

Validación participativa del bokashi con microorganismos de montaña en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en occidente de Guatemala

Participatory validation of bokashi with mountain microorganisms in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) in western Guatemala

Eduardo Benjamín López Velásquez
Investigador de la Vicerrectoría de Investigación y Proyección de la Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango, Guatemala.
eduardobenjaminlv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2879-4098>

Iván Lenin Montejo Sierra
Investigador auxiliar de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey de la Universidad de Matanza, Cuba
ivanleninmonejosierra@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5823-2750>

Recibido: 30/4/2026

Aceptado: 15/6/2026

Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo de alta importancia en consumo y como medio de vida en el occidente de Guatemala. También, es uno de los cultivos más exigentes en nutrientes, por ende, altamente vulnerable al uso inadecuado de fertilizantes sintéticos, lo que se ha convertido en una problemática por la acidificación e infertilidad de suelos, dependencia a insumos externos, daños a la salud humana y ecosistémicos. Como respuesta a ello, diversas investigaciones han planteado alternativas sostenibles de nutrición, como el bokashi y los microorganismos de montaña (MM). Considerando lo anterior, se llevó a cabo esta investigación con el objetivo de determinar de manera participativa los efectos del bokashi con MM sobre el rendimiento, cantidad de frutos, peso promedio de frutos y sobrevivencia de plántulas del cultivo de tomate, asimismo, para identificar el nivel de satisfacción de los agricultores. A través de parcelas apareadas, se validó la tecnología en 13 localidades ubicadas en siete municipios de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, con población principalmente Maya Mam y no indígena. Estadísticamente, el bokashi con MM mostró mejores resultados que los tratamientos convencionales en: rendimiento, cantidad de frutos, peso promedio de frutos y sobrevivencia de plántulas. Los agricultores aprendieron sobre el uso de la tecnología y observaron los resultados dentro de sus parcelas, lo cual permitió un buen nivel de aceptación medido por la escala de satisfacción del agricultor. Esta tecnología fue validada exitosamente y es necesario fortalecer una estrategia de transferencia a productores de tomate del occidente de Guatemala.



© Copyright 2026.
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)

DOI: <https://doi.org/10.5377/9jfcz568>

Palabras claves

Tomate, nutrición vegetal, agricultura climáticamente inteligente, bokashi, microorganismos de montaña.

Abstract

Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) are a highly important crop for consumption and livelihoods in western Guatemala. They are also one of the most nutrient-demanding crops, and therefore highly vulnerable to the inappropriate use of synthetic fertilizers, which has become a problem due to soil acidification and infertility, dependence on external inputs, and damage to human health and ecosystems. In response to this, various studies have proposed sustainable nutrition alternatives, such as bokashi and mountain microorganisms (MM). Considering the above, this research was carried out with the objective of determining, in a participatory manner, the effects of bokashi with MM on the yield, number of fruits, average fruit weight, and survival of tomato seedlings, and to identify the level of satisfaction among farmers. Through paired plots, the technology was validated in 13 locations in seven municipalities in the departments of San Marcos and Quetzaltenango, with a population mainly of Maya Mam and non-indigenous people. Statistically, bokashi with MM showed better results than conventional treatments in terms of yield, fruit quantity, average fruit weight, and seedling survival. Farmers learned about the use of technology and observed the results on their plots, which led to a high level of acceptance as measured by the farmer satisfaction scale. This technology was successfully validated, and it is necessary to strengthen a strategy for transferring it to tomato producers in western Guatemala.

Keywords

Tomatoes, plant nutrition, climate-smart agriculture, bokashi, mountain microorganisms.

Introducción

Los agricultores del occidente de Guatemala desde el ingreso de la Revolución Verde en la década de 1970 han incorporado e ido aumentando el uso de fertilizantes químicos en parcelas productivas y uno de los cultivos más afectados es el tomate por su exigencia nutricional. El uso inadecuado de agroquímicos provoca acidificación (Shi et al., 2024) e infertilidad de los suelos, problemas de salud por sustancias nocivas (Alfonso y Toro, 2010).

De manera que, esta práctica se ha convertido en la causa más frecuente de accidentes en la agricultura, por intoxicación (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2010). Además de generar dependencia a las grandes empresas de productos químicos y un sometimiento ideológico en profesionales y agricultores quienes consideran prácticamente imposible producir sin fertilizantes químicos. La relación entre agroquímicos y la salud, no es un problema exclusivo de adultos dedicados a la agricultura, incluso para niños vinculados a dicha actividad, de este modo, la OIT (2010) menciona que en los países en "vías de desarrollo" alrededor de 140 millones de niños trabajan en la agricultura.

Para el cultivo de tomate, en la región occidental de Guatemala se ha determinado que entre los puntos críticos se encuentran: baja productividad, altos costo de producción, baja rentabilidad y alta dependencia de agroquímicos (Martínez, 2016). En respuesta a esta problemática se han elaborado diferentes fertilizantes orgánicos que fueron comparados bajo condiciones protegidas en el cultivo de tomate, destacándose el fertilizante orgánico tipo bokashi con MM, producto elaborado a base de estiércol de

gallina y materiales locales de fácil acceso en el occidente de Guatemala (López et al., 2018). La tecnología se nombró: bokashi con MM, sin embargo, varios agricultores lo llamaron xwich´il, que significa recoger hongos en idioma mam (López et al., 2018).

