

Bokashi con MM:

Una alternativa para la
nutrición de tomate bajo
condiciones protegidas

Benjamín López e Iván Montejo



2020







CRIA Occidente

Agrocadena de Tomate

Bokashi con microorganismos de montaña (MM): una alternativa para la nutrición del tomate bajo condiciones protegidas

Autores:

Investigador principal: Eduardo Benjamín López Velásquez

Investigador asociado: Iván Lenin Montejo Sierra

Auxiliar de campo: Cristian Aldair Vásquez Mazariegos

Guatemala, enero del 2020

Personas e instituciones que colaboraron en la validación

Municipalidades

San Pedro Sacatepéquez,
San Marcos
San Marcos, San Marcos
Esquipulas Palo Gordo, San
Marcos
San Antonio Sacatepéquez,
San Marcos
Tejutla, San Marcos
Palestina de los Altos,
Quetzaltenango
San Juan Ostuncalco,
Quetzaltenango

Técnicos

Madin Lucio Quiché López
Wilson Carreto
Edvin Orlando Delgado
Luis
Oscar López
Cristian Frank Fuentes
López
Christian de León López
Otoniel Santiago

Productores

Balvino Eugenio Pérez
Ovel Morales
Roxana Suleyma López
Rodolfo Fuentes
Brenda Nátaly Tepeu
Lester Andrés López
Mercedes Dominga Dionicio
Catalina Sofía Velásquez
Yolanda Josefina Escobar
Sandra Maribel Bautista
Anderson Misael Ramos
Rosa Marina Bautista
Audilio Filiberto Arreaga
Maura Cabrera
Marco Tulio Ramírez
Godolfino Belisario de León
Marco Antonio de León
Mercedes Carmelina Fuentes
Francisco Cristino de León
Epifanio Melchor Marroquín
Ángel Pérez Méndez
Merza Gloria López





Este proyecto fue ejecutado con el apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de las instituciones a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.





El esfuerzo, se lo dedico con el amor más puro de mi ser, a la memoria de Benjamín Venancio Velásquez, a María González y a todos quienes luchan por el vivir espléndido de Mesoamérica.

Benjamín López

Agradezco al Formador, por brindarme la oportunidad y consejo para el desarrollo de una alternativa agrícola de beneficio humano común, que respeta y contribuye a la protección de la Madre Tierra.

Agradezco profundamente a los agricultores, técnicos y municipalidades que aún con dudas se atrevieron y permitieron que la validación se llevara a cabo dentro de sus parcelas y municipios.

Agradezco a la Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas de Cuba, por reforzar el tema de los microorganismos de montaña y mantener una apertura permanente al diálogo sobre temas científicos. Y, al Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por permitirme formar parte del equipo de investigación.

Y desde ya, le agradezco a todas las personas que tomarán parte de su valioso tiempo para leer este estudio y lo difundirán hasta en la comunidad más alejada, donde justamente hay alguien esperando por alternativas para una agricultura sana y rentable.

Benjamín López

Índice

Índice de cuadros

Índice de figuras y fotografías

Título

Resumen

Title

Abstract

1- Introducción	1
2- Marco teórico	2
2.1- Marco referencial	2
2.1.1- Teoría de la Fertilidad del suelo.	2
2.1.2- Importancia de la validación.	3
2.1.3- Necesidad de proyectos de validación en la agrocadena de tomate del occidente de Guatemala.	3
2.1.4- Importancia de la materia orgánica.	4
2.1.5- Sobre los microorganismos de montaña (MM).	4
2.1.6- Generalidades de abonos orgánicos.	4
2.1.7- Antecedentes y ventajas del bokashi.	5
2.1.8- Generalidades del tomate.	6
2.1.8.1- Hábitos de crecimiento.	6
2.1.8.2- Fenología del cultivo de tomate.	7
2.1.8.3- Requerimientos de nutrientes.	7
2.1.8.4- Valor nutritivo	8
2.1.9- Tecnología a validar.	8
2.2- Marco conceptual	11
2.2.1- Validación.	11
2.2.1.1- Validación simple o múltiple.	11
2.2.1.2- Validación prospectiva y retrospectiva.	11
2.2.2- Materia orgánica.	12
2.2.3- Microorganismos de montaña (MM).	12
2.2.4- Abonos orgánicos.	12
2.2.5- Bokashi.	12
2.2.5.1- Fuentes primarias de materia orgánica para la elaboración de abonos tipo bokashi.	13
2.2.5.1- Factores que afectan el proceso de elaboración de bokashi.	14
3- Objetivos	15
3.1- General	15
3.2- Específicos	15
4- Hipótesis estadísticas	15

5- Metodología	15
5.1- Materiales	15
5.2- Localidad y época	16
5.2.1- Descripción de las unidades de investigación.	16
5.3- Tamaño de la parcela prueba	17
5.4- Comparación de muestras	17
5.5- Distribución del experimento	17
5.6- Tratamientos	17
5.6.1- Tecnología a validar: bokashi con MM.	17
5.6.1.1- Tamaño de la partícula del bokashi.	19
5.6.1.2- Humedad del bokashi.	19
5.6.1.3- Volteo del bokashi.	19
5.6.1.4- Temperatura del bokashi.	19
5.6.1.5- pH del bokashi.	19
5.6.1.6- Relación carbono/nitrógeno.	19
5.6.1.7- Local para bokashi.	19
5.6.2- Testigo o tratamiento convencional.	19
5.7- Modelo estadístico.	20
5.8- Variables de respuesta	20
5.9- Análisis de la información	20
5.9.1- Análisis Económico.	21
5.9.1.1- Presupuesto parcial	21
5.9.1.2- Análisis marginal	21
5.9.1.3- Variabilidad	22
5.10- Manejo de las parcelas de prueba	22
5.10.1- Elaboración de bokashi con MM	22
5.10.2- Trazado de parcelas de prueba.	23
5.10.3- Identificación de parcelas	23
5.10.4- Análisis de suelos	23
5.10.5- Análisis de abono orgánico	23
6- Resultados	23
6.1- Rendimiento	23
6.1.1- Kg/ha	26
6.1.1.1- Kilogramos totales por ha	26
6.1.1.2- Kilogramos de primera, segunda y tercera por ha	27
6.1.2- Cantidad de frutos	29
6.1.2.1- Cantidad total de frutos por ha	29
6.1.2.2- Cantidad de frutos de primera, segunda y tercera por ha	29
6.1.3- Peso de frutos	30
6.1.3.1- Peso promedio de frutos en general	30
6.1.3.2- Peso promedio de frutos de primera, segunda y tercera	33

6.1.4-	Otros datos interesantes _____	34
6.1.4.1-	Plantas/ha que sobreviven al trasplante _____	34
6.1.4.2-	Plantas/ha enfermas _____	35
6.2-	Rentabilidad _____	37
6.2.3-	Presupuesto parcial y análisis marginal _____	37
6.2.1-	Análisis de sensibilidad _____	40
6.3-	Opinión y comportamiento del productor _____	43
6.3.1-	Pautas etnoagrícolas _____	44
7-	Conclusiones _____	49
8-	Recomendaciones _____	50
9-	Referencias bibliográficas _____	51
Anexos	_____	55
Anexo 1: Cambios químicos del suelo donde se cultiva tomate diferenciado por la fertilización: agroquímicos y bokashi a base de estiércol de gallina con MM. ____		
		55
Anexo 2: Análisis de suelo de las parcelas donde se realizó la validación del bokashi con MM. _____		
		57
Anexo 3: Análisis de suelo de las parcelas donde se realizó la validación del bokashi con MM. _____		
		58
Anexo 4: Galería Fotográfica. _____		
		59

Índice de cuadros

Cuadro 1: Contenido nutricional del bokashi con MM elaborado con materia orgánica del departamento de San Marcos	6
Cuadro 2: Clasificación taxonómica del tomate	6
Cuadro 3: Extracción de fertilizantes por el cultivo de tomate	8
Cuadro 4: Valor nutritivo del tomate en 100 g de porción comestible.	8
Cuadro 5: Comparación nutricional entre frutos producidos con bokashi con MM y agroquímicos (testigo químico) en dos localidades del departamento de San Marcos	10
Cuadro 6: Localidades donde se realizó el estudio	16
Cuadro 7: Distribución de tratamientos por localidades	17
Cuadro 8: Tratamientos, materiales y aplicaciones de bokashi	18
Cuadro 9: Datos de kilogramos por ha	23
Cuadro 10: Datos de cantidad de frutos por ha	24
Cuadro 11: Datos de peso promedio frutos	25
Cuadro 12: t-Student para kilogramos totales por ha	26
Cuadro 13: t-Student para kilogramos de primera por ha	27
Cuadro 14: t-Student para kilogramos de segunda por ha	28
Cuadro 15: t-Student para kilogramos de tercera por ha	29
Cuadro 16: t-Student para cantidad total de frutos por ha	29
Cuadro 17: t-Student para cantidad de frutos de primera por ha	29
Cuadro 18: t-Student para cantidad de frutos de segunda por ha	30
Cuadro 19: t-Student para cantidad de frutos de tercera por ha	30
Cuadro 20: t-Student para peso promedio de frutos en general	30
Cuadro 21: t-Student para peso promedio de frutos de primera	33
Cuadro 22: t-Student para peso promedio de frutos de segunda	33
Cuadro 23: t-Student para peso promedio de frutos de tercera	33
Cuadro 24:35 t-Student para cantidad de plantas que sobrevivieron al trasplante	35
Cuadro 25: t-Student para cantidad de plantas enfermas a los 60 días después del trasplante	36
Cuadro 26: Presupuesto parcial	38
Cuadro 27: Análisis de residuos	40
Cuadro 28: Análisis de sensibilidad	41
Cuadro 29: Rentabilidad	42

Índice de figuras y fotografías

Figura 1: etapas fenológicas del tomate.	7
Figura 2: Rendimientos comparativos en la utilización de distintitos bokashis, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto.	9
Figura 3: Cantidad de frutos por plantas comparativos en la utilización de distintos bokashis, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto.	9
Figura 4: Cambios de la CIC en el suelo donde se usaron bokashi a base de estiércol de gallina con MM, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto.	11
Fotografía 1: Diferenciación de cosechas en parcela de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo. Producción del bokashi con MM versus el tratamiento convencional.	27
Fotografía 2: Clasificación del tomate según tamaño y peso, en parcela de Armenia, Tejutla.	28
Fotografía 3: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de La Victoria, San Juan Ostuncalco.	31
Fotografía 4: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de Cuyá, Tejutla.	31
Fotografía 5: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de Armenia, Tejutla	32
Fotografía 6: Diferencia en el desarrollo de plántulas del bokashi con MM y el tratamiento convencional, en la parcela de Los Marroquín, Palestina de los Altos	35
Figura 5: Precios por kg de tomate en plazas de Quetzaltenango y San Marcos durante el año 2019.	37
Figura 6: Boleta de evaluación de preferencia de tecnologías.	43
Figura 7: Niveles de preferencia de tecnologías.	44
Fotografía 7: Elaboración de insumos para bokashi con MM en Cuyá, Tejutla, San Marcos.	46
Fotografía 8: Adopción del bokashi con MM en invernaderos de tomate de Los Marroquín, Palestina de los Altos, Quetzaltenango.	47
Fotografía 9: adopción del bokashi con MM en cultivo de papa Loman en Las Lagunas, San Marcos, San Marcos.	47
Fotografía 10: Bokashi con MM.	48

Siglas y acrónimos

ACI	Agricultura Climáticamente Inteligente
Bokashi con MM	Bokashi con Microorganismos de Montaña
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CRIA	Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria
EMPOTREC	EM Producción y Tecnología S.A., Costa Rica
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala
MM	Microorganismos de Montaña.
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Título

Bokashi con microorganismos de montaña (MM): una alternativa para producción de tomate bajo condiciones protegidas

Eduardo Benjamín López Velásquez¹

Iván Lenin Montejo Sierra²

Resumen

El texto presenta los resultados cuantitativos y cualitativos de validación del bokashi con MM o bokashi con microorganismos de montaña, en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango del occidente de Guatemala. Esta tecnología nutritiva ha sido desarrollada a partir de materiales locales de la y fundamentada en la acción de los microorganismos benéficos que de forma natural se encuentran en las montañas.

La tecnología se validó en respuesta a los problemas que persisten o se agravan con el uso de tratamientos convencional que contemplan una gran cantidad de agrotóxicos. Entre los problemas se puede mencionar; baja productividad y altos costos de producción del cultivo de tomate, riesgos a la salud de las familias agrícolas, dependencia y avance de la infertilidad de los suelos por uso excesivo de agroquímicos.

Bajo las condiciones reales de los agricultores se comparó el bokashi con MM con los tratamientos convencionales de la región, por medio de un diseño experimental de parcelas apareadas. Dentro de la validación también se utilizó el método etnográfico, para entender y analizar las percepciones reales de los productores.

El objetivo de la validación es aportar a la sostenibilidad de sistemas productivos y a través de los resultados obtenidos en la investigación, se considera al bokashi como una alternativa con alto potencial de adopción, pues, en comparación a los tratamientos convencionales, el bokashi con MM por hectárea produce más en peso y cantidad de frutos, los frutos son más grandes, poseen mayor cantidad de proteínas y minerales, aumenta el pegue de plántulas al momento del trasplante, disminuye la incidencia de enfermedades, económicamente es más barato y genera más ganancias, y sobre todo, cuenta con la aceptación de los agricultores de la región.

