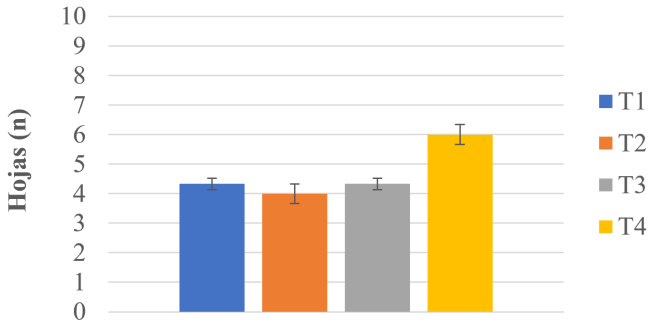


Figura 9 | Hojas (n) a los 45 días antes del trasplante

Tabla 3 | Resultados del análisis estadístico Univariante, del Modelo Lineal General (MLG), para los factores Tratamientos y Tiempo, días al trasplante

Variables	N	Tratamientos			
		F[1]	*p*-valor		Prueba de Tukey[2]
Supervivencia	12	5,209	0,028	*	T4>T3=T1=T2=T4
Número de hojas	12	3,667	0,063	ns	T1=T2=T3=T4
Longitud de raíz principal	12	0,309	0,818	ns	T1=T2=T3=T4
Área radicular	12	1,632	0,257	ns	T1=T2=T3=T4
Biomasa radicular	12	81,989	0,000	***	T3=T1=T2<T4

3.3.3 Longitud de la raíz principal

La longitud de la raíz principal de las plantas en los tratamientos osciló entre 3,1 cm y 3,4 cm (**Figura 10).** Los resultados del análisis estadístico revelaron que entre los tratamientos no existen diferencias significativas (F=0,309; P>0,05; Tabla 3; **Figura 10**).

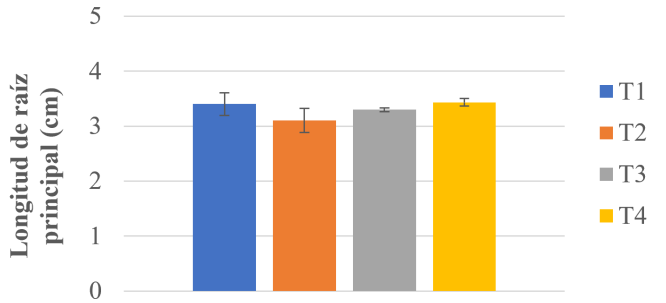


Figura 10 | Longitud de la raíz principal a los 45 días al trasplante

3.3.4 Área radicular

Se observó que T4 presentó mayor área radicular comparado con T1 (8,8 cm2 y 7,2 cm2), mientras que T2 y T3 se mantuvieron en rangos intermedios (**Figura 11).** Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (F=1,632; P>0,05; **Tabla 3).**

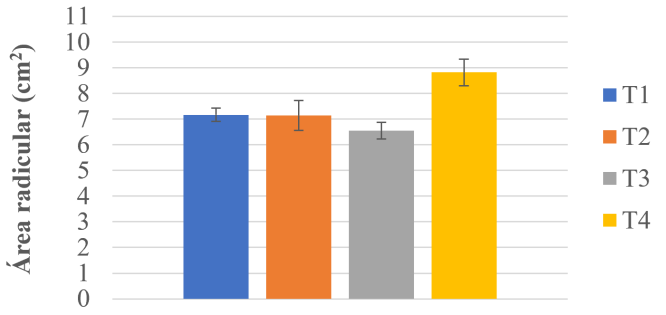


Figura 11 | Área radicular a los 45 días al trasplante

Biomasa radicular

La biomasa radicular de los tratamientos varió entre 0,010 y 0,040 g en materia seca. Estadísticamente los tratamientos presentaron significancia (F=81,989; P<0,05; Tabla 3). T4 tuvo mayor peso radicular, seguido de T2, T1 y T3 con el valor más bajo (**Figura 12**).

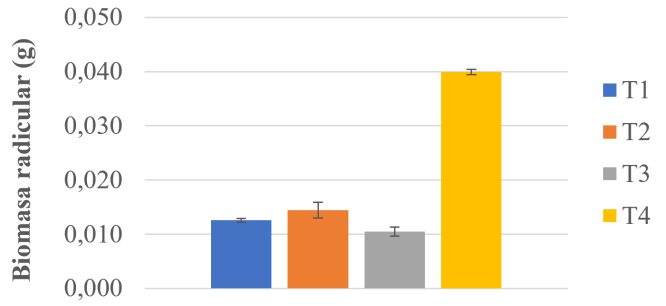


Figura 12 | Biomasa radicular registrada a los 45 días al trasplante

3.4 Etapa desarrollo vegetativo

3.4.1 Altura

La altura de las plantas varió entre 4,6 cm y 77,9 cm (15 y 75 días, respectivamente). Estadísticamente hubo diferencias entre tratamientos (P<0,05; **Tabla 4**). A los 75 días de esta etapa T2 presentó mayor altura (77,9 cm) al contrario que T3, T4 y T1 (**Figura 13**).