El bokashi es un fertilizante orgánico, que ha sido definido de diversas maneras, entre ellas: cocer al vapor materiales de un abono (Restrepo, 2007), abono orgánico fermentado suave que madura rápidamente (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola [ICTA], 2010) o abono obtenido a través de la descomposición semi anaerobia de materia orgánica enriquecida con salvado, melaza o azúcar (Kruker et al., 2023). El bokashi posee ventaja sobre el compost, ya que además de adicionar nutrientes, proporciona microorganismos al suelo para regenerarse y crean una simbiosis con las plantas (Ávila y Olvera, 2006).

Según Baltodano (2002), considera que después de 15 días de haber iniciado el proceso de fermentación se encuentran los niveles más altos de microorganismos. Esto puede beneficiar la mineralización de sustratos orgánicos y así aumentar la disponibilidad de algunos elementos. No obstante, los niveles de microorganismos inician a reducirse a partir de los 21 días después de su elaboración, mientras que los nutrientes se mantienen durante cinco meses (Ramos et al., 2014).

De esta manera, la fermentación de la materia orgánica genera elementos mayores y menores, formando un abono superior a los fertilizantes sintéticos, que aumenta la disponibilidad de microorganismos y mejora el suelo (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA], 2011). Incluso, análisis metagenómicos han mostrado que el bokashi contiene comunidades microbianas como *Azospirillum* y *Paenibacillus* que son promotoras del crecimiento vegetal (Kruker et al., 2023).

Asimismo, la materia orgánica del suelo posee una relación positiva entre el carbono orgánico del suelo y el rendimiento de los cultivos hasta cierto umbral (Oldfield et al., 2019) y el uso de bokashi incrementa el carbono orgánico en los suelos (Shi et al., 2024). En cuanto a los MM, estos ayudan de gran manera a mejorar las propiedades químicas del suelo como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes (López Velásquez et al., 2018). También, permiten mejorar la productividad, reducir los costos de producción, aumentar la rentabilidad, mejorar las propiedades químicas del suelo y la disponibilidad de nutrientes, convirtiéndose en una oportunidad para disminuir la dependencia de agroquímicos (López et al., 2018).

El bokashi con MM es una alternativa productiva, sin embargo, para liberar una tecnología es necesario evaluar la opinión de los agricultores. Debido a tecnologías vinculadas a la agricultura climáticamente inteligente, dependen de factores contextuales como clima, suelo y manejo local (Ellis y Paustian 2024). Igualmente, estudios durante 25 años, se ha logrado demostrar que cuando agricultores participan en comités de investigación se facilita la adopción de prácticas sostenibles y su escalabilidad, por ende, mejoran ingresos y seguridad alimentaria (Gómez et al., 2024). De igual manera, cuando los agricultores participan en la toma de decisiones durante la investigación,

acompañado de ciclos de coaprendizaje, se incrementa la probabilidad de adopción de nuevas tecnologías (Oberson et al., 2024).

Prácticamente, la validación permite evaluar una tecnología en condiciones reales de campo bajo el manejo de los propios agricultores con intervención mínima de los investigadores, entonces es una herramienta totalmente participativa. En consecuencia, el ICTA (2020) considera que es necesario realizar validaciones a través de la comparación de la tecnología propuesta y el manejo convencional del agricultor, en donde se evalúan elementos agronómicos y la opinión del agricultor.

Existen diversos estudios relacionados al uso bokashi en cultivos agrícolas; sin embargo, en ninguna de las investigaciones consultadas se evaluó una tecnología que vinculara bokashi con microorganismos de montaña y la participación de los agricultores. Las investigaciones se centran en las evaluaciones de diversas formulaciones de bokashi (Kruker et al., 2023), como son: efectos del estiércol fresco, el compost y el bokashi sobre la biomasa microbiana del suelo (Urrea et al., 2019), ensayos de aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en hortalizas (Milagrosa, 2003 y Erdal et al., 2025), evidencias de como el bokashi mejora las propiedades del suelo (Phooi et al., 2022) y combinaciones de inoculantes de microorganismos eficientes y sus efectos sobre la calidad de abonos orgánicos (Zhang et al., 2024).

La finalidad de validar una tecnología agrícola se enmarca dentro del Sistema Tecnológico Agrícola del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala (ICTA 2020), en donde se inicia con la generación de tecnologías, para luego validarlas y determinar si estas son aptas para ser transferidas al sector público agrícola, grupos organizados, industria y otros.