Palabras clave: *agricultura climáticamente inteligente, bokashi con MM, microorganismos de montaña, nutrición orgánica, tomate.*

¹ Investigador principal. Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
eduardobenjaminlv@gmail.com

² Investigador adjunto. Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas de Cuba.
ivanlenin@nauta.cu

Title

Bokashi with mountain microorganisms (MM): an alternative for tomato production under protected conditions

Eduardo Benjamín López Velásquez³

Iván Lenin Montejo Sierra⁴

Abstract

The text presents the quantitative and qualitative results of validation of bokashi with MM or bokashi with mountain microorganisms, in tomato cultivation under protected conditions in the departments of San Marcos and Quetzaltenango in western Guatemala. This nutritive technology has been developed from local materials and based on the action of beneficial microorganisms that are naturally found in the mountains.

The technology was validated in response to problems that persist or are aggravated by the use of conventional treatments that contemplate a large number of pesticides. Among the problems can be mentioned; low productivity and high production costs of tomato cultivation, health risks of agricultural families, dependence and progress of soil infertility due to excessive use of agrochemicals.

Under the real conditions of the farmers, the bokashi was compared with MM with the conventional treatments of the region, by means of an experimental design of paired plots. Within the validation the ethnographic method was also used, to understand and analyze the real perceptions of the producers.

The objective of the validation is to contribute to the sustainability of productive systems and through the results obtained in the investigation, bokashi is considered as an alternative with high adoption potential, because, compared to conventional treatments, bokashi with MM for hectare produces more in weight and quantity of fruits, the fruits are larger, they have a greater amount of proteins and minerals, the seedling paste increases at the time of transplantation, the incidence of diseases decreases, economically it is cheaper and generates more profits, and Above all, it has the acceptance of farmers in the region.

Keywords: *climate-smart agriculture, bokashi with MM, mountain microorganisms, organic nutrition, tomato.*

³ Research principal. San Marcos University Center of the University of San Carlos de Guatemala.
eduardobenjaminlv@gmail.com

⁴ Research associate. Hatuey Indian Experimental Station of the Matanzas University of Cuba.
ivanlenin@nauta.cu

1- Introducción

El occidente de la República de Guatemala, desde hace unas 5 décadas atrás, se ha caracterizado por el alto uso de fertilizantes agroquímicos en parcelas productivas y el cultivo de tomate no es la excepción, definitivamente dicha situación está conduciendo, según Alfonso y Toro (2010) a la infertilidad de los suelos y problemas de salud por sustancias nocivas, además, de generar dependencia mayor a las grandes empresas de productos químicos. Sumado a esto, se ha formado la idea en los profesionales y los agricultores que no se puede producir sin fertilizantes químicos.

La problemática del excesivo uso de agroquímicos cada vez se agrava más, provocando efectos que repercuten directamente en la calidad de vida de los agricultores y sus familias, causando problemas sociales como la alta dependencia ideológica y de productos, serios daños a la ecología y a la salud humana, ya que la OIT (2010) hace referencia a que una de las causas más frecuentes de accidentes en la agricultura son los productos químicos peligrosos: plaguicidas, fertilizantes, antibióticos y otros productos veterinarios. Lo anterior, también genera un alto riesgo para los niños, ya que el mismo autor menciona que en los países en vías de desarrollo trabajan por lo menos 250 millones de niños entre 5 y 14 años y de ellos el 56 % trabajan en la agricultura.

Específicamente para el cultivo de tomate en la región occidental de Guatemala, Martínez (2016), determinó que entre los puntos críticos de la agrocadena de tomate se encuentra la baja productividad, altos costo de producción, baja rentabilidad y, además, alta dependencia de agroquímicos.

López Velásquez *et al.* (2018), desarrollaron un abono tipo bokashi a base de estiércol de gallina, materiales locales y microorganismos de montaña (MM), que fue utilizado en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas y presentó resultados que responden a la disminuida productividad, altos costo de producción, baja rentabilidad, mala calidad nutricional y alta dependencia de agroquímicos en la producción de tomate y, de igual forma, resalta la importancia de los abonos orgánicos para la mejora de propiedades químicas del suelo y disponibilidad de nutrientes. El abono descrito se nombró como *bokashi con MM*, ya que de esta manera fue fácilmente identificado por los agricultores, del mismo modo, varios productores optaron por llamarlo *xwich'il*, que en idioma maya mam, significa recoger hongos.

Aunque lo anterior se presenta como una buena tecnología o alternativa, era indispensable agotar la etapa de validación, saliendo de las estaciones experimentales para conocer opiniones y entender actitudes de los productores en respuesta al bokashi con MM, para evitar inversiones desafortunadas en una futura transferencia. La validación, responde al hecho de que evaluar tecnologías dirigidas por algún investigador profesional, normalmente genera distintos resultados que una prueba realizada bajo el contexto real y manejo de los agricultores. Era conveniente validar una tecnología que proporciona beneficios ecológicos,

salubres, económicos, y que esta contextualizada al territorio local, con la finalidad de favorecer el bienestar de los agricultores y sus familias.

Con la finalidad de contribuir a la sostenibilidad productiva del tomate bajo condiciones protegidas en el occidente de Guatemala y a través de un diseño experimental de parcelas pareadas, se validó la tecnología: bokashi con MM, en 8 localidades de 5 municipios del departamento de San Marcos y 5 localidades de 2 municipios del departamento de Quetzaltenango. También, se recolectaron opiniones y se observaron acciones mediante el método etnográfico y el análisis de tipo cualitativo; entendiendo que el mundo de la producción agrícola no es exclusivamente estadístico y a sabiendas que los factores culturales determinan el uso o desecho de cualquier tecnología.

Las beneficiarias directas del estudio fueron las familias y asociaciones agrícolas, y las instituciones municipales con quienes se generó el trabajo de validación, mientras, los beneficiarios indirectos son todos los actores locales del eslabón de producción de la agrocadena de tomate (asociaciones agrícolas, organizaciones no gubernamentales, instituciones gubernamentales, universidades) del occidente de Guatemala, e investigadores, estudiantes, técnicos y demás personas quienes puedan utilizar el trabajo como referencia para estudios venideros o programas de atención agrícola..

Los resultados cuantitativos y cualitativos que desvela el estudio, posiciona esta tecnología o innovación, como una alternativa para promover sistemas agrícolas sostenibles contextualizados al territorio y afines a la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI), que avanza en dirección al cumplimiento de varios de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

2- Marco teórico

2.1- Marco referencial

2.1.1- Teoría de la Fertilidad del suelo.

Restrepo y Hensel (2009:62), describen la Teoría de la Fertilidad del Suelo de la siguiente manera:

Un suelo no es fértil debido a que contiene grandes cantidades de humus (teoría del humus), o de minerales (teoría de los minerales), o de nitrógeno (teoría del nitrógeno), sino debido al crecimiento continuo de numerosos y variados microorganismos, principalmente bacterias y hongos, los cuales descomponen nutrimentos a partir de la materia orgánica que suministran las plantas y animales y los reconstruyen en formas disponibles para la planta.

La teoría anterior está íntimamente enlazada con los beneficios que la materia orgánica genera a los suelos y a lo que numerosos autores mencionan: de no haber microorganismos en los suelos, estos serían incapaces de descomponer la materia orgánica del suelo y los beneficios de la misma no llegarían a las plantas vivas. Dados los problemas mencionados

anteriormente en la agrocadena del tomate en el occidente de Guatemala es de vital importancia generar validaciones de tecnologías que presenten oportunidades de innovaciones contextualizadas a la región para el uso de materia orgánica en el cultivo de tomate específicamente.

2.1.2- Importancia de la validación.

En Guatemala, el ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala) adoptó el concepto de validación a la metodología de la investigación en sistemas de producción; debido a la falta de resultados tangibles en varias zonas marginadas de la República que conllevó a definir proyectos de investigación-extensión que contaron con un fuerte componente de evaluación y adaptación de tecnologías mediante investigación en fincas, con el objetivo de validar las tecnologías en condiciones de campo, o sea evaluaciones bajo las condiciones y el manejo de los productores a quienes se dirige una tecnología con potencial de convertirse en innovación (Ortiz 1991).

La necesidad de realizar validaciones se da al observar que muchas recomendaciones de investigaciones manejadas en laboratorio o en fincas por investigadores profesionales no son iguales a las generadas bajo las condiciones de producción del agricultor, o sea en el contexto real: las prácticas que él realiza, el tiempo dedicado a las parcelas, las maneja en utilizar la tecnología, etcétera.

Radulovich y Karemans (1993) mencionan que las validaciones permiten: generar información en un contexto real sobre los efectos que una tecnología o innovación puede tener en los sistemas objeto y establecer información sobre el esfuerzo de extensión que se necesitará para posteriormente transferir la tecnología a productores.

Zamora y Heer (s.f.) mencionan que para procesos de validación se deben de seleccionar a los agricultores líderes en la zona, quienes son claves, debido a que otros agricultores al ver prácticas y resultados, adoptan la o las tecnologías. En estas parcelas de prueba será donde el agricultor decidirá si aceptar o rechazar la introducción de la tecnología.

2.1.3- Necesidad de proyectos de validación en la agrocadena de tomate del occidente de Guatemala.

Martínez (2016), ha determinado que en la agrocadena del tomate en el occidente de Guatemala se tienen problemas de baja productividad, altos costos y dependencia de agroquímicos, en respuesta a ello López Velásquez (2018) investigó sobre fuentes de materia orgánica obteniendo buenos resultados, en donde concluyó que en las dos localidades donde se realizó el proyecto de investigación, el bokashi a base de estiércol de gallina con MM presentó rendimientos en kg/ha mayores al testigo químico y demás tratamientos de materia orgánica, además, mejor calidad nutricional, mayor cantidad de frutos por planta y mayor peso promedio por fruto, asimismo, demostró las mejoras en la capacidad química del suelo en la aplicación de abono tipo bokashi en comparación con los agroquímicos. Esta es la tecnología que se pretende validar, tomando en cuenta los resultados de la investigación de

López Velásquez (2018) e importancia de los abonos orgánicos para contribuir al desarrollo de una agricultura sostenible.

El bokashi con MM se perfila como una alternativa de contribución a la ACI y según la FAO (s.f.), aportar a la ACI es determinante para mejorar la seguridad alimentaria, mitigar y adaptarse al cambio climático, preservar recursos naturales y gestionar de manera eficiente la biodiversidad, el agua y los nutrientes del suelo.

2.1.4- Importancia de la materia orgánica.

Soto (2002), menciona que: la materia orgánica retiene metales pesados y contaminados, el agua que pasa a través del suelo que tiene materia orgánica se purifica, y también, esta materia trabaja como una red para adsorber los nutrientes, los abonos corrientes son mejor aprovechados por los cultivos, al igual, según Cepeda (1999) la materia orgánica ayuda a compensar a los suelos contra cambios químicos rápidos de pH o sea como acción buffer, y regula de manera directa los niveles de disponibilidad de nutrientes formando sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles llamados quelatos.

La finalidad de incorporar materia orgánica en los suelos es alimentar a los microorganismos, que a través de la transformación de compuestos orgánicos a compuestos químicos simples ofrecerán nutrientes a los vegetales. Por lo tanto, las distintas tipologías de materia orgánica son parte del ciclo de reciclaje de la vida, donde a partir de los restos animales y vegetales se ponen a disposición nutrientes que serán aprovechados por seres vivos para su desarrollo (López Velásquez, 2018).

2.1.5- Sobre los microorganismos de montaña (MM).

Según, López Velásquez (2018) los MM a pesar de no contener altas cantidades de nutrientes, si ayudan y de gran manera en la mejora de las propiedades químicas del suelo y en la disponibilidad de nutrientes. Además, sobre los MM y los microorganismos eficientes (EM), Silva (s.f), expresa que estos son capaces de: incrementar el crecimiento, la calidad, la productividad de los cultivos y de promover la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, e incrementan la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

López Velásquez (2018) utilizó MM activados para apurar la desintegración de la materia orgánica en aboneras tipo bokashi, teniendo estupendos resultados, porque se generaba una fuente de nutrición para el suelo y al mismo tiempo se enriquecía con microorganismos benéficos.

2.1.6- Generalidades de abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos son fuente importante de micro y macronutrientes especialmente N, P, y S, siendo particularmente importante el fósforo orgánico en los suelos ácidos; ayuda a la estabilización de la acidez del suelo; actúa como agente quelatante del aluminio; actúa como quelatante de micronutrientes previniendo su lixiviación y evita la

toxicidad de los mismos; regula los fenómenos de adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas; mejora la capacidad de intercambio del suelo; mejora la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo; disminuye la densidad aparente; aumenta la capacidad del suelo para retener agua; es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono; estimula el desarrollo radicular y la actividad de los macro y microorganismos del suelo (Soto 2002). Lo anterior contrasta con lo que afirma el Ministerio Agrícola de Chile (s.f.); la agricultura convencional tiende a aumentar el uso del agua y la pérdida de la fertilidad del suelo.

2.1.7- Antecedentes y ventajas del bokashi.

El bokashi es un abono orgánico que ha sido utilizado por agricultores japoneses desde hace mucho tiempo. Según Restrepo 2007, el concepto bokashi significa: cocer al vapor los materiales del abono, mientras Shintani, *et al.*, citados por Ramos Agüero y Terry Alfonso (2014) mencionan que dicho concepto se define como materia orgánica fermentada.