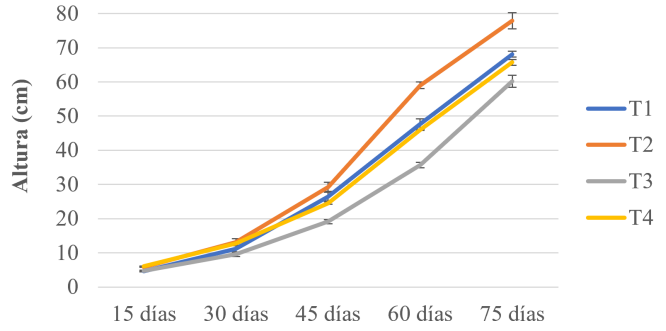


Figura 13 | Altura en etapa de desarrollo vegetativo

Tabla 4 | Resultados del análisis estadístico Univariante, del Modelo Lineal General (MLG), para los factores tratamientos y tiempo, en la etapa de desarrollo vegetativo

Variables	N	Tratamientos				Tiempo		
		F[1]	*p*-valor		Test tukey[2]	F[1]	*p*-valor	
Altura	72	35,668	0,000	***	T2>T4=T1>T3	963,734	0,000	***
Diámetro basal	72	3,678	0,020	*	T1=T3>T4=T2=T3	164,250	0,000	***
Número de hojas	72	4,671	0,007	*	T3=T1>T4<T2=T1	134,400	0,000	***

N: Tamaño muestral de la media armónica de los tratamientos. (***): p < 0,001; (**): p < 0,01; (*): p < 0,05; (ns): no significativo.

3.4.2 Diámetro basal del tallo

El diámetro basal en las plantas en estudio osciló entre 0,1 cm y 0,9 cm (Primera y última medición en la toma de datos en esta fase, respectivamente; **Figura 14**). En el análisis estadístico se evidenció que hay diferencias significativas entre los tratamientos (F=3,678; P<0,05; Tabla 4). El T1 tuvo mayor diámetro basal (0,9 cm), a diferencia que T3, que alcanzó menor diámetro (0,8 cm correspondientemente; **Figura 14**).

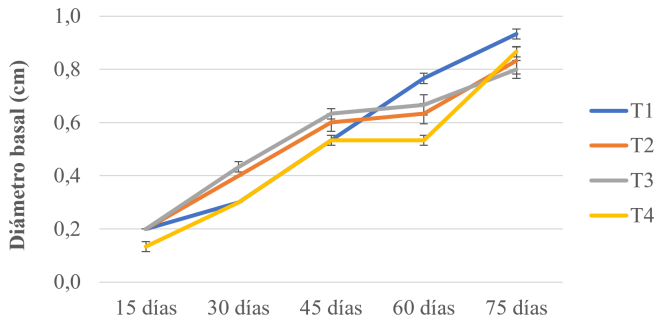


Figura 14 | Diámetro basal en desarrollo vegetativo

3.4.3 Número de hojas

El número de hojas registradas fluctuó entre 7 y 36 desde el principio y el final de la toma de datos (Figura 15). El análisis estadístico identificó diferencias significativas entre los tratamientos (F=4,671; P<0,05; Tabla 4). T3 presentó una mayor cantidad de hojas a diferencia que T2, que produjo una mínima cantidad de hojas en esta etapa (**Figura 15**).

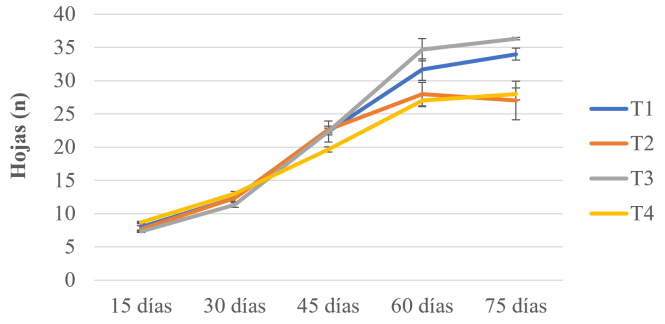


Figura 15 | Hojas (n) en desarrollo vegetativo

3.4.4 Supervivencia

A los 82 días la supervivencia de T4 fue de 99,4% alcanzando el mayor índice, seguido de T1 (99,1%) y después T3 (98,9%), mientras que T2 presentó el menor índice de supervivencia en esta etapa (98,7%).