Dado el contexto anterior, esta validación se realizó con la finalidad de comparar de manera participativa los efectos del bokashi con MM y la fertilización convencional sobre el rendimiento, cantidad de frutos, peso promedio de frutos y sobrevivencia de plántulas del cultivo de tomate en 13 localidades de dos departamentos del occidente de Guatemala, siendo estos: San Marcos y Quetzaltenango. Además, la validación recogió las percepciones de los productores sobre la tecnología a través de escalas de satisfacción de los agricultores. Y dada la naturaleza del estudio se realizó una investigación mixta, orientada por las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los efectos del bokashi con MM sobre rendimiento y sobrevivencia de plántulas del cultivo de tomate? Y ¿Cuál es la percepción del agricultor sobre la tecnología del bokashi con MM utilizada en el manejo del cultivo de tomate?:

Materiales y métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo entre marzo de 2019 a enero de 2020, en 13 localidades del occidente de Guatemala, específicamente en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango. De estos, ocho de las localidades se ubicaron en los municipios de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, San Antonio Sacatepéquez, Esquipulas Palo Gordo y Tejutla del departamento de San Marcos. Mientras que, cinco localidades restantes se

ubicaron en los municipios de Palestina de los Altos y San Juan Ostuncalco del departamento de Quetzaltenango. La selección de los municipios fue acorde a la priorización para proyectos de investigación en la agrocadena del tomate propuesta por Martínez (2016).

Para la evaluación se utilizó un diseño de parcelas apareadas para comparar dos tratamientos (bokashi con MM y un testigo) dentro de un mismo macrotúnel y así controlar la variabilidad local.

La información se analizó a través de la prueba de t-Student a un nivel de significancia del 5 %, utilizando el software estadístico InfoStat. El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$t = \frac{d}{Sd} \text{ Ecuación 1}$$

En donde:

t= valor de t-Student

d= promedio de diferencias de valores entre bokashi con MM y el tratamiento convencional.

Sd= error estándar de las diferencias.

El tamaño de cada parcela experimental fue de 26 m² y en cada localidad se establecieron dos parcelas experimentales ubicadas dentro del mismo macrotúnel. En la primera parcela experimental se utilizó el bokashi con MM y la segunda parcela experimental se utilizó el tratamiento testigo, en donde los agricultores le dieron el manejo convencional en cuanto a nutrición del cultivo de tomate (utilizaron Rootex, 15-15-15, Calcio Boro, Hidrocomplex, Bayfolan, nitrato de potasio, nitrato de calcio y K-fol).

Asimismo, se realizaron encuestas para determinar el grado de satisfacción de los agricultores, además mediante un grupo focal se obtuvieron las percepciones de 25 agricultores. De estos, 13 propietarios de parcelas experimentales y 12 agricultores más participantes en tres días de campo sobre el uso y resultados de la tecnología bokashi con MM. De estos agricultores.

Los investigadores y agricultores participaron activamente en el manejo del cultivo y en la toma de datos durante las cosechas. Además, es importante mencionar que esta investigación responde a un diagnóstico previo en donde participaron decenas de productores para determinar cuáles eran las principales problemáticas del cultivo de tomate en el occidente de Guatemala. Los tratamientos implementados en el estudios se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Porcentaje de materiales	Forma de aplicación
Bokashi con MM	Estiércol de gallina (30%), tierra común (25%), paja seca (20%), tierra de floresta virgen (10%), ceniza (7%), carbón vegetal (4%), salvado de maíz (4%), panela (1 L/45 kg de materia orgánica), leche (0.25 L/45 kg de materia orgánica), levadura (15 g/45 kg de materia orgánica).	<ul style="list-style-type: none"> • 10 días antes del trasplante (DAT), 125 g por planta. • 10 días después del trasplante (DDT), 125g por planta. • 25 DDT, 125g por planta. • 40 DDT, 125g por planta.
	Microorganismos de montaña activados al 10 %, 1 L/30 kg materia orgánica, aplicado al momento de la elaboración del bokashi y 5 días después del mismo	<ul style="list-style-type: none"> • 55 DDT, 125g por planta. • 70 DDT, 125g por planta. <p>Microorganismos de montaña activados al 5 % en dos momentos: 1) 10 DAT, sobre el abono y 2) el día del trasplante, rociados directamente sobre las plántulas.</p>
Testigo o convencional	Este tratamiento consistió en la fertilización que comúnmente utilizan los agricultores de las localidades experimentales, como: Rootex, 15-15-15, Calcio Boro, Hidrocomplex, Bayfolan, nitrato de potasio, nitrato de calcio y K-fol)	

Nota: El tratamiento fueron adaptados de López et al. (2018).

Finalmente, durante esta investigación, debido a que es una validación, se capacitó a los agricultores para que ellos generaran las aplicaciones, mientras

el investigador brindó acompañamiento técnico para resolver dudas y en la toma de datos.

Resultados y discusión

La Tabla 2 presenta los resultados del análisis estadístico del rendimiento en kilogramos por hectárea, cantidad de frutos por hectárea, peso promedio de frutos y sobrevivencia de plántulas después del trasplante. En general, los resultados dan evidencia de la superioridad del bokashi con MM sobre el tratamiento de fertilización convencional.

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones realizadas en México por Santoyo et al., (2025), que reportó el aumento en tamaño del fruto del tomate al utilizar bokashi, mientras que Gao et al., (2023) identificó mejoras en rendimiento. Además, Galarza Aguirre et al. (2025), Zhang et al. (2024) y Vásquez et al. (2024), indican que las condiciones del bokashi se mejoran al agregar microorganismos eficientes. También, las investigaciones de Shi et al. (2024) y Phooi et al. (2024) indican que el bokashi mejora las condiciones de los suelos.