Las ventajas que los agricultores experimentan con los abonos orgánicos según Restrepo (2007) son: utilizar recursos y materias primas locales baratas, asequibles, de fácil almacenamiento, con posibilidad de organizar y planificar la obtención del producto final generado por ellos mismos, haciéndolos independientes de la red comercial y cadenas de distribución, con resultados a corto plazo, beneficios para el ambiente, disminución de la contaminación logrando enriquecer y mejorar la fertilidad de sus suelos con el uso de abonos más completos.

El IICA (2014) menciona que la innovación es un impulsor de la mejora económica y el bienestar de los países especialmente de áreas rurales. Es importante que se invierta en estudios de innovaciones.

El bokashi, tiene una preparación similar al compost, pero con la ventaja que aparte de adicionar nutrientes a las plantas también proporciona al suelo los microorganismos que de forma natural deberían de encontrarse en él y son los que permiten al suelo regenerarse y crean un ambiente simbiótico con las plantas (Ávila y Olvera 2006).

Baltodano (2002), comprobó que la mayor concentración de microorganismos en general, se logró después de 15 días de iniciado el proceso de fabricación del producto (bokashi), lo que puede beneficiar la mineralización de algunos sustratos orgánicos y así aumentar la disponibilidad de algunos elementos. Ramos *et al.* (2014), demostró que los abonos tipo bokashi mantienen los nutrimentos por cinco meses, sin embargo, los microorganismos empiezan a disminuir a los 21 días después de iniciada la fermentación.

Respecto al contenido nutricional del bokashi a base de estiércol de gallina con MM, se presenta el Cuadro 1.

Cuadro 1:

Contenido nutricional del bokashi con MM elaborado con materia orgánica del departamento de San Marcos

Especificaciones	Cantidad
pH	8.2
Concentración de sales	4.99 dS/M
Materia orgánica	55.25 %
Relación carbono/nitrógeno	42.45
N	1.29 %
P ₂ O ₅	1.32 %
K ₂ O	1.74 %
Ca	3.24 %
MgO	0.66 %
B ₂ O ₃	67.16 ppm
Cu	33.17 ppm
Fe	7 870.75 ppm
Mn	398.88 ppm
Zn	161.08 ppm

Fuente: Tomado de López Velásquez, 2018.

2.1.8- Generalidades del tomate.

En el Cuadro 2, se observa la clasificación taxonómica del cultivo de tomate.

Cuadro 2:

Clasificación taxonómica del tomate

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solanae
Género	Solanum
Especie	<i>Solanum lycopersicon</i> L

Fuente: Tomado de Peralta y Spooner, citado por Restrepo Salazar 2007.

2.1.8.1- Hábitos de crecimiento.

Por el tipo de crecimiento el tomate se clasifica en:

- A. De crecimiento indeterminado: el tallo producido a partir de la penúltima yema empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera, de tal manera que el tallo lateral parece continuación del tallo principal que le dio origen. Estos

cultivares son ideales para establecer plantaciones en invernadero (Pérez *et al.* s.f.).

- B. De crecimiento semideterminado: tienen simpodios de tres o dos hojas y en casos muy contados una sola hoja y por ello resultan menos sensibles a la determinación del crecimiento, lo que las hace más adecuadas al cultivo en invernadero (FAO s.f.)
- C. De crecimiento determinado: las variedades de crecimiento determinado, tienen forma de arbusto, las ramas laterales son de crecimiento limitado, y la producción se obtiene en un período relativamente corto. Esta característica es muy importante porque permite concentrar la cosecha en un período determinado según sea la necesidad del mercado (Pérez *et al.* s.f.).

2.1.8.2- Fenología del cultivo de tomate.

En la Figura 1 se puede observar de manera general las etapas fenológicas del cultivo de tomate.

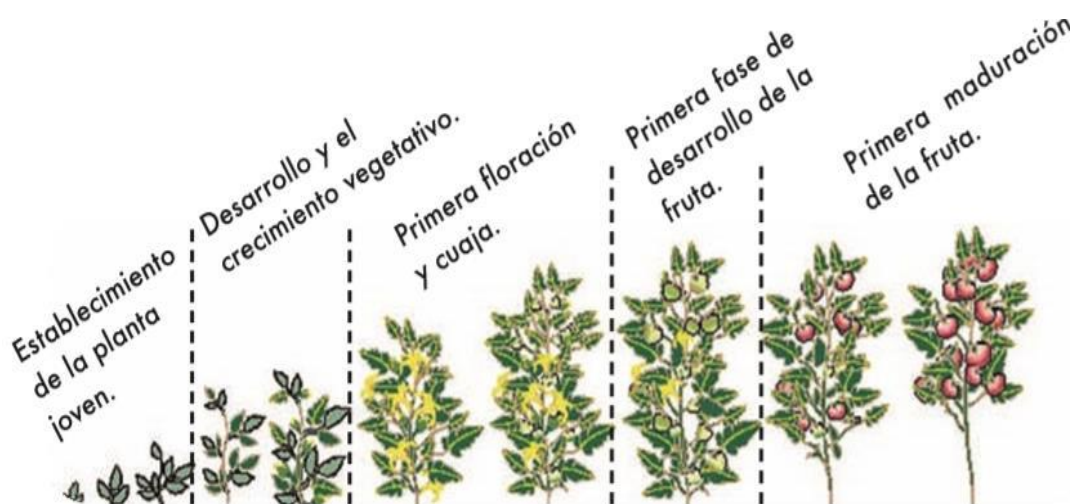


Figura 1: etapas fenológicas del tomate. Fuente: Tomado de Tjalling, s.f.

La Figura 1, señala las distintas etapas de la fenología del tomate, desde el establecimiento de la planta hasta la primera maduración del fruto.

2.1.8.3- Requerimientos de nutrientes.

En Guatemala existe variabilidad en la exigencia de fertilización del tomate, particularmente por la diversidad de suelos y climas en las zonas aptas para este cultivo y por la variabilidad en el rendimiento. Sin embargo, se presenta el Cuadro 3 como indicador de los requerimientos de fertilización del tomate.

Cuadro 3:

Extracción de fertilizantes por el cultivo de tomate

Elemento	Consumo (kg/ha)	Elemento	Consumo (kg/ha)
N	300	S	40
P (como P ₂ O ₅)	120	Ca	40
K (como K ₂ O)	450	B (Como B ₂ O ₃)	10
Mg (como MgO)	24	Microelementos	10

Fuente: Tomado de DISAGRO, 2004.

2.1.8.4- Valor nutritivo

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS) (2012), respecto al valor nutritivo del tomate establece el Cuadro 4.

Cuadro 4:

Valor nutritivo del tomate en 100 g de porción comestible.

Especificación	Valor	Especificación	Valor
Agua	93.80 %	Vitamina A	42.00 mcg
Energía	21 kcal	Ác., grasos monoinsaturados	0.05 g
Proteínas	0.80 g	Ác., grasos poli-insaturados	0.14 g
Grasa total	0.30 g	Ác., grasos saturados	0.05 g
Carbohidratos	4.60 g	Colesterol	0 mg
Fibra dietética total	1.20 g	Potasio	237.00 mg
Ceniza	0.50 g	Sodio	5.00 mg
Calcio	7.00 mg	Zinc	0.17 mg
Fósforo	24.00 mg	Magnesio	--
Hierro	0.60 mg	Vitamina B6	0,08 mg
Tiamina	0.06 mg	Vitamina B12	0.00 mcg
Riboflavina	0.05 mg	Ácido fólico	0.0 mcg
Niacina	0.70 mg	Folato	15 mcg
Vitamina C	23.00 mg	Fracción comestible	98 %

Fuente: tomado de INCAP, 2012.

2.1.9- Tecnología a validar.

Basada en la identificación de puntos críticos en la agrocadena de tomate en el occidente de Guatemala de Martínez (2019), se generó la investigación “Tomate: evaluación de materia orgánica bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos” por López Velásquez (2018), donde recomienda validar el bokashi con MM por su rendimiento, rentabilidad y mejora en la calidad nutricional del tomate, asimismo, por la mejora de las propiedades químicas del suelo. López Velásquez (2018) demostró que el bokashi a base de estiércol de gallina con MM presentó mayores rendimientos que el testigo

químico en Llano Grande y Esquipulas Palo Gordo. La Figura 2, exterioriza los rendimientos de las tecnologías evaluadas, el testigo químico y el testigo absoluto.

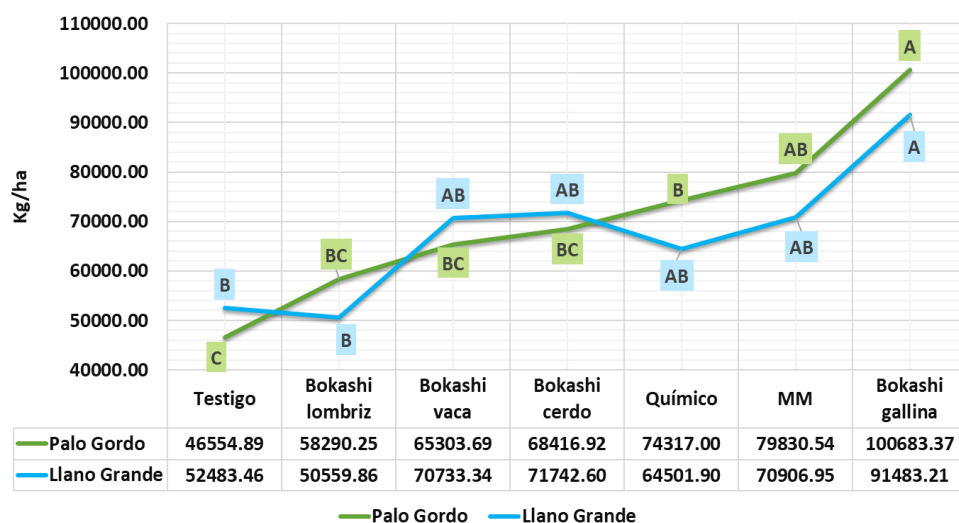


Figura 2: Rendimientos comparativos en la utilización de distintitos bokashis, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto.
Fuente: Tomada de López Velásquez, 2018.

En la misma investigación, López Velásquez (2018) menciona que para ambas localidades experimentales el bokashi a base de estiércol de gallina con MM presentó mayor cantidad de frutos por planta respecto a los demás tratamientos evaluados (Figura 3).

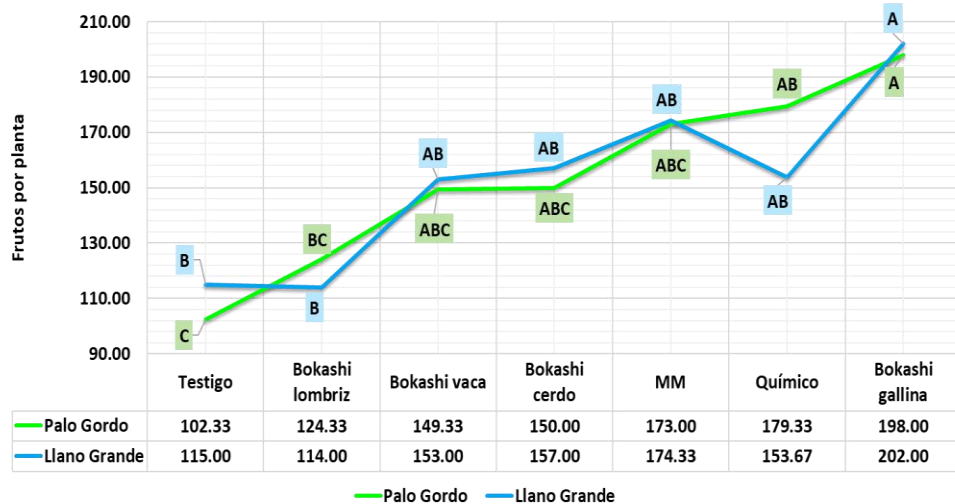


Figura 3: Cantidad de frutos por plantas comparativos en la utilización de distintitos bokashis, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto. **Fuente:** Tomada de López Velásquez, 2018.

Respecto a la calidad nutricional, el mismo López Velásquez (2018) encontró que el bokashi a base de estiércol de gallina con MM en ambas localidades obtuvo una mayor

cantidad de proteínas y minerales que el testigo químico, y menor cantidad de carbohidratos y grasas (Cuadro 5). Esto es de vital importancia, tomando en cuenta que Menchú (2011) menciona que la disponibilidad per-cápita por día es de 30 gramos en el área urbana y 23 gramos en el área rural, a esto únicamente la supera los alimentos: maíz (240 gramos), azúcar (60 gramos) y frijol (30 gramos), además, en el 95% de los hogares de Guatemala consumen tomate.

Cuadro 5:

Comparación nutricional entre frutos producidos con bokashi con MM y agroquímicos (testigo químico) en dos localidades del departamento de San Marcos

Tratamientos	Especificaciones				
	Proteína cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Ceniza	Grasas
Localidad: cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos					
Bokashi con MM	24.21%	40.29%	14.90%	18.74%	1.86%
Testigo químico	20.18%	47.13%	14.15%	16.15%	2.39%
Localidad: Llano Grande, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos					
Bokashi con MM	23.04%	39.06%	14.01%	22.53%	1.36%
Testigo químico	21.50%	52.48%	14.36%	9.35%	2.31%

Fuente: Tomado de López Velásquez, 2018, análisis realizado en Soluciones Analíticas S.A. 2017.