3.5 Etapa de floración

A esta etapa todos los tratamientos llegaron con supervivencia por encima del 98%, y un importante desarrollo vegetativo (**Figura 16**) que dio paso a la etapa de cosecha a partir de los 82 días.



Figura 16 | Tratamientos en estudio a los 82 días contados a partir del trasplante

3.5.1 Longitud de la espiga

Durante la fase de floración, la longitud de la espiga osciló entre 5,4 cm y 19,1 cm. T2 presentó mayor longitud a diferencia que T3 y T4 (**Figura 17**). Las diferencias entre estos tratamientos fueron significativas (F=5,175; P<0,05; **Tabla 5**).

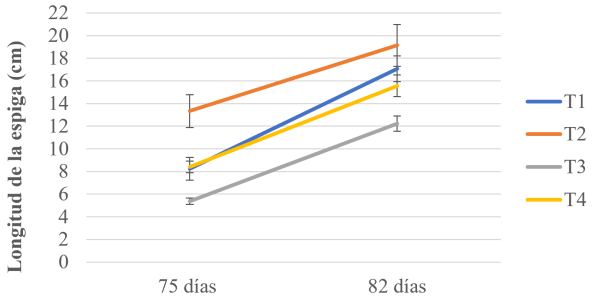


Figura 17 | Longitud de la espiga en la etapa de floración

Tabla 5 | Resultados del análisis estadístico Univariante, del Modelo Lineal General (MLG), para los factores tratamientos y tiempo, en la etapa floración

Mercado	Tratamiento	Costo tratamiento	Rendimiento (tallos)	Precio (tallo)	Ingreso bruto	Ingreso neto	Costo/ Beneficio
Internacional	T1	9,43	180	0,18	32,4	23,0	2,4
	T2	10,35	310	0,18	55,8	45,5	4,4
	T3	9,43	280	0,18	50,4	41,0	4,3
	T4	12,26	420	0,18	75,6	63,3	5,2
Nacional	T1	9,43	399	0,1	39,9	30,5	3,2
	T2	10,35	296	0,1	29,6	19,3	1,9
	T3	9,43	256	0,1	25,6	16,2	1,7
	T4	12,26	156	0,1	15,6	3,3	0,3

3.5.2 Botones florales

En la variable botones florales, los datos obtenidos fluctuaron entre 7 y 18 durante la etapa de floración (Figura 18). El posterior análisis estadístico reveló que hay diferencias significativas entre los tratamientos de estudio (F=4,176; P<0,05; **Tabla 5**). Al contabilizar los botones florales, T2 consiguió mayor número de botones a diferencia que T3, que alcanzó la menor cantidad (**Figura 18**).

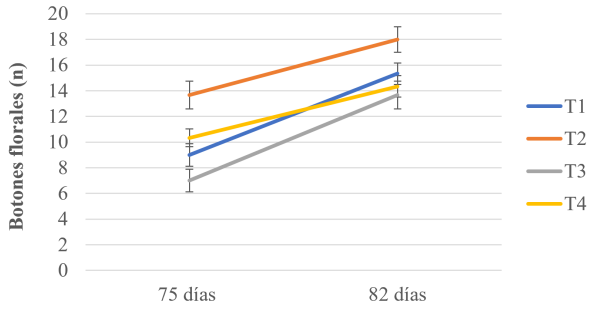


Figura 18 | Botones florales (n) en la etapa de floración

3.6 Cosecha

3.6.1 Flores para mercado internacional

En cuanto a la cosecha de tallos, se observó que, para el mercado internacional, T4 registró la mayor producción con 420 tallos, mientras que T1 presentó la menor producción con 180 tallos. Por otro lado, la producción de T2 y T3 se mantuvo en rangos intermedios (**Figura 19**) presentando un mejor comportamiento T2 (310 tallos).

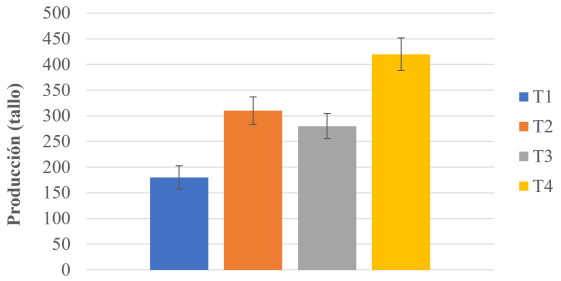


Figura 19 | Cosecha por tallos, destinados al mercado internacional

3.6.2 Flores para mercado nacional

De los resultados alcanzados para el mercado nacional, en T1 se cosechó mayor número de tallos (399), seguido de T3, T2 y T4, que fueron los tratamientos con una menor producción para el mercado nacional (**Figura 20**).