Tabla 1
t-Student para variables de respuesta.

Variable	N	Media (dif)	Media 1	Media 2	DE (dif)	LI 95 %	LS 95 %	T	Bilateral = p-valor
Rendimiento en kg/ha	13	24 958.09	106 561.74	81 603.65	23 181.55	10 949.62	38 966.55	3.88	0.0022
Rendimiento de primera en kg/ha		18 651.47	64 851.02	46 199.55	17 739.44	7 931.63	29 371.30	3.79	0.0026
Rendimiento de segunda en kg/ha		4385.92	28 991.52	24 605.60	8 201.15	-569.98	9 341.82	1.93	0.778
Rendimiento de tercera en kg/ha		-113.94	12 719.20	12 833.14	3 361.21	-2 145.11	1 917.22	0.12	0.9047
Cantidad de frutos por ha		256 490.49	2 087276.94	1 830 786.46	389 867.15	208 96.14	492 084.83	2.37	0.0353
Cantidad de frutos de primera por ha		205 139.58	849 886.61	644 747.04	25 8471.65	48 946.74	361 332.41	2.86	0.0143
Cantidad de frutos de segunda por ha		65 364.14	653 603.38	588 239.24	187 561.06	-47 977.87	178 706.14	1.26	0.2328
Cantidad de frutos de tercera por ha		-14 013.23	583 786.95	597 800.18	141 414.77	-99 469.31	71 442.85	-0.36	0.7271
Peso promedio de frutos en general		6.07 g	53.07 g	47.00 g	3.89	3.72	8.42	5.62	0.0001
Peso promedio de frutos de primera		6.33 g	75.99 g	69.66 g	7.23	1.96	10.70	3.16	0.0082
Peso promedio de frutos de segunda		5.19 g	46.57 g	41.37 g	6.88	1.03	9.35	2.72	0.0186
Peso promedio de frutos de tercera		2.65 g	24.64 g	21.99 g	6.15	-1.07	6.37	1.55	0.1468
Plantas sobrevivientes al trasplante		3082.09	28441.72	25359.63	3082.09	28441.72	25359.63	4.18	0.0013

Notas: 1) L media 1 hace referencia al tratamiento de bokashi con MM y la media 2 hace referencia al tratamiento convencional o testigo. 2) Las celdas sombreadas hacen referencia a las variables que mostraron diferencia estadísticamente significativa.

El análisis estadístico presentado en la Tabla 2, indica diferencias significativas entre los tratamientos para varias de las variables en estudio. En cuanto al rendimiento total, se obtuvo un valor de $p=0.0022$, evidenciando diferencias estadísticas. El tratamiento con bokashi más MM produjo 24 958.09 kg/ha, superiores a los tratamientos de fertilización convencional, lo que coincide con los resultados mostrados por López et al. (2018) y Gao et al. (2023).

Asimismo, estudio sobre la fertilización orgánica realizado por Abubaker et al. (2024), reportó que el uso de té de compost incrementó el rendimiento del cultivo de tomate y el CENTA (2011) señala que los nutrientes que se obtienen de la fermentación de la materia orgánica contienen macro y micronutrientes que pueden formar un abono superior a los fertilizantes químicos.

Existen diferencia significativa entre los rendimientos de primera, segunda y tercera, parámetros útiles para los agricultores, por el tiempo invertido para seleccionar frutos de diferentes tamaños para obtener precios diferenciados. En el rendimiento de primera obtuvo un valor de $p=0.0026$, siendo el tratamiento bokashi con MM que presentó mayor rendimiento con 64 851.02 kg/ha, mientras los tratamientos convencionales obtuvieron 46 199.55 kg/ha. Oldfield et al. (2019) atribuye este resultado al aumento de carbono orgánico generado por el bokashi con MM, cuyo efecto tiene una relación directa con el rendimiento de los cultivos. Mientras que, Santoyo et al. (2025) indica que agregar bokashi al cultivo de tomate mejora el tamaño de los frutos. Por otro lado, el rendimiento de segunda y tercera no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados anteriores son similares a los hallazgos de López et al. (2018), al usar bokashi con MM obtuvieron mejoras en tamaño y peso promedio de frutos en comparación a los obtenidos con el tratamiento químico o convencional. Estos resultados se ven acompañados de mejoras en las propiedades químicas del suelo (López et al., 2018 y Gao et al., 2023). No obstante, en la investigación realizada por Tong et al., (2021) encontraron que al utilizar bokashi en sustratos alternativos como medios hidropónicos, se obtienen rendimientos menores a los tratamientos convencionales, por lo que esto puede ser una limitante, sugiriendo que la efectividad del tratamiento depende del sistema de producción.

En cuanto a cantidad de frutos por hectárea, también existieron diferencia estadísticamente significativa ($p=0.0353$) en el tratamiento de bokashi con MM, con un aumento de 256 490.49 frutos/ha respecto a los tratamientos convencionales. La diferencia estadística también se reflejó en la cantidad de frutos de primera ($p=0.0143$). Evidentemente, las diferencias en la cantidad de frutos de tomate producidas por ambos tratamientos se observaron principalmente en los frutos de primera calidad. Por el contrario, no existe diferencias significativas en los frutos de segunda y tercera calidad.