La tecnología de bokashi con MM, para la localidad de Esquipulas Palo Gordo mostró beneficios netos de Q 605 208.35/ha, y el tratamiento químico Q 403 829.07/ha, y en Llano Grande el bokashi con MM brindó beneficios netos de Q 528 820.44 /ha en comparación con el testigo químico Q 336 084.58 /ha (López Velásquez *et al.* 2018). Por último, López Velásquez (2018) demostró la mejora en las condiciones de suelo al aplicar bokashi con MM, en el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (Figura 4), saturación de bases intercambiables y en el porcentaje de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y otros.

Con lo mencionado en este inciso sobre la tecnología que se validó, es notable la relevancia y pertinencia que el tratamiento bokashi con MM tiene para los productores de tomate, esto contribuye de manera práctica con la agricultura sostenible. Es una tecnología con alto potencial de adopción, que utiliza recursos locales para la producción del abono tipo bokashi por lo que fue importante llevar a cabo la validación.

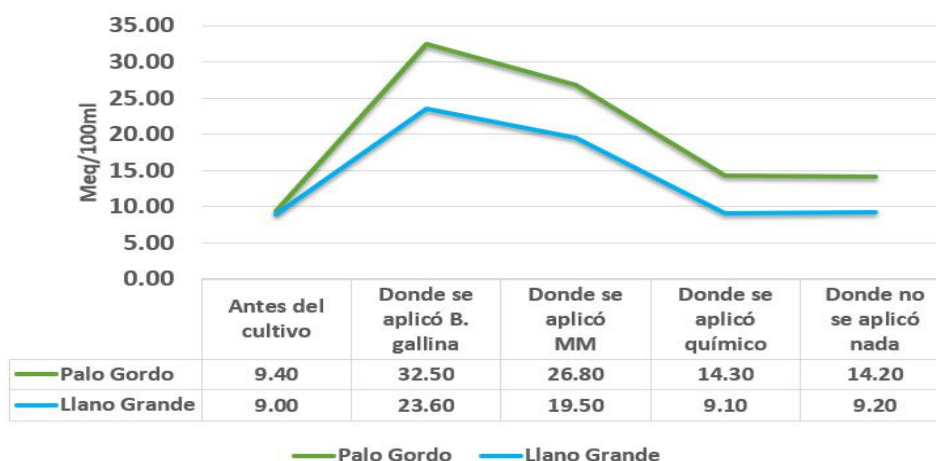


Figura 4: Cambios de la CIC en el suelo donde se usaron bokashi a base de estiércol de gallina con MM, microorganismos de montaña (MM), testigo químico y testigo absoluto.
Fuente: Tomado de López Velásquez, 2018, análisis realizado en Soluciones Analíticas S.A. 2017.

2.2- Marco conceptual

2.2.1- Validación.

La validación de tecnologías es una actividad dentro de la investigación participativa, que utiliza elementos de extensión como herramienta mas no como fin, y que representa el método más cercano a la realidad cuando se requiere conocer además de los aspectos biofísicos los diversos aspectos socioeconómicos y culturales que necesariamente se conjugan para determinar la pertinencia de una tecnología para un grupo dado de productores en una región. La validación se divide en simple o múltiple, y en retrospectiva o prospectiva Radulovich y Karemans (1992).

2.2.1.1- Validación simple o múltiple.

Según Radulovich y Karemans (1992) la validación de tecnología puede realizarse para una tecnología o para varias, que puedan o no estar ligadas, por ejemplo; la validación de una tecnología simple puede consistir en validar una nueva variedad de maíz; mientras la validación de varias tecnologías conexas puede ser validar esa variedad de maíz en conjunto con técnicas de siembra, fertilización, almacenamiento, y alimentación del ganado con los rastrojos.

2.2.1.2- Validación prospectiva y retrospectiva.

Según Radulovich y Karemans (1992), existen básicamente dos maneras de realizar validaciones de tecnologías: como método de investigación prospectiva (hacia adelante) y como método de evaluación retrospectiva (hacia atrás).

2.2.2- Materia orgánica.

Aunque no existe un concepto único sobre la materia orgánica del suelo, se considera que la materia orgánica es cualquier tipo de material de origen animal o vegetal que regresa al suelo después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos (Martínez *et al.* 2013).

Involucra micro y meso-organismos que habitan el suelo, raíces de las plantas, todo material proveniente de organismos muertos y sus productos de transformación, descomposición y resíntesis sobre y en el suelo (Corbella y Fernández s.f.)

2.2.3- Microorganismos de montaña (MM).

Los MM se incorporan al bokashi para aumentar la velocidad en el proceso de fermentación, por lo que son importantes para el estudio, y según Ecotecnologías s.f, citado por Acosta Almánzar (2012:9):

“Los MM son una mezcla de diferentes tipos de microorganismos (levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido lácticas), todos de beneficio para las plantas y el ecosistema. La fermentación, la producción de sustancias bioactivas, la competencia y antagonismo con patógenos, son algunas de las cualidades que estos microorganismos presentan y ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos para la salud y el ecosistema.”

2.2.4- Abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos son aquellos residuos de origen animal o vegetal, de donde las plantas pueden obtener cantidades importantes de nutrientes. El suelo con la descomposición de estos abonos se enriquece con carbono orgánico y mejora las características físicas, químicas y biológicas (SAGARPA, s.f.)

ICTA (2010), menciona que son varios los tipos de abonos orgánicos que se pueden utilizar en la producción orgánica, algunos ejemplos son: compost, *bokashi*, *bio fermentos* y los abonos verdes, en todos los abonos la acción de los microorganismos es indispensable para su preparación y funcionamiento. Lo interesante de esta tecnología se da por no ser una práctica nueva, por el contrario, tiene su origen desde que nació la agricultura y generaciones anteriores las usaban pues era lo único que existía.

2.2.5- Bokashi.

El bokashi es una receta japonesa que se utiliza para preparar abono orgánico. La receta original es la siguiente: un saco de carbón vegetal molido; un saco de gallinaza; un saco de cascarilla de arroz; un saco de semolina de arroz; y tres sacos de tierra y dos litros de melaza disuelta en cuatro litros de agua (Soto 2002), sin embargo, esta ha tenido una gran cantidad de adaptaciones de acuerdo al contexto de las fincas de los productores. El ICTA

(2010) define el bokashi como un abono orgánico de fermento suave, que madura rápidamente y al aplicarlo a las plantas estimula el desarrollo y crecimiento.

Los nutrientes que se obtienen de la fermentación de los materiales (bokashi) contienen elementos mayores y menores, los cuales forman un abono completo superior a los fertilizantes químicos, mejora el suelo y los microorganismos disponibles ponen a disposición los minerales para que lo utilicen las plantas (CENTA, 2011)

2.2.5.1- Fuentes primarias de materia orgánica para la elaboración de abonos tipo bokashi.

- A. Estiércol: es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos (Restrepo 2007).
- B. Paja seca: este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Se puede encontrar funciones similares a la paja seca con; cascarilla de arroz, pulpa de café y restos de cosechas (Restrepo 2007).
- C. Tierra común: la función principal es la de darle mayor homogeneidad física al abono y distribuir la humedad; esta aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y logra una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas (Restrepo 2007).
- D. Carbón vegetal: mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo, funciona con el efecto tipo "esponja sólida", el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo (Restrepo 2009).

- E. Salvado o afrecho de maíz: favorece, en alto grado la fermentación de los abonos, esta se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en el afrecho. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes. El afrecho de maíz presenta funciones similares al salvado de arroz y al salvado de trigo (Restrepo 2007).
- F. Ceniza: según Restrepo (2009), los agricultores la están utilizando en sustitución del Carbonato de calcio en aboneras, la principal función de esta es; regular la acidez que se presenta en los procesos de fermentación de abonos, además aportan elementos minerales útiles a la planta
- G. Tierra de floresta virgen y levadura: son la fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos. Es el arranque de la fermentación (Restrepo 2009). La tierra de floresta virgen se refiere a la broza en estado de descomposición de un bosque, el cual no ha tenido mucha injerencia humana.
- H. Leche: la leche sirve como inóculo de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*). El ácido láctico suprime organismos dañinos que provocan enfermedades como fusarium, controla las poblaciones de nemátodos y contribuye en la descomposición de materiales difíciles como lignina y celulosa (EMPROTEC s.f.)
- I. Panela: es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Ayuda a la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro. La panela coincide en sus funciones con; la azúcar morena, la chancaca y el jugo de caña (Restrepo 2007).

2.2.5.1- Factores que afectan el proceso de elaboración de bokashi.

- A. Temperatura: no es recomendable que la temperatura sobrepase los 60°C. Lo ideal es manejar temperaturas en torno al límite de los cincuenta grados (50°C) y de este rango hacia abajo (Restrepo 2007).
- B. pH: la elaboración de abono bokashi requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7.5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo, al inicio de la fermentación el pH es muy bajo, pero gradualmente se va autocorrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono (Restrepo 2007).
- C. Humedad: la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono, oscila entre el 50% y el 60% (Restrepo 2007).

- D. *Aireación*: la presencia del oxígeno o una buena aireación es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a un 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa (Restrepo 2007).
- E. *Tamaño de partículas*: la actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, para tener la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie de contacto, lo cual facilita el acceso al sustrato. el tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm² (Ayuntamientos San Sebastián de los Reyes. s.f.).
- F. *Relación carbono/nitrógeno*: la relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que es de 1/25-35 (Restrepo 2007).

3- Objetivos

3.1- General

Contribuir a la sostenibilidad productiva del tomate bajo condiciones protegidas, a través de la nutrición vegetal a base de bokashi con MM, en el departamento de San Marcos y Quetzaltenango, de la República de Guatemala,

3.2- Específicos

- Determinar los rendimientos obtenidos con la solución nutritiva bokashi con MM y la fertilización convencional de los agricultores de la región.
- Determinar los beneficios económicos generados por la utilización bokashi con MM y fertilización convencional.
- Conocer la opinión y entender el comportamiento de los agricultores respecto a la utilización de bokashi con MM en la nutrición del cultivo de tomate.

4- Hipótesis estadísticas

Ho1- El bokashi a base de estiércol de gallina con MM y el testigo no presentarán diferencias significativas respecto a rendimiento.

Ha1- El bokashi a base de estiércol de gallina con MM será significativamente superior al testigo respecto a rendimiento.

5- Metodología

5.1- Materiales

De campo:

Azadones

Rastrillos

De gabinete:

Computadora

Impresora

Palas	Software Infostat
Balanzas analíticas	Paquete Office
Termómetros	Bitácoras
Sacos de almacenamiento	Libreta de campo

Material Experimental:

Tomate, estiércol de gallina de traspatio, paja seca, tierra común, carbón vegetal, salvado de maíz, ceniza, tierra de floresta virgen, leche, panela y levadura.

5.2- Localidad y época

La investigación se llevó a cabo en 13 localidades; 8 del departamento de San Marcos y 5 del departamento de Quetzaltenango, específicamente en los municipios de: San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, Esquipulas Palo Gordo, San Antonio Sacatepéquez y Tejutla (San Marcos), Palestina de los Altos y San Juan Ostuncalco (Quetzaltenango). Estos municipios fueron priorizados para proyectos de investigación por Martínez (2019). La validación se realizó con agricultores comerciales y sus familias.

La época en la que se llevó a cabo la fase de campo de la validación fue de marzo a noviembre de 2019.

5.2.1- Descripción de las unidades de investigación.

Las localidades de investigación se establecieron en los municipios que aparecen en el Cuadro 6, los cuales fueron priorizados para investigación en el cultivo de tomate por Martínez (2019).

Cuadro 6:

Localidades donde se realizó el estudio

Departamento	Municipio	Localidad	MSNM	Propietario
San Marcos	San Marcos	San José las Islas	2 400	Lester López
		Agua Caliente	1 910	Mercedes Dionicio
	San Pedro Sac.	El Cedro	2 160	Catalina Velásquez
		Cantel	2 313	Sandra Bautista
	Esquipulas Palo Gordo	Cabecera Municipal	2 490	Audilio Arreaga
	San Antonio Sac.	San Isidro Ixcolochil	2 338	Marco Ramírez
	Tejutla	Cuyá	2 500	Marco de León
		Armenia	2 620	Godolfino de León
Quetzaltenango	Palestina de los Altos	Lo Marroquín (1)	2 770	Balvino Pérez
		Los Marroquín (2)	2 772	Ovel Morales
		La Cumbre	2 834	Roxana López
	San Juan Ostuncalco	Nueva Concepción	2 501	Maura Escobar
		La Victoria	2 422	Epifanio Melchor

5.3- Tamaño de la parcela prueba

La parcela de prueba fue variable, se basó en la disponibilidad de las parcelas bajo condiciones protegidas de los productores, sin embargo, se estableció como área mínima por unidad experimental 26 m², ya que esta área constituye la mitad del tamaño de un macrotúnel⁵ promedio. Para que sean unidades experimentales apareadas o relacionadas, se evaluaron ambos tratamientos dentro del mismo macrotúnel o invernadero.

5.4- Comparación de muestras

El diseño para comparación de muestras que se utilizó fue parcelas apareadas, ya que este permite evaluar ambos tratamientos dentro de manera relacionada, a pesar de la distancia entre localidades experimentales o repeticiones.

5.5- Distribución del experimento

Cuadro 7:

Distribución de tratamientos por localidades

Tratamiento	Repeticiones												
	1	2	3	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13
B-MM = Bokashi con MM	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM
Test= Testigo o tratamiento convencional	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test	B-MM	Test

El Cuadro 7 determina la aleatorización de los tratamientos. Con la finalidad de asegurar las mismas condiciones ambientales, ambos tratamientos se colocaron dentro de un mismo macrotúnel o invernadero en cada localidad, para que las medias se analizaran como grupos dependientes o relacionados.