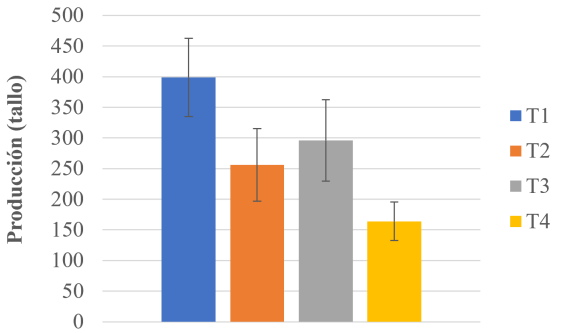


Figura 20 | Cosecha por tallos, destinados al mercado nacional

3.6.3 Flores simples

Al concluir la cosecha, se registró el número total de tallos con flores simples que se produjeron de manera simultánea con los tallos de flores dobles, debido a la genética de la semilla (como se explica en la discusión), la producción osciló entre 626 y 639 flores. Estos tallos se consideran residuos de cosecha debido a que no cumplen con los parámetros para el comercio (**Figura 21**).

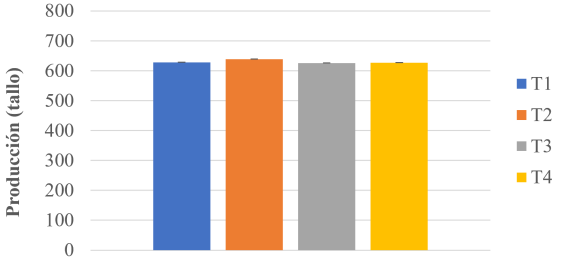


Figura 21 | Producción de flores simples (tallo) por tratamiento al finalizar la cosecha

3.7 Análisis económico de los tratamientos en estudio

Los costos por tratamiento difirieron según la cantidad de sustancias utilizadas. Se obtuvo un bajo costo de producción en fertilización orgánica, en T1 y T3, al contrario que con T4 (fertilización química), que presentó un costo de producción más elevado (**Tabla 6**).

Tabla 6 | Costo/beneficio de los tratamientos con bocashi y fertilización convencional (química) evaluados en el cultivo de alelí (Matthiola incana L.), para mercado internacional y nacional

Mercado	Tratamiento	Costo tratamiento	Rendimiento (tallos)	Precio (tallo)	Ingreso bruto	Ingreso neto	Costo/ Beneficio
Internacional	T1	9,43	180	0,18	32,4	23,0	2,4
	T2	10,35	310	0,18	55,8	45,5	4,4
	T3	9,43	280	0,18	50,4	41,0	4,3
	T4	12,26	420	0,18	75,6	63,3	5,2
Nacional	T1	9,43	399	0,1	39,9	30,5	3,2
	T2	10,35	296	0,1	29,6	19,3	1,9
	T3	9,43	256	0,1	25,6	16,2	1,7
	T4	12,26	156	0,1	15,6	3,3	0,3

En T1 y T3 los costos por tratamiento fueron similares debido a que el bocashi contenía similar proporción de estiércol de borrego, mientras que en T2 esta proporción de estiércol de borrego fue mayor (Tabla 1). En general, la mayoría de los tratamientos mostraron una mejor relación costo/beneficio en el mercado internacional en comparación con el mercado nacional. Dentro del mercado internacional, particularmente entre los tratamientos con fertilización orgánica, se observó que T2 destacó por su mejor relación costo/beneficio en comparación con T1 y T3, lo cual se explica de mejor manera en la discusión (**Tabla 6**).

3.8 Discusión

3.8.1 Etapa semillero

Los abonos orgánicos tienen un efecto positivo sobre la germinación (Garro-Alfaro 2016). Un estudio de Mendivil-Lugo et al. (2020) reveló que hubo mayor germinación en la combinación de bocashi con mango en comparación con bocashi tradicional y bocashi con aserrín, mango y plátano. Sin embargo, aunque en nuestro estudio con T4 (convencional) se observó mayor germinación (77,8%), comparado con los demás tratamientos, no hubo diferencias estadísticas.

En las demás variables de nuestro estudio, T4 presentó mejor altura de la planta (34,1 cm) y mayor número de hojas verdaderas (4) en sustrato convencional, y respecto a los demás tratamientos con bocashi como sustrato, se obtuvo mayor altura en T2 (22,6 cm), el cual incorporaba más proporción de Eb. No obstante, este tratamiento generó la misma cantidad de hojas verdaderas (3) que T1, que presentaba proporciones iguales de Eb y Ra, así como T3, que incluía una mayor proporción de Ra. En otro estudio (Marcano-Criollo y Rodríguez-Padrón 2019), se evaluaron diferentes sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate en vivero, y encontraron que la combinación de bocashi con otros componentes como vermicompost y arena tuvo un impacto positivo en variables como germinación, número de hojas, diámetro del tallo y su peso húmedo. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la composición del sustrato, además de la combinación con otros componentes

orgánicos para el crecimiento inicial de las plantas.