El peso promedio de frutos también presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.0001$). El tratamiento bokashi con MM produjo frutos con pesos promedios de 53.07 g, mientras los tratamientos convencionales produjeron frutos con un peso medio de 47.00 g. Además, existen diferencias

entre los frutos de primero y segunda calidad, mientras los de tercera no son existe diferencias significativas ($p=0.1468$). Resultados similares fueron reportados por Abubaker et al. (2024) aunque ellos experimentaron aumentos en el tamaño de los frutos con la aplicación de té de compost.

El resultado guarda relación con lo descrito por Hata et al., (2023), quienes señalan que el bokashi en comparación a otros fertilizantes orgánicos, posee la capacidad de aumentar el diámetro de los frutos de tomate, sin embargo, Bernabé et al., (2019) comentan que la longitud de los frutos de tomate depende de los materiales con los que se elabora el bokashi.

Al relacionar la cantidad y el peso promedio de frutos en la Tabla 2, es notorio que la diferencia en rendimientos totales en kg/ha entre tratamientos responde a la cantidad y peso de los frutos de primera. Es decir, el bokashi con MM produce una mayor cantidad de frutos de mejor tamaño que los tratamientos convencionales. Para entender las diferencias en rendimiento, López et al., (2018) indican que los fertilizantes altamente solubles utilizados principalmente bajo la fórmula N, P y K, no pueden nutrir de manera adecuada al cultivo de tomate, mientras, el bokashi con MM contiene macro y micronutrientes necesarios y posee microorganismos que optimizan propiedades químicas del suelo como la Capacidad de Intercambio Catiónico y el pH, asimismo, ponen en disponibilidad nutrientes de los coloides. Aunado a lo anterior, Restrepo y Hensel (2009) consideran que sin importar las cantidades de nutrientes que se le apliquen al suelo, al no existir una actividad microbiana, el suelo no será fértil.

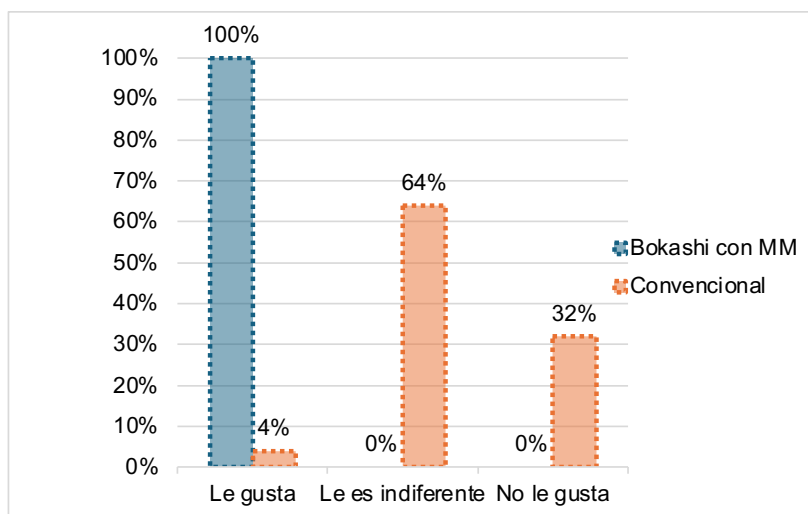
López et al., (2018) mencionan que, en comparación al tratamiento convencional, el bokashi con MM genera rendimientos más altos, mayor cantidad de frutos y mejor peso promedio por fruto. Eso se reafirma en esta investigación. Entre las razones, se considera que agregar microorganismos eficientes y melaza se mejora la calidad del bokashi y aumenta la disponibilidad de nutrientes al suelo (Galarza Aguirre et al., 2025 y Vásquez et al., 2024).

La sobrevivencia de plántulas siempre es un factor crítico para el cultivo de tomate, principalmente en parcelas con déficit hídrico, lo que ha hecho común la aplicación de hormonas que colaboren con el enraizamiento efectivo. Por ello, se comparó la sobrevivencia de plántulas y de acuerdo con la Tabla 2, el bokashi con MM fue superior estadísticamente al tratamiento convencional con una media de 3 082.09 plantas/h ($p= 0.0013$) Olle (2020) indica que, al aplicar té de bokashi a los trasplantes de tomate se aumenta el diámetro del tallo y permite que las plantas absorban más nutrientes, aunque cabe aclarar, que el bokashi probado por Olle fue a base de residuos de alimentos. Por su parte, Vásquez et al., (2024) señala que los bioinsumos fermentados mejoran el desarrollo radicular, lo que influye en la sobrevivencia de las plántulas.