5.6- Tratamientos

5.6.1- Tecnología a validar: bokashi con MM.

El Cuadro 8, da a conocer los componentes y porcentajes que tuvo la elaboración del bokashi a base de estiércol de gallina con MM, asimismo, la cantidad y frecuencia de aplicación. Es importante aclarar, que por practicidad y en base a como los productores conocen el abono, este se nombró bokashi con MM. En algunos casos, los productores optaron por llamar bokashi con MM, como xwich'íl, que en idioma mam significa: coleccionar hongos.

⁵ Los macrotúneles son las estructuras para proteger el cultivo de tomate, más que pequeñas de la región.

Cuadro 8:

Tratamientos, materiales y aplicaciones de bokashi

Tratamiento	% de materiales	Manera de aplicación al cultivo
Bokashi con MM	Estiércol de gallina ⁶ (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).	10 DAT. ⁷ 125g por planta 10 DDT. ⁸ 125g por planta 25 DDT. 125g por planta 40 DDT. 125g por planta 55 DDT. 125g por planta 70 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.	También, se aplicaron 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

Fuente: tomado de López Velásquez, 2018.

La metodología para la elaboración y manejo del bokashi con MM, se presenta a continuación:

Según Ramos *et al.* (2013), el abono tipo bokashi mantiene cinco meses estable la cantidad de nutrimentos, sin embargo, a los 21 de la fabricación la cantidad de microorganismos tiende a disminuir. Debido a ello el proceso de elaboración de bokashi se llevó a cabo dos veces como lo hizo López Velásquez (2018) en la investigación donde se desarrolló esta tecnología:

- La primera elaboración fue un mes antes del trasplante, este producto fue aplicado en la primera, segunda y tercera abonada.
- La segunda elaboración se inició a los 25 días después del trasplante. El abono resultante se aplicó en la cuarta, quinta y sexta abonada.

⁶ El estiércol es específicamente de gallinas de traspatio, no de aves criadas con altas concentraciones de antibióticos.

⁷ Días antes del trasplante.

⁸ Días después del trasplante.

5.6.1.1- Tamaño de la partícula del bokashi.

Las partículas fueron incorporadas en tamaños pequeños, entre 5 a 10 cm³. Como lo recomienda Restrepo (2007).

5.6.1.2- Humedad del bokashi.

La humedad al inicio fue del 50%. Se le aplicó agua a la materia orgánica solamente al inicio del proceso, y esta se combinó con microorganismos de montaña y los demás elementos líquidos: panela, leche y levadura (López Velásquez, 2018).

5.6.1.3- Volteo del bokashi.

En los primeros días cuando las temperaturas fueron mayores a los 50 °C se realizó volteo del abono dos veces al día y cuando las temperaturas fueron menos a los 50 °C solo se hizo un volteo por día.

5.6.1.4- Temperatura del bokashi.

Se mantuvo la temperatura entre 50 °C y 60 °C en los primeros 6 días de elaboración, los siguientes días la temperatura fue bajando gradualmente. Aproximadamente a los 17 días la temperatura del bokashi fue igual a la temperatura ambiente, esto dio la pauta de que el abono estaba listo para ser aplicado. (López Velásquez, 2018)

5.6.1.5- pH del bokashi.

El pH se monitoreó antes de ser aplicado y tuvo valores entre 7.5 a 8.5.

5.6.1.6- Relación carbono/nitrógeno.

La relación C/N del bokashi con MM se determinó a través de dos análisis en laboratorio, donde expuso un valor promedio de 45.63.

5.6.1.7- Local para bokashi.

Para elaborar el bokashi con MM, se construyó un solo local de 24 m² en la Labor San José, del Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El piso fue de cemento para evitar incorporaciones mayores de tierra dentro del abono preparado.

5.6.2- Testigo o tratamiento convencional.

El segundo tratamiento fue el testigo. Este tratamiento consistió en la fertilización que comúnmente utilizan los agricultores de las localidades experimentales de manera convencional. Dentro del informe, a este se le llama tratamiento convencional o testigo; constituyó básicamente de la aplicación de; hormonas enraizadoras, cal, nitrato de calcio, nitrato de potasio y N-P-K-MgO-S altamente soluble al suelo, también, calcio-boro y nitrógeno al follaje de las plantas.

5.7- Modelo estadístico.

$$t = \frac{d}{S_d}$$

Dónde:

t = valor de t-Student.

d = promedio de las diferencias de rendimiento entre la tecnología validada y la producción del agricultor o convencional.

S_d = error estándar de las medias de las diferencias entre variables dependientes.

5.8- Variables de respuesta

5.8.1- Rendimiento expresado en kg/ha.

Se calcularon los rendimientos categorizados en: primera, segunda y tercera, en kg/ha. Además, se determinaron los rendimientos totales en kg/ha.

5.8.2- Costos que varían.

A través de ellos se determinó el costo y beneficios netos de la tecnología a validar y el testigo. En otras palabras, se evidenció la rentabilidad.

5.8.3- Opinión y comportamiento del agricultor.

Para recoger y entender la opinión de los productores se elaboró una boleta ilustrativa donde se mostró el grado de pre-aceptabilidad por parte de los mismos, asimismo, se utilizó la metodología etnográfica para entender la respuesta del productor hacia el bokashi con MM.

5.9- Análisis de la información

El análisis de la información en cuanto a rendimiento se generó por medio de la prueba de t-Student con una confiabilidad del 95 %. Para el análisis de los costos diferenciados, se utilizó la propuesta de estudios económicos con datos agronómicos del CIMMYT (1988), este se especifica en el siguiente inciso. Ahora bien, para evaluar la pre-aceptabilidad, se utilizaron boletas en días de campo (Anexo 2) donde se recopiló información sobre el gusto de los agricultores por la tecnología validada y se recurrió al método etnográfico para realizar entrevistas y generar observaciones en campo.

5.9.1- *Análisis Económico.*

Los resultados agronómicos obtenidos durante el experimento fueron sometidos a análisis económico para sugerir la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. Según el CIMMYT (1988), es esencial realizar análisis económicos de los resultados, pues ayuda al investigador a considerarlos desde el punto de vista del agricultor y así poder decidir cuál es el tratamiento que merecen mayor atención y las recomendaciones que se les deben dar a los agricultores.

Las fases de elaboración del análisis económico según el CIMMYT (1988) fueron las siguientes:

5.9.1.1- *Presupuesto parcial*

El presupuesto parcial se calculó de acuerdo al siguiente procedimiento:

A- *Rendimientos medios y ajustados*

Los rendimientos medios utilizados fueron los proporcionados por el análisis estadístico de rendimiento. En este estudio, los rendimientos medios fueron igual a los ajustados, en el entendido de que las parcelas se manejaron en condiciones reales de los productores, por lo tanto, no hubo necesidad de hacer ajustes.

B- *Precio de campo del producto*

Se calculó tomando en cuenta el precio promedio que los agricultores reciben por kg de tomate al momento de su venta, restándole los costos de cosecha y transporte para la comercialización.

C- *Beneficio bruto de campo*

Es lo que percibió el agricultor por la venta de su producto. Se calculó multiplicando el precio de campo por los rendimientos ajustados.

D- *Costos que varían*

Estos se calcularon tomando en cuenta los costos que difieren (insumos) de un tratamiento a otro. Los costos de las actividades que el agricultor realizó se calcularon a través de costos de oportunidad, ya que el agricultor deja de percibir otros ingresos por realizar trabajo en su parcela (como acarrear agua, aplicar productos, entre otros), lógicamente, esto tiene un costo.

E- *Beneficios netos*

Los beneficios netos se determinaron restándole los costos que varían a los beneficios brutos.

5.9.1.2- *Análisis marginal*

El análisis marginal se calculó de acuerdo al siguiente procedimiento:

A- Análisis de dominancia

A través del análisis de dominancia se establecieron los tratamientos dominados. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios menores o iguales a otro tratamiento de costos que varían más bajos.

B- Tasa de retorno mínima aceptable

La tasa de retorno mínima aceptable, es el porcentaje que los agricultores deberían de percibir como mínimo por la inversión realizada. La tasa mencionada se calculó por medio de los procedimientos: Mercado formal e informal del capital y tasa de retorno mínima aproximada.

C- Análisis usando residuos

Este se calculó para verificar si el retorno económico real, superaba la tasa de retorno mínima aceptable.

5.9.1.3- Variabilidad

La variabilidad, o sea, la diferencia en ganancias que pueda percibir un agricultor por el cambio en las condiciones del mercado, se calculó de acuerdo al análisis de sensibilidad. Este se realizó para determinar si una recomendación soportará cambio de precios. Específicamente para el cultivo de tomate los riesgos que se corren en cuanto al cambio de precios pasan más por la variabilidad del precio del tomate en el mercado, que, por la variabilidad del precio de los insumos necesarios para su cultivo, debido a ellos el análisis de sensibilidad se estableció respecto al precio del tomate en los mercados informales (plazas) durante el año 2019, considerando por supuesto, el precio más alto y más bajo en dicha temporalidad.

5.10- Manejo de las parcelas de prueba

Las parcelas de prueba fueron áreas manejadas agronómicamente por el agricultor, pues ellos son quienes toman la decisión de aceptar o no aceptar un programa de transferencia de tecnología futuro. La participación del investigador fue menor que en un ensayo de finca, como lo recomienda ICTA (1981). Por lo tanto, el manejo de las parcelas se hizo de acuerdo al que frecuentemente utiliza el agricultor, sin embargo, los investigadores acompañaron las distintas fases de investigación en campo, solucionando dudas sobre la tecnología validada y brindando algunas recomendaciones, sin que estas se convirtieran en acciones obligatorias.

5.10.1- Elaboración de bokashi con MM

La elaboración del bokashi con MM fue responsabilidad de los investigadores y esta se llevó a cabo en la Labor San José del Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. A los agricultores se les entregó el bokashi ya elaborado, sin embargo, debido a que la tecnología que se validó no es común entre agricultores de la región, se generaron capacitaciones, talleres y días de campo, donde se dio a conocer la metodología de elaboración y aplicación.

5.10.2- Trazado de parcelas de prueba.

Con la utilización de pita plástica y estacas, se delimitaron las parcelas de prueba dentro de los macrotúneles.

5.10.3- Identificación de parcelas

Se identificaron los tratamientos con rótulos de madera y vinil adhesivo.

5.10.4- Análisis de suelos

Se generó análisis químico de suelos anteriores al establecimiento del cultivo en las localidades experimentales. Con la finalidad de determinar cómo reaccionan distintos suelos a la tecnología. Estos se encuentran en el Cuadro 2 del Anexo 2.

5.10.5- Análisis de abono orgánico

Se generó el análisis del abono orgánico, para determinar la calidad química y nutricional del abono bokashi con MM. Este se encuentra en el Cuadro 3 del Anexo 3.

6- Resultados

6.1- Rendimiento

Dentro de la variable rendimiento, se recopilaron y analizaron bajo la t-Student los siguientes datos: kg totales por hectárea, kilogramos de primera, segunda y tercera por hectárea (Cuadro 9); cantidad de frutos totales por hectárea, cantidad de frutos de primera, segunda y tercera por hectárea (Cuadro 10) y; peso promedio general de frutos, peso de frutos de primera, segunda y tercera (Cuadro 11). Se presentan estos datos, ya que se considera de suma importancia que cada localidad experimental los conozca y queden como referencia para estudios posteriores.