3.8.2 Trasplante

Antes del trasplante se analizó la supervivencia (%) a los 45 días. Los datos revelaron que T4, utilizando sustrato comercial obtuvo la mayor supervivencia (90,8%). Además, de los tres tratamientos con bocashi, T2 con más contenido de Eb alcanzó el mayor índice de supervivencia (84,2%). Estos hallazgos son consistentes con estudios previos, como el realizado por Mota-Fernández et al. (2019), donde se observó que el tratamiento que empleaba bocashi obtuvo el mayor porcentaje de rebrotes sobrevivientes por planta (73%), superando a la lombricomposta (66%). Por otra parte, de las variables analizadas, T4 presentó un ligero desarrollo superior en comparación con los demás tratamientos, en cuanto a producción de hojas (6), área radicular (8,8 cm2), biomasa radicular (0,040 g) y longitud de la raíz principal (3,4 cm). En cuanto a los tratamientos con diferentes niveles de bocashi, T1, que contenía proporciones iguales de Eb y Ra, y T3, que contenía una mayor cantidad de Ra, generaron la misma cantidad de hojas (4). A pesar de que T1 mostró una longitud ligeramente mayor de la raíz principal y un área radicular superior, es importante mencionar que estas diferencias no alcanzaron un nivel de significancia estadística. Por el contrario, en lo que respecta a la biomasa radicular, se observaron diferencias estadísticas, siendo T2, compuesto por una proporción más elevada de Eb, el que registró un mayor desarrollo (0,014 g). En este sentido, Caballero-Salinas et al. (2021) señalaron que, en su estudio, el tratamiento testigo que contenía cosmopeat (sustrato comercial) presentó los valores más altos en la mayoría de las variables estudiadas, sin embargo, entre los sustratos alternativos, el humus de lombriz demostró estadísticamente ser igual que el cosmopeat, superando el promedio de todos los tratamientos con sustratos orgánicos. De esta manera, se resalta la importancia de considerar tanto a los sustratos comerciales como a las alternativas orgánicas al buscar optimizar las condiciones para el crecimiento y la supervivencia de las plantas.

3.8.3 Etapa desarrollo vegetativo

Después de los 75 días de estudio, los resultados obtenidos en las variables analizadas revelaron diferencias significativas en el desarrollo vegetativo de los tratamientos con fertilización orgánica y química. T2, que contenía más proporción de Eb, desarrolló una mayor altura (77,9 cm), mientras que T1, con proporciones iguales de Eb y Ra, mostró un diámetro basal más amplio (0,9 cm). Por otro lado, T3, con mayor proporción de Ra, generó un mayor número de hojas (36), y T4, que recibió fertilización convencional (química), un desarrollo vegetativo intermedio. Estos resultados se alinean con la investigación de Milicia et al. (2023), en el que destacan la importancia de la fertilización orgánica, mediante el uso de cama de pollo parrillero compostada, ya que constituye una significativa fuente nutritiva para impulsar el crecimiento y producción de lechuga y alelí para flor de corte, ya sea en monocultivo o asociadas en policultivo, esto en comparación con la fertilización inorgánica y en condiciones sin fertilizar. En la investigación de Bravo-Alcívar, Avalos-Mera y Cárdenas-Carrión (2023), se enfocaron en evaluar el efecto de los abonos orgánicos líquidos en la producción de quimbombó (*Abelmoschus esculentus*) durante la temporada lluviosa, evidencia que la aplicación de bocashi líquido genera resultados positivos en el desarrollo vegetativo de estas plantas, ya que los valores obtenidos fueron superiores al tratamiento control y comparables al vermicompost, que demostró ser el más efectivo en términos de rendimiento. En conjunto, estos resultados resaltan la relevancia de considerar estrategias orgánicas en la fertilización, destacando su potencial en el desarrollo vegetativo óptimo en las plantas cultivadas.

3.8.4 Etapa de floración

A los 82 días, se observaron significancias estadísticas entre los tratamientos en cada variable, distinguiendo a T2, compuesto de bocashi con más proporción de Eb, alcanzó el desarrollo floral más notable, ya que se obtuvo la espiga más larga (19,1 cm) y mayor cantidad de botones florales (18). Los resultados de Romero-Méndez et al. (2022) evidencian que el uso de bocashi elaborado con estiércol de ovino como fertilizante en el cultivo de maíz podría constituir una alternativa viable para reemplazar los agroquímicos, sin afectar el rendimiento y, de hecho, incrementando la producción. Por otra parte, T3 que utilizó bocashi con una mayor proporción de Ra, presentó un desarrollo floral inferior en comparación con los demás tratamientos de bocashi. Esta diferencia podría atribuirse a que los residuos vegetales podrían no proporcionar la misma cantidad de nutrientes que el estiércol animal, lo cual es crucial para el adecuado desarrollo del cultivo. El tratamiento 4 que recibió fertilización convencional, es decir de productos químicos, alcanzó un nivel de desarrollo floral intermedio.