Se resalta el bokashi con MM es una tecnología sostenible y superior a la nutrición convencional, que se adecua a las necesidades de pequeños y medianos productores. Sin embargo, es de alta importancia conocer la opinión de los productores sobre la tecnología para pronosticar su adopción. Por ello, a través de encuestas y un grupo focal se midió el nivel de satisfacción del agricultor, ya que, algunas tecnologías desarrolladas pueden considerarse promisorias para técnicos o investigadores, pero se deja al lado la opinión, cultura y preferencias del agricultor, lo que desencadena una serie de complicaciones o el fracaso en la adopción. En respuesta a lo anterior, se generó un breve análisis descriptivo de las percepciones de los agricultores sobre las tecnologías utilizadas, esto se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Percepciones de los agricultores sobre el bokashi con MM y el tratamiento convencional o químico.



La Figura 1 indica que el 100 % de los agricultores consultados les gustó la forma de uso y resultados del bokashi con MM, mientras, respecto al tratamiento convencional o químico, al 6 % le gustó el uso y resultados, al 64 % le fue indiferente y al 32 % no le gustó dicho tratamiento, aunque lo utilizan por falta de opciones.

El bokashi con MM es una tecnología que fue ampliamente aceptada por los productores, por su mayor rendimientos y percepción de mayor rentabilidad (aunque no se discute en este artículo), comentarios relevantes de los agricultores sobre que el bokashi con MM “le dio fuerza al suelo”. Al respecto Reyes et al. (2025), indica que el bokashi no se limita a la nutrición, además, recupera suelos, un aspecto clave para la agricultura.

Los agricultores también comprendieron de mejor manera las problemáticas principalmente climáticas y de daño al suelo por el uso de agroquímicos. Sin embargo, aunque se valora la recuperación de las condiciones del suelo y es una respuesta al cambio climático, los productores le dan un valor mayor al tema de rentabilidad, puesto que muchos dependen exclusivamente de sus cultivos y las extensiones de tierra que poseen son pequeñas.

Por medio del grupo focal, se identificó entre las dificultades para el manejo del bokashi con MM por parte de los agricultores, se encontraron las siguientes: falta de control en días calendario para las aplicaciones, consideraciones personales de los agricultores sobre el momento de detener las aplicaciones, el temor que causa la incertidumbre del rendimiento con una nueva tecnología y la falta de oferta en el mercado del bokashi con MM.

Respecto a este último factor, se han generado diversos proyectos sobre elaboración de compost o bokashi con grupos de agricultores por parte de organismos no gubernamentales, sin embargo, al momento de finalizar los proyectos o la asistencia técnica, las personas no continúan con la elaboración de los fertilizantes orgánicos, dado que estos no se vinculan a procesos de largo plazo y porque los agricultores dedicados al cultivo de hortalizas prefieren la compra de insumos en lugar de la elaboración de los mismos.

Hubo variables no evaluadas estadísticamente, pero fueron valoradas por los agricultores de acuerdo con sus observaciones, cómo: ampliación de la tolerancia a plagas y enfermedades como *Fusarium ssp.* y *Ralstonia ssp.*, buena producción en suelos arcillosos, mejoras en la humedad del suelo, maduración simultánea de los frutos, mejor llenado de frutos, frutos más grandes y aunque las cosechas no se certifican como orgánicas, los productores reportaron que al mencionar que se cultiva con fertilizantes orgánicos tiene mejor aceptación por parte de consumidores finales, dada la preocupación de daños a la salud por injerir agroquímicos durante el consumo de hortalizas. Estas valoraciones pueden servir como hipótesis para proyectos de investigación participativa futura.

Las percepciones de los agricultores participantes del estudio, sobre el bokashi con MM pronostica una buena aceptación de la tecnología por parte de otros agricultores. Sin embargo, las mismas se generaron hasta después de ver los resultados en campo. Antes de la validación, en mayoría los agricultores no confiaban en el bokashi con MM, algunos consideraban incluso que sería una pérdida de tiempo. Esto reafirma la importancia de los procesos participativos en la investigación y aunque se tuvo opinión favorable de todos los agricultores participantes en el estudio, se debe considerar que para la transferencia se deben plantear estrategias de acompañamientos por lapsos largos e iniciar con la creación de parcelas demostrativas acompañadas durante todo el proceso por los agricultores, para que ellos puedan evidenciar los resultados y así aumentar la probabilidad de adopción del bokashi con MM.

El alto nivel de aceptación del bokashi con MM demuestra que el modelo de investigación es replicable mediante programas de extensión universitaria y redes comunitarias. Este modelo permite evaluar variables agronómicas y fortalecer capacidades locales, mientras se promueven prácticas sostenibles y se fortalece la relación entre investigación académica y producción agrícola familiar. Estos resultados son similares a los de Gómez et al., (2024) y Oberson et al., (2024), quienes indican que la participación del agricultor directamente en el desarrollo de la investigación mejora las probabilidades de adopción de la tecnología evaluada. Incluso, Martine et al., (2025), señala que la cocreación de conocimiento entre comunidades y academia, no solo aumenta las habilidades, sino, puede aumentar la rentabilidad de los agricultores.

Conclusiones y recomendaciones

En el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas, el bokashi con MM tuvo resultados superiores en comparación al tratamiento convencional en: rendimiento general en kg/ha, rendimiento de primera en kg/ha, cantidad de frutos de tomate en general, cantidad de frutos de primera, peso promedio de frutos de tomate en general, peso promedio de frutos de primera, peso promedio en frutos de segunda y en la sobrevivencia de plántulas de tomate después del trasplante.