Cuadro 9:

Datos de kilogramos por ha

Localidad	Tratamiento	Kilogramos por ha			
		Total	Frutos de primera	Frutos de segunda	Frutos de tercera
San José las Islas, San Marcos	B-MM	115 350.65	89 617.70	20 971.11	4 761.83
	Test.	80 417.84	69 122.77	9 904.61	1 390.46
Agua Caliente, San Marcos	B-MM	212 111.10	129 445.68	57 713.42	24 952.01
	Test.	199 939.86	116 950.63	61 465.74	21 523.49
El Cedro, San Pedro Sac.	B-MM	45 904.07	19 047.33	16 761.65	10 095.09
	Test.	17 714.02	8 190.35	5 142.78	4 380.89
Cantel, San Pedro Sac.	B-MM	92 243.51	41 019.79	27 346.53	23 877.19
	Test.	106 529.01	39 183.09	43 468.74	23 877.19
	B-MM	167 807.01	131 998.02	29 142.42	6 666.57

Cabecera municipal, Esquipulas Palo Gordo	Test.	94 093.83	59 999.10	22 094.91	11 999.82
San Isidro Ixcolochil,	B-MM	90 418.81	45 377.47	29 411.32	15 630.02
San Antonio Sac.	Test.	55 797.48	27 058.42	15 630.02	13 109.05
Armenia, Tejutla	B-MM	110 976.36	59 680.42	41 570.81	9 725.13
	Test.	91 690.93	48 625.64	30 461.08	12 604.21
Cuyá, Tejutla	B-MM	86 868.83	66 401.60	17 610.13	2 857.10
	Test.	63 427.62	51 570.66	10 064.78	1 792.18
Los Marroquín (1),	B-MM	88 906.23	47 058.12	30 923.91	10 924.21
Palestina de los Altos	Test.	70 755.24	31 260.04	28 066.81	11 428.40
Los Marroquín (2),	B-MM	94 452.36	36 470.04	36 133.91	21 848.41
Palestina de los Altos	Test.	71 259.44	20 840.02	27 226.48	23 192.93
La Cumbre, Palestina de los Altos	B-MM	68 447.95	42 693.24	17 673.20	8 081.51
	Test.	67 740.48	35 305.59	18 775.23	13 659.66
Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco	B-MM	147 023.00	112 031.93	31 949.10	3 041.97
	Test.	113 964.68	78 519.83	32 016.33	3 428.52
La Victoria, San Juan Ostuncalco	B-MM	64 792.68	22 221.89	19 682.24	22 888.55
	Test.	53 967.44	13 968.04	15 555.32	24 444.08

Cuadro 10:

Datos de cantidad de frutos por ha

Localidad	Tratamiento	Cantidad de frutos por ha			
		Total	Frutos de primera	Frutos de segunda	Frutos de tercera
San José las Islas, San Marcos	B-MM	154 4738.73	967 604.53	379 041.93	198 092.27
	Test.	113 9030.53	782 845.40	253 329.53	102 855.60
Agua Caliente, San Marcos	B-MM	346 0900.47	1 670 451.13	1 062 841.20	727 608.13
	Test.	340 5663.20	1 571 405.00	1 188 553.60	645 704.60
El Cedro, San Pedro Sac.	B-MM	87 2367.87	260 948.47	279 995.80	331 423.60
	Test.	44 5707.60	144 759.73	131 426.60	169 521.27
Cantel, San Pedro Sac.	B-MM	180 6095.36	520 400.36	538 767.43	746 927.57
	Test.	232 2414.14	463 258.36	957 128.50	902 027.29
Cabecera municipal, Esquipulas Palo Gordo	B-MM	329 3283.93	1 965 684.80	878 082.07	449 517.07
	Test.	211 6158.73	919 986.20	662 847.20	533 325.33
San Isidro Ixcolochil,	B-MM	166 8882.53	593 268.41	613 436.18	462 177.94
San Antonio Sac.	Test.	137 9811.24	500 832.82	344 532.65	534 445.76
Armenia, Tejutla	B-MM	264 5015.27	963 721.81	1 135 147.81	546 145.65
	Test.	241 0952.85	817 570.15	831 855.65	761 527.04
Cuyá, Tejutla	B-MM	120 2579.36	753 235.45	370 124.32	79 219.59
	Test.	98 1803.45	650 639.59	246 749.55	84 414.32
Los Marroquín (1),	B-MM	199 6608.71	631 923.29	771 417.00	593 268.41
Palestina de los Altos	Test.	178 6527.82	431 926.29	700 829.82	653 771.71

Los Marroquín (2),	B-MM	335 7932.82	494 110.24	865 533.24	1 998 289.35
Palestina de los Altos	Test.	275 7941.82	315 961.65	739 484.71	1 702 495.47
La Cumbre, Palestina	B-MM	115 2363.67	541 488.48	325 165.19	285 710.00
de los Altos	Test.	125 5763.48	469 380.71	345 573.05	440 809.71
Nueva Concepción,	B-MM	235 2905.88	1 314 266.00	848 726.76	189 913.12
San Juan Ostuncalco	Test.	208 7363.65	1 065 530.24	806 710.59	215 122.82
La Victoria, San Juan	B-MM	178 0925.67	371 423.00	428 565.00	980 937.67
Ostuncalco	Test.	171 1085.44	247 615.33	438 088.67	1 025 381.44

Cuadro 11:

Datos de peso promedio frutos

Localidad	Tratamiento	Peso promedio de frutos en gramos			
		Total	Frutos de primera	Frutos de segunda	Frutos de tercera
San José las Islas, San Marcos	B-MM	74.67	92.62	55.33	24.04
	Test.	70.60	88.30	39.10	13.52
Agua Caliente, San Marcos	B-MM	61.28	77.49	54.30	34.29
	Test.	58.70	74.42	51.71	33.33
El Cedro, San Pedro Sac.	B-MM	52.62	72.99	59.86	30.46
	Test.	39.74	56.58	39.13	25.84
Cantel, San Pedro Sac.	B-MM	51.07	78.82	50.76	31.97
	Test.	45.87	84.58	45.42	26.47
Cabecera municipal, Esquipulas Palo Gordo	B-MM	50.95	67.15	33.19	14.83
	Test.	44.46	65.22	33.33	22.50
San Isidro Ixcolochil, San Antonio Sac.	B-MM	54.18	76.49	47.95	33.82
	Test.	40.44	54.03	45.37	24.53
Armenia, Tejutla	B-MM	41.96	61.93	36.62	17.81
	Test.	38.03	59.48	36.62	16.55
Cuyá, Tejutla	B-MM	72.24	88.16	47.58	36.07
	Test.	64.60	79.26	40.79	21.23
Los Marroquín (1), Palestina de los Altos	B-MM	44.52	74.47	40.09	18.41
	Test.	39.60	72.37	40.05	17.48
Los Marroquín (2), Palestina de los Altos	B-MM	28.12	73.81	41.75	10.93
	Test.	28.84	65.96	36.82	13.62
La Cumbre, Palestina de los Altos	B-MM	59.40	78.84	54.35	28.29
	Test.	53.94	75.22	54.33	30.99
Nueva Concepción, San Juan Ostuncalco	B-MM	62.49	85.24	37.64	16.02
	Test.	54.60	73.69	39.69	15.94
La Victoria, San Juan Ostuncalco	B-MM	36.38	59.83	45.93	23.33
	Test.	31.54	56.41	35.51	23.84

La clasificación de frutos por peso, se estableció de acuerdo a un sondeo con productores involucrados en la investigación y plazas del departamento de Quetzaltenango y San Marcos. Esta quedó establecida de la siguiente manera: frutos de primera, ≥ 60 g; frutos de segunda, < 60 g y > 35 g, y; frutos de tercera, ≤ 35 g.

6.1.1- Kg/ha

6.1.1.1- Kilogramos totales por ha

El rendimiento en kg/ha es una de las variables más interesantes en la agricultura. El Cuadro 12, bajo una prueba de t-Student muestra que existen diferencias significativas entre ambos tratamientos evaluados, lo que coincide con la evaluación realizada por López Velásquez *et al.* (2018:31) se puede decir que el bokashi con MM efectivamente aumenta los rendimientos totales en kg/ha respecto a los tratamientos convencionales. Si tomamos en consideración las muestras del cuadro referido, cabe resaltar que el bokashi con MM produjo 106 561.74 kg/ha, mientras, los tratamientos convencionales produjeron 81 603.65 kg/ha.

Cuadro 12:

t-Student para kilogramos totales por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	24 958.09 kg/ha	106 561.74 kg/ha	81 603.65 kg/ha
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
23 181.55	10 949.62	38 966.55	3.88	0.0022	

Frutos de primera, ≥ 60 g; frutos de segunda, < 60 g y > 35 g, y; frutos de tercera, ≤ 35 g.

Al tomar el Cuadro 9 de referencia, se evidencia que la localidad de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo fue la que presentó las mayores diferencias en kg/ha entre tratamientos (bokashi con MM, 167 807.01 kg/ha; convencional, 94 093.83 kg/ha) y, por lo tanto, se hace necesario mencionar que esta parcela es la que posee la mayor cantidad de materia orgánica (Cuadro 3 del Anexo 3) y es la única en la que se había utilizado anteriormente el bokashi con MM; lo que sugiere que mientras más se utilice el bokashi con MM, mayores diferencias se notarán, respecto a los tratamientos convencionales. Esto entra en la lógica de que los tratamientos convencionales se enfocan en tres elementos: N, P y K, mientras, el bokashi con MM ofrece una solución nutritiva con macro y micronutrientes, transporta microorganismos benéficos al suelo que según López Velásquez *et al.* (2018), contribuyen al aumento de la CIC, a mejorar el pH y a formar quelatos beneficiosos para las plantas. En la Fotografía 1, se observa una de las cosechas de la parcela neta en Esquipulas Palo Gordo, al lado izquierdo se muestra lo obtenido con bokashi con MM y al lado derecho se observa lo obtenido con el tratamiento convencional.



Fotografía 1: Diferenciación de cosechas en parcela de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo. Producción del bokashi con MM versus el tratamiento convencional.

6.1.1.2- Kilogramos de primera, segunda y tercera por ha

El tomate posee una calidad y precio diferenciado de acuerdo a su tamaño y peso, por eso los productores invierten tiempo en la clasificación, como se observa en la Fotografía 2. Por el motivo anterior, se generaron pruebas de t-Student para los frutos de primera, segunda y tercera de acuerdo con la clasificación presentada en el Cuadro 11.

El Cuadro 13, demuestra que existen diferencias significativas en el rendimiento de frutos de primera en el cultivo de tomate. O sea, que el bokashi con MM produce más frutos de primera que el tratamiento convencional. El mismo cuadro, establece que el bokashi con MM produce 18 651.47 kg/ha de frutos de primera de tomate más, que los tratamientos convencionales.

Cuadro 13:

t-Student para kilogramos de primera por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	18 651.47 kg/ha	64 851.02 kg/ha	46 199.55 kg/ha
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
17 739.44	7931.63	29371.30	3.79	0.0026	



Fotografía 2: Clasificación del tomate según tamaño y peso, en parcela de Armenia, Tejutla.

En cuanto al rendimiento de frutos de segunda en kg/ha, el Cuadro 14 demuestra que la contradicción entre medias de ambos tratamientos evaluados, no es suficiente para determinar una diferencia significativa. Entonces, se determina que ambos tratamientos producen la misma cantidad de frutos de segunda.

Cuadro 14:

t-Student para kilogramos de segunda por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	4 385.92 kg/ha	28 991.52 kg/ha	24 605.60 kg/ha
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
8 201.15	-569.98	9341.82	1.93	0.0778	

El Cuadro 15, indica que no hay diferencia significativa en la producción en kg/ha de frutos de tercera entre tratamientos.

Cuadro 15:

t-Student para kilogramos de tercera por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	-113.94 kg/ha	12 719.20 kg/ha	12 833.14 kg/ha
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
3 361.21	-2145.11	1917.22	-0.12	0.9047	

Con el análisis de los Cuadros 13, 14 y 15, es claro que la diferencia en rendimientos en kg/ha, prácticamente es marcada por los frutos de primera, lo que coincide con el estudio llevado a cabo por López Velásquez *et al.* (2018), donde determina que efectivamente hay diferencias entre el tamaño y peso promedio de frutos del bokashi con MM y el tratamiento convencional o químico, a favor del primero.

6.1.2- Cantidad de frutos

6.1.2.1- *Cantidad total de frutos por ha*

El Cuadro 16, muestra una diferencia entre cantidad de frutos por ha producidos con nutrición convencional y nutrición a base de bokashi con MM. Al igual que en análisis de kg/ha, la localidad que presentó la mayor diferencia en favor del bokashi con MM fue la de Esquipulas Palo Gordo, con 1 177 125.20 más frutos por hectárea.

Cuadro 16:

t-Student para cantidad total de frutos por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	256 490.49	2 087 276.94	1 830 786.46
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
389 867.15	208 96.14	492 084.83	2.37	0.0353	

6.1.2.2- *Cantidad de frutos de primera, segunda y tercera por ha*

La cantidad de frutos de tomate de primera por ha, también, obedece a la diferenciación del tipo de nutrición. El Cuadro 17, enmarca una divergencia a favor del uso de bokashi con MM.

Cuadro 17:

t-Student para cantidad de frutos de primera por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	205 139.58	849 886.61	644 747.04
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
25 8471.65	48 946.74	361 332.41	2.86	0.0143	

La cantidad de frutos de segunda producidos por ambos tratamientos, no presentan diferencias significativas, tal como lo expresa el Cuadro 18.

Cuadro 18:

t-Student para cantidad de frutos de segunda por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	65 364.14	653 603.38	588 239.24
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
187 561.06	-47 977.87	178 706.14	1.26	0.2328	

La cantidad de frutos de tercera, no presenta diferencias entre tratamientos. Esto es observable en el Cuadro 19.

Cuadro 19:

t-Student para cantidad de frutos de tercera por ha

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	-14 013.23	583 786.95	597 800.18
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
141 414.77	-99 469.31	71 442.85	-0.36	0.7271	

Los datos anteriores, determinan que la diferencia entre cantidad de frutos radica principalmente en los frutos de primera, lo que recae directamente en beneficios económicos pues obviamente estos son los que presentan un precio de campo mayor a las otras dos categorías de frutos.

6.1.3- Peso de frutos

6.1.3.1- Peso promedio de frutos en general

Respecto al precio promedio de frutos, se determinó que existen diferencias significativas respecto a las variables independientes en estudio. El Cuadro 20, en la diferencia de medias marca una ventaja de 6.07 g por fruto para el tratamiento de bokashi con MM. La calidad de frutos se puede observar en las Fotografías 3, 4 y 5.

Cuadro 20:

t-Student para peso promedio de frutos en general

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	6.07 g	53.07 g	47.00 g
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
3.89	3.72	8.42	5.62	0.0001	



Fotografía 3: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de La Victoria, San Juan Ostuncalco.



Fotografía 4: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de Cuyá, Tejutla.



Fotografía 5: Frutos de tomate a base de bokashi con MM, en la parcela de Armenia, Tejutla

6.1.3.2- Peso promedio de frutos de primera, segunda y tercera

Como se explicó anteriormente, los frutos de tomate se clasifican en el occidente de Guatemala en primera (≥ 60 g); segunda (< 60 g y > 35 g) y; tercera (≤ 35), es conveniente conocer si dentro de dichas categorías se expresan diferencias estadísticas, por lo que se generaron pruebas t-Student específicas.