3.8.5 Cosecha

Al finalizar el desarrollo floral en la producción de alelí, se realizó la cosecha para el mercado internacional, siendo T4 con fertilización química el que generó mayor número de tallos. Y dentro de los tres tratamientos con fertilización orgánica, el que se destacó en producción de tallos fue T2 que contenía más Eb, ya que tuvo más tallos que cumplían con los parámetros necesarios que se exigen para ser exportados a diferentes países. Por el contrario, para el mercado nacional se produjo un mayor número de tallos en T1, tratamiento que contenía bocashi elaborado con las mismas cantidades de Eb y Ra.

Al evaluar la producción total de tallos, se notó que la mayor cantidad de flores eran simples. Estas flores, al no ser adecuadas para el comercio tanto internacional como nacional, se consideran como residuos y no pueden ser comercializadas. Es importante recalcar que la naturaleza de la floración está mayormente determinada por la variabilidad genética y las características intrínsecas de la semilla, más que por el tipo de fertilización aplicada (Pérez-Jiménez, et al. 2020). En otras palabras, la proporción de flores simples y dobles no se ve influenciada por el tipo de abono empleado, sino por las características genéticas de la semilla utilizada en este estudio. Además, cabe mencionar que se utilizaron semillas tradicionales no manipuladas ni certificadas por una casa comercial, siguiendo las practicas usualmente llevadas a cabo por los productores. Por lo general, las variedades comunes de alhelí (*Matthiola* incana L.) suelen presentar entre un 50% y un 60% de plantas con flores dobles, aunque

no es posible seleccionar semillas que garanticen plantas con este tipo de floración (Verdeguer, Tortosa y Baraja 1999). Esto revelaría que en nuestro estudio los resultados de "flores simples" fueron mejores, y ratifica la importancia de probar estos tratamientos utilizando semillas certificadas para la producción, debido a que estos resultados estarían relacionados con la calidad de las semillas.

3.8.6 Análisis económico

Según el análisis económico, de los tratamientos con fertilización orgánica el que presentó una buena rentabilidad en términos de costo/beneficio fue T2, que incluía una proporción más alta de Eb. Este tratamiento generó el mayor ingreso bruto ($ 55,8), lo que reflejó una excelente relación costo/beneficio ($ 4,4), en comparación con otros tratamientos de fertilización orgánica. Un estudio similar sobre el cultivo de alelí (Flores-Guamán 2023), reveló que T3, que incorporaba biochar fue el más rentable, con un valor de $ 1,74 en comparación con el compost aplicado.

4. Conclusiones

Para lograr una germinación y desarrollo óptimos de las plántulas de alelí *(Matthiola incana* L.*)*, se puede sustituir el sustrato comercial por una alternativa basada en materia orgánica, como en el caso de T2. En este tratamiento, donde se empleó un sustrato de bocashi con un mayor contenido de estiércol de borrego, se evidenció un desempeño superior, que se tradujo en mayor altura y número de hojas verdaderas.

Los tratamientos con fertilización orgánica presentaron en trasplante, mayor longitud de la raíz principal; y, en desarrollo vegetativo, mayor altura, diámetro basal, número de hojas, longitud de la espiga y botones florales. Al finalizar la producción entre los tratamientos de fertilización orgánica, T2 presentó un mayor número de flores que cumplieron con los parámetros que se requieren para el mercado internacional.

El análisis económico en este estudio demostró que el tratamiento dos, a pesar de los mayores costos asociados con la cantidad de estiércol de borrego utilizado, fue el más rentable. La inversión adicional con estiércol de borrego condujo a una mejor producción entre los tratamientos orgánicos, por lo cual se convierte en la opción orgánica más recomendable.

Contribuciones de los autores

Fernanda Lizbeth Bermeo Grefa: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Norma Julissa Ante Cuyachamin: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Julio César Muñoz Rengifo: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

BASTIDAS-RAMÍREZ, María Teresa. *Análisis y propuesta de mejora de los procesos financieros de las PYME del sector florícola de Tabacundo*. En línea. Tesis Maestría. Tabacundo: Universidad Andina Simón Bolívar. Sede Ecuador, 2020. Disponible en: Repositorio Institucional del Organismo de la Comunidad Andina, . [consultado el 07/02/2024].