Al inicio de la validación no hubo mucha confianza por parte de los agricultores en el uso de bokashi con MM, sin embargo, después de su uso en campo y los resultados obtenidos, los agricultores mostraron opiniones favorables para el uso de la tecnología validada e iniciaron a utilizar la tecnología en parcelas que no fueron parte de la investigación, incluso, empezaron a experimentar en otros cultivos. Por ende, la participación de los agricultores en procesos de validación es clave para la adopción futura de las tecnologías.

Tanto en variables agronómicas como en percepciones del productor, el bokashi con MM fue exitoso, entonces, al ser esta una tecnología validada exitosamente, debe haber un rol protagónico en su transferencia por parte del sector público, instituciones agrarias, organizaciones no gubernamentales y la academia. Incluso, esta transferencia se convierte en una herramienta para acercar a la academia con la sociedad, principalmente con los agricultores, pues ante la falta de cobertura de extensionistas agrícolas del Estado en el sector rural de Guatemala, las empresas de agroquímicos han ocupado ese espacio y promueven cada vez más el uso de sus insumos. Esta transferencia puede promoverse en las prácticas o ejercicios profesionales supervisados de educación media y educación superior del sector público y privado.

La tecnología bokashi con MM ha sido validada con éxito en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en el occidente de Guatemala, por lo tanto, se recomienda que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA),

organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas puedan iniciar con la transferencia de dicha tecnología, a través de escuelas de campo (altamente participativas), comités de investigación agrícola local o red de investigación de agricultores, parcelas demostrativas bajo en el enfoque de prueba madre-bebé adaptada, por medio de prácticas profesionales supervisadas y otras. También, se recomienda que se investigue el efecto de esta tecnología en el cultivo de otros vegetales.

La academia a través de la transferencia de tecnologías validadas científicamente, poseen la oportunidad de impactar de manera real y positiva en la sociedad y reforzar la relación entre la academia y los agricultores. Esto debe abordarse a través de prácticas o ejercicios profesionales supervisados, orientándose en una estrategia a largo plazo, iniciando con el establecimiento de parcelas demostrativas.

Agradecimientos

El financiamiento de la investigación fue gestionado por el IICA a través del Programa CRIA y la investigación fue apoyada por la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas de Cuba.

Referencias bibliográficas

- Abubaker, S., Qrunflesh, I., Shatnawi, M., Ammari, T. G., Hasan, H. y Al Tawaha, A. R. (2024). The Effect of Compost Tea on Some Growth and Yield Parameters of Greenhouse Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 25(6), 362-370. <https://doi.org/10.12912/27197050/187838>
- Alfonso M., F. L., y Toro Suárez, I. (2010). Riesgo ambiental por el uso de agroquímicos. *Colombia. Inventum*, 5(9). 32 – 41. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.5.9.2010.32-41>
- Ávila Villegas, C.L. y Olvera Granados, L.A. (2006). Estudio de factibilidad para la elaboración de abono orgánico fermentado de tipo bokashi. (Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/items/859c7d15-dd92-4b75-9629-77b6e56aaa0b>
- Baltodano Hernández, P. (2002). Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bokashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento. (Tesis. Universidad de Costa Rica). 39 p. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/handle/123456789/1013>
- Bernabé, M. L., Legaspi, S. J. y Sarimong, R. T. (2019). Performance of Tomato Applied with Bokashi Using Various Substrates. *CAPSU Research Journal*. 31(1), 32-38. <https://rde.capsu.edu.ph/researchjournal/index.php/crj/article/view/11>
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2011). Elaboración y uso de bocashi. FAO El Salvador.
- Ellis, E. y Paustian, K. (2024). Importance of on-farm research for validating process-based models of climate-smart agriculture. *Carbon Balance and Management*, 19 (16), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00260-6>
- Erdal, I., Ekinci, K., Kumbul., B. S. y Mandeli, E. C. (2025). Effect of Dairy Manure Derived Bokashi Prepared From Different Mixtures on Lettuce Growth and Mineral Nutrition. *Jorunal of Soil Science and Plant Nutrition*, 25, 2923-2936. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02309-y>
- Galarza Aguirre, E. S., Ruiz Parrales, Y., Pazmiño Pérez, Álvaro M., y Vásquez Cortez, L. H. (2025). Efecto de consorcios microbianos en la formulación de bokashi a partir de residuos del cultivo de banano (*Musa* sp.): Calidad fisicoquímica y valor agronómico. *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, 10(3). 1-13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18100270>