El Cuadro 21, demuestra que a pesar de que los frutos se encasillen dentro de la clasificación: primera, existen diferencias significativas entre las medias del bokashi con MM (75.99 g) y del tratamiento convencional (69.66 g).

Cuadro 21:

t-Student para peso promedio de frutos de primera

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	6.33 g	75.99 g	69.66 g
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
7.23	1.96	10.70	3.16	0.0082	

El Cuadro 22, expone que hay diferencias dentro de la categorización de frutos de segunda con una diferencia de medias de 5.19 g en favor del tratamiento de bokashi con MM.

Cuadro 22:

t-Student para peso promedio de frutos de segunda

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	5.19 g	46.57 g	41.37 g
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
6.88	1.03	9.35	2.72	0.0186	

El p-valor del Cuadro 23, evidencia que no existen diferencias significativas en cuanto al peso promedio de los frutos de tercera.

Cuadro 23:

t-Student para peso promedio de frutos de tercera

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	2.65 g	24.64 g	21.99 g
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
6.15	-1.07	6.37	1.55	0.1468	

Al relacionar los cuadros de cantidad de frutos de primera, segunda y tercera, y los cuadros de peso promedio de frutos en general, primera, segunda y tercera, es evidente que la diferencia en los rendimientos totales en kg/ha, radica básicamente en la cantidad de frutos de primera y en un peso mayoritario de los mismos.

Para entender el porqué de las diferencias en rendimiento, se expone el siguiente análisis y algunas conversaciones con citas bibliográficas. López Velásquez *et al.* (2018) señala que los fertilizantes altamente solubles comúnmente utilizados bajo la fórmula de N, P y K, son insuficientes para nutrir de manera adecuada al cultivo de tomate, y justo en ello, reside la importancia del bokashi con MM, porque es un abono que contiene los macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo de un vegetal y también, posee microorganismos eficientes que mejoran los procesos dentro del suelo como la CIC y ponen en disponibilidad nutrientes que sin la acción microbiana quedarían absorbidos o adsorbidos por los coloides. Además, según Silva (s.f.), los microorganismos son capaces de incrementar crecimiento, productividad, floración y fructificación. Todo esto se relaciona estrechamente con la Teoría de la Fertilidad del Suelo de Restrepo y Hensel (2009:62), donde no importa las cantidades de nutrientes que se le apliquen al suelo, si no existe actividad microbiana, el suelo no será fértil.

López Velásquez (2018) demostró que el bokashi con MM obtiene mayores rendimientos, mayor cantidad de frutos por planta y mayor peso promedio por fruto, en comparación al tratamiento convencional, lo cual fue comprobado en esta investigación, donde a pesar de la diferencia de altura de las parcelas (Cuadro 6) y estado de los suelos (Cuadro 2 del Anexo 2), el bokashi con MM, presentó los mejores resultados bajo los principios de validación de Ortiz (1991) y Radulovich y Karemans (1993): evaluar tecnologías en condiciones reales de los agricultores, para observar efectos auténticos.

6.1.4- Otros datos interesantes

Estos datos no se protocolaron, sin embargo, durante las observaciones de campo fueron notorias algunas reacciones diferenciadas a los tratamientos por parte de las variables dependientes evaluadas. Estas se presentan a continuación.

6.1.4.1- Plantas/ha que sobreviven al trasplante

Entre los tantos factores críticos en el cultivo de tomate del occidente de Guatemala, se encuentra el porcentaje de pegue de las plántulas o la sobrevivencia, sobre todo en las parcelas con déficit hídrico, para lo que se hace necesario costear la aplicación de hormonas que colaboren con el enraizamiento efectivo.

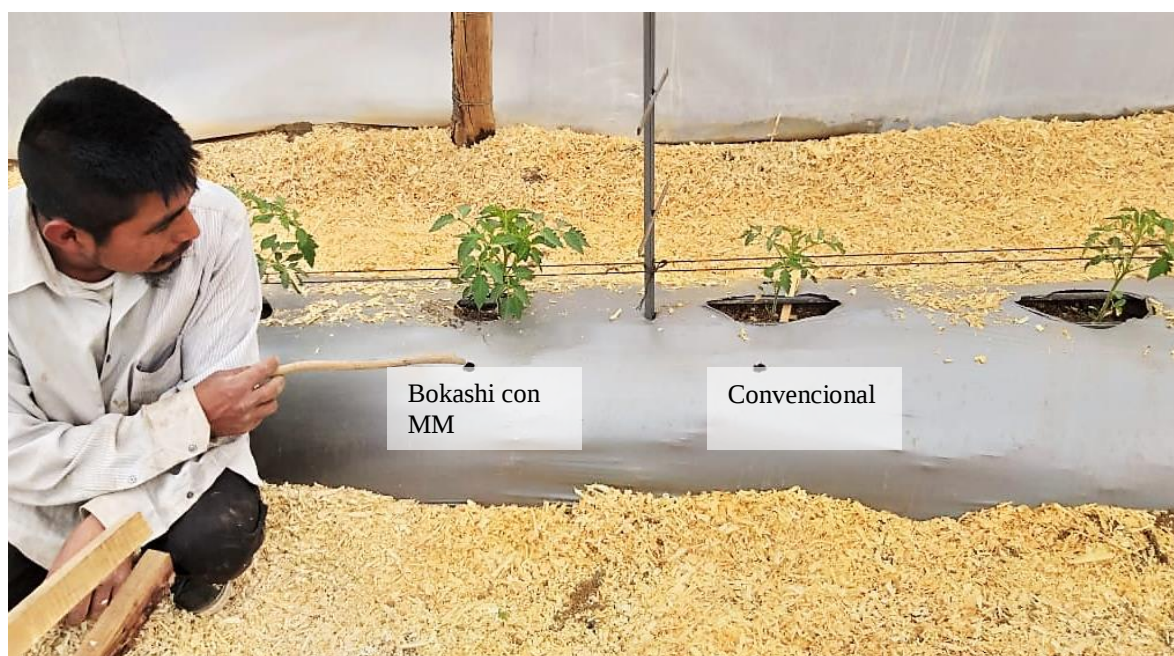
La cantidad de plantas que sobreviven al trasplante fue evaluada de la misma manera que las demás variables dependientes. El Cuadro 24, a través de medias, señala que el bokashi con MM presenta una diferencia favorable de pegue de 3 082.09 plantas/ha en comparación al tratamiento convencional. En la Fotografía 5, se pueden observar diferencias en el desarrollo de las plántulas, respecto a ambos tratamientos.

Lo anterior conlleva un costo extra en la producción convencional, debido que al replantar 3 082.09 plántulas se tendría que gastar de Q 2 157.46 a Q 3 852.61 más por hectárea, bajo el entendido que el costo de plántulas en la región varía de Q 0.7 a Q 1.25 cada una. Ahora bien, si ese gasto no se hiciera, se perderían 3 082.09 plantas/ha y tomando en cuenta el rendimiento en kg/ha del tratamiento convencional presentado en el Cuadro 12, automáticamente, se dejarían de producir 8 814.78 kg/ha, lo que representa mayores pérdidas económicas.

Cuadro 24:

t-Student para cantidad de plantas que sobrevivieron al trasplante

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	3082.09	28441.72	25359.63
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
2659.52	1474.96	4689.22	4.18	0.0013	



Fotografía 6: Diferencia en el desarrollo de plántulas del bokashi con MM y el tratamiento convencional, en la parcela de Los Marroquín, Palestina de los Altos

6.1.4.2- Plantas/ha enfermas

Siendo las enfermedades en plantas, un factor determinante en el rendimiento por hectárea, se generó un conteo básico de plantas que presentaban sintomatología de enfermedad a los 60 días después del trasplante, y mediante la prueba t-Student (Cuadro 25), se determinó que existe diferencia significativa. Debido a que esta variable no era prioritaria dentro del estudio, no se pudieron generar análisis que determinaran con exactitud las

enfermedades detectadas, aunque según, la experiencia de los agricultores, técnicos e investigadores, se sugiere que dentro de las enfermedades se encontró: pudrición de raíz (*Rhizoctonia* sp.), marchitez bacteriana (*Ralstonia* sp.), cáncer de tallo (*Fusarium* sp.), tizón (*Phytophthora* sp.) y mancha marrón (*Alternaria* sp.).

Cuadro 25:

t-Student para cantidad de plantas enfermas a los 60 días después del trasplante

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Bokashi con MM	Convencional	13	-3 433.84	1 417.16	4 851.01
DE (dif)	LI (95 %)	LS (95 %)	T	Bilateral = p-valor	
3 838.03	-5 753.14	-1 114.55	-3.23	0.0073	

El Cuadro 25, se relaciona directamente con la Teoría de la Trofobiosis de Chaboussou (1987), donde indica que una planta bien nutrida, difícilmente será atacada por plagas y enfermedades y que la resistencia o sensibilidad de la planta al ataque de patógenos, se relaciona al uso o no uso de agrotóxicos y abonos químicos de alta solubilidad (urea, cloruro de potasio, superfosfatos y NPK) y otros factores que eliminan organismos benéficos y afectan de manera negativa la proteosíntesis, pues, los patógenos (insectos, nematodos, ácaros, hongos, bacterias y virus), son seres que tienen una pequeña variedad de enzimas digestivas, lo que reduce su capacidad de alimentarse de moléculas complejas como proteínas, pero si se alimentan con favoritismo de formas más simples como los aminoácidos, nitratos y azúcares. Entonces, a una mayor formación de proteínas, menor será la cantidad de aminoácidos, azúcares y minerales solubles, por lo tanto, tendrán menor incidencia de plagas y enfermedades.

Lo mencionado en el párrafo anterior cobra alta importancia al observar la cantidad de plantas enfermas en el Cuadro 25, y también, al traer a colación lo demostrado por López Velásquez *et al.* (2018), en donde los frutos del tratamiento nutritivo de bokashi a base de estiércol de gallina con MM y del tratamiento que únicamente contempló la aplicación de MM, presentaron niveles más altos de proteína en comparación a los frutos obtenidos a través de la nutrición con productos químicos. Por ende, la Teoría de la Trofobiosis ayuda a explicar la razón por la cual el tratamiento de bokashi con MM presenta menor vulnerabilidad a enfermedades.

El bokashi con MM es una alternativa de ACI. Lo que determina su importancia en la mejora de la seguridad alimentaria, mitigación y adaptación al cambio climático, preservación de recursos naturales y gestión eficiente de la biodiversidad, el agua y los nutrientes del suelo (FAO s.f.).

6.2- Rentabilidad

Para estudios experimentales o de validación, el CIMMYT (1988) recomienda comparar beneficios brutos y costos diferentes por tratamiento, pues la preocupación del productor reside en ello, y no en los costos similares entre tratamientos, ya que estos últimos no afectan la toma de decisión.

Los precios del tomate que se manejaron para el análisis económico se promediaron del sondeo de precios generado durante el año 2019 en diversas plazas de Quetzaltenango y San Marcos (Figura 5). Los promedios de precio quedaron de la siguiente manera: Q 9.40 kg de primera, Q 8.20 kg de segunda y Q 7.10 kg de tercera.

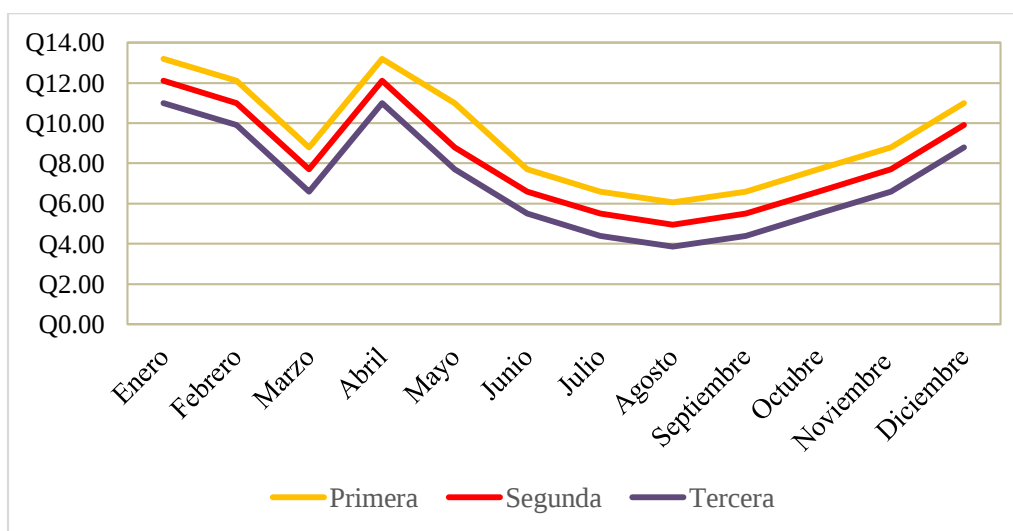


Figura 5: Precios por kg de tomate en plazas de Quetzaltenango y San Marcos durante el año 2019.

6.2.3- Presupuesto parcial y análisis marginal

El presupuesto parcial se presenta de manera detallada en el Cuadro 26. Debido a que, dentro del presente estudio, prácticamente los productores manejaron sus parcelas bajo sus propias condiciones, los rendimientos medios no fueron ajustados, porque esto únicamente aplica cuando las parcelas experimentales son manejadas por investigadores y se considera que el agricultor no tendrá los mismos cuidados o recursos, por ende, tendrá menores rendimientos.