BRAVO-ALCÍVAR, Carlos Andrés, Jefferson Estuardo AVALOS-MERA y Jorge Adrián CÁRDENAS-CARRIÓN. *Evaluación de efectos de abonos orgánicos líquidos en la producción de quimbombó (Abelmoschus esculentus), en época lluviosa*. En línea. Boletín Científico Ideas y Voces, vol. 3 (2023), n.º 2, pp. 400–419. ISSN 2960-8112. Disponible en: . [consultado el 02/03/2024].

CABALLERO-SALINAS, Juan Carlos, Sindy Guadalupe OVANDO-SALINAS, Erasmo NÚÑEZ-RAMOS y Fabián AGUILAR-CRUZ. *Sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.) en Chiapas*. En línea. Siembra, vol. 7 (2021), n.º 2, pp. 14–21. ISSN 2477-8850. Disponible en: . [consultado el 29/02/2024].

CALDERÓN, Luis C., Vinicio R. GUERRA, Mónica C. GALLEGOS y Ligia I. BELTRÁN. *Competitividad del sector floricultor mediante la estrategia liderazgo en costos*. En línea. Revista Espacios, vol. 42 (2021), n.º 20, pp. 13–23. ISSN 2739-0071. Disponible en: . [consultado el 22/12/2023].

CONSTRUSAT. *Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San José de Poaló 2020-2025*. En línea. GAD Parroquial San José de Poaló. 2020. Disponible en: . [consultado el 13/12/2023].

DAMIAN-SUCLUPE, Manuel Julio, Federico GONZÁLES-VEINTIMILLA, Pedro QUIÑONES-PAREDES y Jackson Ricardo TERÁN-IPARRAGUIRRE. *Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo*. En línea. Arnaldoa, vol. 25 (2018), n.º 1, pp. 141–158. ISSN 2413-3299. Disponible en: . [consultado el 07/02/2024].

DIBELLA, Emiliano, María Paula AGUILERA y Natalia Del Valle SILVA-FURLANI. *Elaboración de abono orgánico Bocashi: construcción de tecnologías apropiadas*. En línea. Buenos Aires: INTA, 2021. ISBN 978-987-679-306-3. Disponible en: . [consultado el 22/12/2023].

EXPOFLORES. *Reporte estadístico mensual: enero 2024*. En línea. 2024. Disponible en: EXPOFLORES, . [consultado el 07/02/2024].

FAO y IFA. *Los fertilizantes y su uso*. En línea. 4a ed. Roma: FAO, IFA, 2002. ISBN 92-5-304414-4. Disponible en: . [consultado el 13/12/2023].

FLORES-GUAMAN, Darwin Alberto. *Respuesta de alelí Matthiola incana (L.) W. T. Aiton, a la aplicación de compost y biochar en Cotopaxi*. En línea. Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2023. Disponible en: Repositorio Institucional de la Universidad Central del Ecuador, . [consultado el 13/12/2023].

GAD PARROQUIAL SAN JOSÉ DE POALÓ. *Datos generales de la parroquia Poaló*. En línea. GAD Parroquial San José de Poaló. 2019. Disponible en: . [consultado el 15/11/2023].

GARRO-ALFARO, Jorge E. *El suelo y los abonos orgánicos*. En línea. San José: INTA, 2016. ISBN 978-9968-586-26-9. Disponible en: . [consultado el 15/02/2024].

HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, Israel Antonio. *Estimación del área foliar con parámetros biométricos de las hojas de cuatro genotipos de stevia (Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni) en el Sinú Medio*. En línea. Trabajo de titulación modalidad Investigación. Montería: Universidad de Córdoba, 2020. Disponible en: Repositorio Institucional Universidad de Córdoba, . [consultado el 07/10/2023].

JIMÉNEZ-RIBELLES, Paloma. *Estudio de alternativas ecológicas a la fer-*

tilización inorgánica de los cítricos. En línea. Trabajo de titulación. Gandía: Universidad Politécnica de Valencia, 2021. Disponible en: RiuNet repositorio UPV, . [consultado el 13/12/2023].

MARCANO-CRIOLLO, Luis Manuel y Richard Alberto RODRÍGUEZ-PADRÓN. *Sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate en vivero*. En línea. Acta Iguazu, vol. 8 (2019), n.º 3, pp. 48–61. ISSN 2316-4093. Disponible en: . [consultado el 29/02/2024].

MENDIVIL-LUGO, Cecilia, Eusebio NAVA-PÉREZ, Adolfo ARMENTA-BOJÓRQUEZ, Rey RUELA-AYALA y Jaime FÉLIX-HERRÁN. *Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano.* En línea. Biotecnia, vol. 22 (2020), n.º 1, pp. 17–23. ISSN 1665-1456. Disponible en: . [consultado el 29/02/2024].