- Gao, F. Li, H. Mu, X. Gao, H. Zhang, Y. Li, R. Cao, K. y Ye, L. (2023). Effects of Organic Fertilizer Application on Tomato Yield and Quality: A Meta-analysis. *Applied Sciences*, 13(4), 2184. <https://doi.org/10.3390/app13042184>
- Gómez, M., Humphries, S., Classen, L., Jiménez, J., Sierra, F., y Gómez, R. (2024). Advancing the Sustainable Development Goals through participatory research: Long-term impacts of farmer participation on sustainable land use and livelihoods in Honduras. *Agriculture & Food Security*, 13(61), 1.15. <https://doi.org/10.1186/s40066-024-00513-0>
- Hata, F. T., Ursi Ventura, M., de Freitas Fregonez, G. A., y de Lima, R. F. (2021). Bokashi and tomato production: effects on fruit production and diameter. *Horticulturae*, 7(2), 27. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7020027>
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). (2010). Manual de elaboración de abonos orgánicos sólidos tipo compost. ICTA.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). (2020). Boletín ICTA – Enero 2020: Investigación para el desarrollo agrícola. ICTA.
- Kruker, G., Guidi, E. S., da Silva dos Santos, J. M. S., Mafra, Á. L. y de Almeida, J. A. (2023). Quality of Bokashi-Type Biofertilizer Formulations and Its Application in the Production of Vegetables in an Ecological System. *Horticulturae*, 9(12), 1314. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121314>
- Mexicano Santoyo, L., Medina Saavedra, T., Martínez Ayala, N., Arroyo Figueroa, G., Mexicano Santoyo, A., y Carmona Frausto, J. C. (2025). Use of Two Types of Bokashi and their Effect on Tomato Fruit Quality Variables. *Agricultural Development*, 10(4), 85-90. <https://doi.org/10.55220/25766740.v10i4.400>
- Milagrosa, S. P. y Balaki, E. T. (2003). Influence of Bokashi Organic Fertilizer and Effective Microorganisms (EM) on Growth and Yield of Field Grown Vegetables. Benguet State University, Philippines.
- López Velásquez, E.B., Montejo Sierra, I.L., Orozco, L.A. y Méndez, J.M. (2018). Tomate: evaluación de fuentes materia orgánica, para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel en dos localidades del departamento de San Marcos, Guatemala. IICA. https://cria.iica.int/system/files/files/2024-02/InformeFinal_TomateMateriaOrga%CC%81nica_Leonel%20Orozco.pdf
- Martine, J. M., Sanga, C. A., y Nyinondi, P. S. (2025). Knowledge and innovation co-creation initiatives between Sokoine University of Agriculture and neighboring farming communities in Tanzania. *African Quarterly Social Science Review*, 2(4), 117-128. <https://doi.org/10.51867/AQSSR.2.4.27>

- Martínez, M. (2016). Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate occidente de Guatemala. Grupos Gestores.
- Oberson, N., Moussa, H. O., Aminou, A. M., Kidane, Y. G., Luo, J. N., Giuliani, A., Weltzien, E., y Haussmann, B. I. G. (2024). Participatory research at scale: A comparative analysis of four approaches to large-scale agricultural technology testing with farmers. *Outlook on Agriculture*, 53(4) 320-335. <https://doi.org/10.1177/00307270241295763>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2010). Seguridad y salud en la agricultura. OIT.
- Oldfield, E. E., Bradford, M. A., y Wood, S. A. (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL*, 5, 15-32. <https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>
- Olle, M. (2020). The improvement of the growth of tomato trasplants by bokashi tea. *Journal of Agricultural Science* 1(31), 70-73.
- Phooi, C. L., Azman, E.A. y Ismail, R. (2022). Role of Organic Manure Bokashi Improving Plant Growth and Nutrition. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(4), 1478 -1484.
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F. y Cabrera, J. (2014). Bokashi abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90-97.
- Restrepo Rivera, J. (2007). El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. SIMAS.
- Restrepo Rivera, J. y Hensel, J. (2009). Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. Feriva.
- Reyes, Medina, G., Moreno, A., y Encalada, M. (2025). Contenido de macronutrientes y micronutrientes en abono tipo bocashi elaborado en la región amazónica ecuatoriana. *Sapiens Discoveries International Journal*, 3(1), 1-13.
- Shi, T.-S., Collins, S. L., Yu, K., Peñuelas, J., Sardans, J., Li, H. y Ye, J. S. (2024). A global meta-analysis on the effects of organic and inorganic fertilization on grasslands and croplands. *Nature Communications*, 15, 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47829-w>

- Tong, R. C., Whitehead, C. S. y Fawole, O. (2021). Effects of Conventional and Bokashi Hydroponics on Tomato Growth and Yield. *Plantas Basilea*, 10(7), 1-13. <https://doi.org/10.3390/plants10071281>
- Urra, J., Alkorta, I., Lanzén, A., Mijangos, I. y Garbisu, C. (2019). The application of fresh and composted horse and chicken manure and bokashi: impacts on agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 135, 73-84.
- Vásquez, L. H., Alvarado, K., Intriago, F., Vera, J., Raju, N., y Prasad, R. (2024). Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discover Food*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>
- Zhang, Z., Gu, Y., Wang, S., Zhen, Y., Chen, Y., Wang, Y., Mao, Y., Meng, J., Duan, Z., Xu, J. y Wang, M. (2024). Effective microorganism combinations improve the quality of compost-bedded gpack products in heifer barns: exploring pack bacteria-fungi interaction mechanisms - *BMC Microbiology*-. 24, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03447-6>