MILICIA, Víctor José, Cristian Javier LÓPEZ, Javier Ítalo PEZZI, Karina Alejandra MONTIEL, María Fabiana RODRÍGUEZ et al. *Producción de lechuga y alelí de corte en monocultivo y consociados bajo condiciones de fertilización orgánica*. En línea. Revista Verde de Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável, vol. 18 (2023), n.º 1, pp. 01–08. ISSN 1981-8203. Disponible en: . [consultado el 01/02/2024].

MORÁN-POVEDA, Leonardo. *Sector florícola ecuatoriano y afectación en mercado internacional a causa del covid19*. En línea. South Florida Journal of Development, vol. 2 (2021), n.º 3, pp. 4609–4621. ISSN 2675-5459. Disponible en: . [consultado el 22/12/2023].

MOTA-FERNÁNDEZ, Iván Francisco, Ofelia Andrea VALDÉS-RODRÍGUEZ, Gabina Sol QUINTAS y Arturo PÉREZ-VÁZQUEZ. *Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de Moringa oleifera Lam. después de la poda*. En línea. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, vol. 10 (2019), n.º 2, pp. 289–299. ISSN 2007-9230. Disponible en: . [consultado el 01/02/2024].

ORTEGA-SOJOS, Pedro. *Producción de bokashi sólido y líquido*. En línea. Trabajo de titulación. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2012. Disponible en: Repositorio Institucional Universidad de Cuenca, . [consultado el 03/12/2023].

PÉREZ-JIMÉNEZ, Genaro, Gabino GARCÍA-DE LOS SANTOS, Giovanna I. FUENTES-ESCOBAR y Héctor GONZALÉZ-ROSAS. *Caracteres morfológicos e identificación de subfases durante la imbibición en semillas de alhelí (Matthiola incana)*. En línea. Agro Productividad, vol. 13 (2020), n.º 4, pp. 47–52. ISSN 2594-0252. Disponible en: . [consultado el 15/02/2024].

PREFECTURA DE COTOPAXI. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi*. En línea. 2018. Disponible en: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial Cotopaxi, . [consultado el 13/12/2023].

RAMÍREZ-GERARDO, Marithza Guadalupe, Sergio VÁZQUEZ-VILLEGAS, Gloria Isabel MÉNDEZ-GÓMEZ y Jaime MEJÍA-CARRANZA. *Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México*. En línea. CienciaUAT, vol. 16 (2021), n.º 1, pp. 150–161. ISSN 2007-7858. Disponible en: . [consultado el 15/02/2024].

RAMÍREZ-IGLESIAS, Elizabeth. *La elaboración de abonos orgánicos y aprendizaje significativo para la transformación educativa en un contexto de transición agroecológica*. En línea. Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe, vol. 19 (2022), n.º 2, e50595. ISSN 1659-4940. Disponible en: . [consultado el 13/12/2023].

ROMERO-MÉNDEZ, Mauricio Jesús, Juana Elvira RAMÍREZ-MELÉNDEZ, Sergio Arturo GARCÍA-HERNÁNDEZ, Gustavo CONTRERAS-HERNÁNDEZ, Isaac DE GASPERIN-LÓPEZ et al. *Caracterización de abono tipo bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol y su efecto en la producción de maíz para ensilar*. En línea. Revista Bio Ciencias, vol. 9 (2022), e1368. ISSN 2007-3380. Disponible en: . [consultado el 01/02/2024].

RUIZ-VILLACIS, Cristina Roció. *Evaluación de dos biofertilizantes (bocashi líquido, té de estiércol) en tres sistemas de cultivo en Lechuga (Lactuca sativa. L.) Alangasí - Pichincha 2021*. En línea. Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021. Disponible en: Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi, . [consultado el 22/12/2023].

SARMIENTO, Lurdes. *Estiércol de oveja, características y usos en el abono de plantas*. En línea. Jardinería On. 2017. Disponible en: . [consultado el 17/11/2023].

VARA-HORNA, Arístides Alfredo. *Los 7 pasos para elaborar una tesis*. Lima: Macro EIRL, 2015. ISBN 978-612-304-311-7.

VERDEGUER-MONGE, Antonio, Alejandro TORTOSA-MARTÍNEZ y María del Pino BARAJA-BOU. *Cultivo del Alhelí en Invernadero para Flor Cortada*. En línea. Valencia: Generalitat Valenciana, 1999. ISBN 84-482-2294-6. Disponible en: . [consultado el 22/12/2023].

WOOD, Stephen A., Dereje TIRFESSA y Frédéric BAUDRON. *Soil organic matter underlies crop nutritional quality and productivity in smallholder agriculture*. En línea. Agriculture, Ecosystems & Environment, vol. 266 (2018), pp. 100–108. ISSN 0167-8809. Disponible en: . [consultado el 15/02/2024].