Para hallar el precio en campo del tomate, se le restó al beneficio económico percibido por kilogramo la cantidad monetaria necesaria para cosechar y transportar dicho kilogramo de producto. La mano de obra para la cosecha constituyó Q 0.16/kg, mientras el transporte Q 0.05/kg, entonces, al precio de venta de cada kilogramo, se le restó Q 0.21.

Dentro del presupuesto parcial se evaluaron las dos variables independientes o tratamientos, y también, se consideró oportuno comparar la opción comercial del bokashi con MM.

Cuadro 26:
Presupuesto parcial

	Unidad de medida	Tratamientos		Comercial
		Bokashi con MM	Convencional	Bokashi con MM (Flor de Tierra)
Rendimiento medio de primera.	kg/ha	65 851.02	46 199.55	65 851.02
Rendimiento medio de segunda.	kg/ha	28 991.52	24 605.60	28 991.52
Rendimiento medio de tercera.	kg/ha	12 719.20	12 833.14	12 719.20
Precio en campo de frutos de primera.	Q/kg	9.19	9.19	9.19
Precio en campo de frutos de segunda.	Q/kg	7.99	7.99	7.99
Precio en campo de frutos de tercera.	Q/kg	6.89	6.89	6.89
Beneficios de campo de frutos de primera.	Q/ha	604 896.49	424 381.37	604 896.49
Beneficios del campo de frutos de segunda.	Q/ha	231 763.04	196 701.27	231 763.04
Beneficios de campo de frutos de tercera.	Q/ha	87 688.28	88 473.81	87 688.28
Beneficios brutos de campo.	Q/ha	924 347.82	709 556.44	924 347.82
Costo de estiércol vacuno.	Q/ha	20 327.19	30 327.19	20 327.19
Costo de estiércol de gallina.	Q/ha	5 153.00	6 397.27	0.00
Costo de paja seca.	Q/ha	7 346.16	0.00	0.00
Costo de carbón.	Q/ha	1 518.00	0.00	0.00
Costo de ceniza.	Q/ha	1 718.75	0.00	0.00
Costo de broza.	Q/ha	206.25	0.00	0.00
Costo de levadura.	Q/ha	504.00	0.00	0.00
Costo de panela.	Q/ha	996.00	0.00	0.00
Costo de leche.	Q/ha	1 160.00	0.00	0.00
Costo de afrecho de maíz.	Q/ha	1 725.00	0.00	0.00
Costo de MM Activados.	Q/ha	393.53	0.00	204.97
Costo de Rootex.	Q/ha	0.00	11 179.96	0.00
Costo de Bayfolan.	Q/ha	0.00	9 387.00	0.00
Costo de la cal agrícola.	Q/ha	0.00	238.40	0.00
Costo de Calcio Boro.	Q/ha	0.00	3 552.00	0.00
Costo de K-fol.	Q/ha	0.00	1 400.00	0.00
Costo de Hidrocomplex.	Q/ha	0.00	10 450.00	0.00
Costo del Nitrato de potasio.	Q/ha	0.00	12 141.23	0.00
Costo del Nitrato de calcio.	Q/ha	0.00	4 597.56	0.00
Costo del Triple 15.	Q/ha	0.00	2 362.80	0.00
Costo del agua.	Q/ha	294.82	883.87	107.32
Costo de mano de obra de aplicaciones foliares.	Q/ha	795.10	10 192.00	795.10

Costo de mano de obra de aplicaciones radicales.	Q/ha	11 112.00	17 114.67	11 112.00
Costo de mano de obra de volteo de abonos.	Q/ha	3 262.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra de preparación MM sólidos.	Q/ha	960.00	0.00	960.00
Costo de mano de obra de activación de MM activados y líquidos.	Q/ha	100.00	0.00	100.00
Costo de sacos de almacenamiento.	Q/ha	1 595.34	0.00	0.00
Costo de mano de obra para elaboración de local para almacenar abono.*	Q/ha	768.00	0.00	0.00
Costo de material para elaboración de locales de almacenamiento.*	Q/ha	2 567.63	0.00	0.00
Costo de recipientes plásticos de almacenamiento.*	Q/ha	600.00	0.00	0.00
Costo de bomba de asperjar.*	Q/ha	1 400.00	1 400.00	1 400.00
Costo de sacos Flor de Tierra.	Q/ha	0.00	0.00	50 820.00
Total, de costos que varían.	Q/ha	64 502.77	121 623.95	85 826.58
Beneficios netos.	Q/ha	859 845.05	587 932.49	838 521.24

Los costos que fueron marcados con (*), tienen una durabilidad de 5 años, no es un costo anual o por ciclo de cultivo.

El presupuesto parcial indica que el bokashi con MM genera un beneficio del 31.62 % mayor, en comparación al tratamiento convencional o testigo, en el cual, como se evidencia en el Cuadro 26 se han aplicado algunas fuentes de materia orgánica y varios fertilizantes químicos. Esto, coincide con los datos de López Velásquez *et al.* (2018), quien menciona que el bokashi a base de estiércol de gallina genera beneficios netos del 33.27 % mayores que el tratamiento químico.

En cifras financieras, el bokashi con MM retribuye Q 271 912.56 más que el tratamiento convencional y Q 21 323.81/ha más que el abono comercial Flor de Tierra; este último a su vez, retribuye Q 250 588.75/ha más que el químico o convencional. Es importante aclarar que en los costos que varían no se incluyeron los controles fitopatológicos porque estos se aplicaron de manera indiscriminada sobre ambos tratamientos.

Bajo un sencillo análisis de dominancia se determina que el bokashi con MM ha dominado al tratamiento convencional, dado que sus costos variables son menores y sus beneficios netos mayores. La razón anterior determina que no hay necesidad de generar una tasa marginal de ganancias, pues el tratamiento convencional es más caro y tienen beneficios netos más bajos, sería una inversión sin sentido.

Para corroborar datos de los beneficios económicos de ambos tratamientos, el Cuadro 27 presenta un análisis de residuos con una tasa de retorno mínima del 125%, la cual fue calculada a través de los métodos capital del mercado formal e informal y tasa de retorno mínima aproximada. En cuanto al primer método, normalmente los productores acceden a un crédito con la municipalidad u otras instituciones en el primer ciclo de cultivo o prestan el dinero a usureros que cobran aproximadamente el 7 % del total al mes, esto quiere decir, que en 5 meses, se tendrá una deuda de un 35 % más de lo que se prestó; el método de capital de mercado formal e informal, sugiere duplicar el porcentaje adquirido de la deuda para calcular la tasa de retorno mínima que pretende percibir el productor, por lo tanto, este factor constituye un 70 %. Ahora bien, en cuanto al método de tasa de retorno mínima aproximada, se calcula el porcentaje con el cual el agricultor cambiaría de la tecnología convencional al bokashi con MM, y mediante un sondeo se definió que esperaban recibir por lo menos el 55 % más. Entonces, en total, el productor espera una tasa de retorno mínima del 125 %, aunque el CIMMYT (1988) aconseja tasas del 50 % al 100 %.

Cuadro 27:

Análisis de residuos

Tratamiento	Total, de costos que varían Q/ha	Beneficios netos Q/ha	Retorno requerido Q/ha	Residuos Q/ha
Bokashi con MM	64 502.77	859 845.05	80 628.46	779 216.59
Convencional	121 623.95	587 932.49	152 029.94	435 902.55

El Cuadro 27, determina que en el caso del bokashi con MM, los agricultores al invertir Q 64 502.77/ha, pretendían tener por lo menos una ganancia de Q 80 628.46, sin embargo, obtuvo una ganancia de Q 779 216.59 más de lo que esperaba. Mientras tanto, con el tratamiento convencional, debido a que los costos son más altos y con una tasa de retorno mínima de 125 %, los agricultores pretendían obtener por lo menos una ganancia de Q 152 029.94/ha, y consiguieron Q 435 902.55 más de lo que esperaban. Este análisis reafirma la ventaja económica de utilizar bokashi con MM pues la inversión es menor, por lo tanto, hay menos riesgos y las ganancias superan por mucho al tratamiento convencional.

6.2.1- Análisis de sensibilidad

El tomate es un cultivo con mayor fluctuación de precios entre meses y entre años. Para calcular la rentabilidad de los tratamientos en diversas circunstancias se genera el análisis de sensibilidad en el Cuadro 28, donde se utilizó el precio más bajo, el precio medio y el precio más alto que reportó el tomate durante el año 2019 (Figura 5).

Cuadro 28
Análisis de sensibilidad

	Unidad de medida	Caso A (precio bajo)		Caso B (precio medio)		Caso C (precio alto)	
		Bokashi con MM	Convencional	Bokashi con MM	Convencional	Bokashi con MM	Convencional
Rendimiento medio de primera	kg/ha	65 851.02	46 199.55	65 851.02	46 199.55	65 851.02	46 199.55
Rendimiento medio de segunda	kg/ha	28 991.52	24 605.60	28 991.52	24 605.60	28 991.52	24 605.60
Rendimiento medio de tercera	kg/ha	12 719.20	12 833.14	12 719.20	12 833.14	12 719.20	12 833.14
Precio en campo de frutos de primera	Q/kg	5.84		9.19		12.99	
Precio en campo de frutos de segunda	Q/kg	4.74		7.99		11.89	
Precio en campo de frutos de tercera	Q/kg	3.64		6.89		10.79	
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	384 569.96	269 805.37	604 896.49	424 381.37	855 404.75	600 132.15
Beneficios del campo de frutos de segunda	Q/ha	137 419.80	116 630.54	231 763.04	196 701.27	344 709.17	292 560.58
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	46 297.89	46 712.63	87 688.28	88 473.81	137 240.17	138 469.58
Beneficios brutos de campo	Q/ha	568 287.65	433 148.55	924 347.82	709 556.44	1 337 354.09	1 031 162.32
Total, de costos que varían	Q/ha	64 502.77	121 623.95	64 502.77	121 623.95	64 502.77	121 623.95
Beneficios netos	Q/ha	503 784.88	311 524.60	859 845.05	587 932.49	1 272 851.32	909 538.37
Retorno mínimo requerido	Q/ha	80 628.46	152 029.94	80 628.46	152 029.94	80 628.46	152 029.94
Residuos	Q/ha	423 156.42	159 494.66	779 216.59	435 902.55	1 192 222.86	757 508.43

Al Cuadro 28 da resultados de los beneficios netos que se pueden obtener en el peor y mejor de los casos, según el precio del tomate 2019 (Figura 5). Al relacionar los retornos requerido y los residuos del **Caso A**, se determina que en el peor de los casos el bokashi

con MM tendría una ganancia de Q 423 156.42/ha más de lo que se había planificado, mientras, el tratamiento convencional, tendría un residuo de Q 159 494.66/ha. Esto quiere decir, que aún en el peor de los casos de los precios del año 2019, ambos tratamientos generan mayores ganancias a las esperadas por los productores o retorno mínimo requerido.

Recalcando que se utilizan los beneficios netos y no las utilidades, y con el afán de aclarar de mejor manera las utilidades del productor, se plantea el siguiente ejercicio: al suponer que, en controles fitopatológicos, deshierbado, limpieza de parcela y mano de obra para diversas labores culturales, se suman Q 150 000.00/ha, entonces, el tratamiento de bokashi con MM generaría una utilidad mayor de la que el productor espera de Q 273 156.42/ha, mientras, el tratamiento convencional generaría únicamente Q 9 494.66/ha más de lo que el agricultor esperaba percibir. Este ejemplo se puede aplicar de igual manera al Caso B y al Caso C, en donde por supuesto, utilidades serán mayores.

Dentro del marco del ejemplo anterior, en el que se supone que son necesarios Q 150 000.00 más de lo invertido en nutrición para producir en una hectárea de cultivo de tomate, se calculará la rentabilidad de los tres casos de sensibilidad (Cuadro 29).

Cuadro 29

Rentabilidad

Caso de sensibilidad	Tratamiento	Total, de egresos	Beneficios brutos de campo	Utilidades	Rentabilidad
		Q/ha	Q/ha	Q/ha	%
A	Bokashi con MM	214 502.77	568 287.65	353 784.88	164.93
	Convencional	271 623.95	433 148.55	161 524.60	59.47
B	Bokashi con MM	214 502.77	924 347.82	709 845.05	330.93
	Convencional	271 623.95	709 556.44	437 932.49	161.23
C	Bokashi con MM	214 502.77	1 337 354.09	1 122 851.32	523.47
	Convencional	271 623.95	1 031 162.32	759 538.37	279.63

El total de egresos se halló sumándole Q 150 000.00 a los costos que varían.

El Cuadro 29, reafirma los beneficios económicos del bokashi con MM, el cual, dependiendo del precio de campo del tomate, puede tener una rentabilidad entre el 164.93 % al 523.47 %. Comparado a una rentabilidad del 59.47 % al 279.63 % obtenida con el tratamiento convencional.

Con todos los análisis anteriores, es innegable la ventaja económica del bokashi con MM sobre el tratamiento convencional o testigo. Sólo, dentro del aspecto económico el bokashi con MM durante la investigación contribuyó de alguna manera en los Objetivos 1, 2, 3 y 8 del Desarrollo Sostenible, y si esto, fuera gestionado de forma adecuada los

beneficios podrían ser mayores, pues el aumento del residuo o las utilidades mitiga crisis económicas y se tienen mayores recursos para alimentación y educación. mientras se promueven prácticas de agricultura sostenible de manera paralela al crecimiento económico.

6.3- Opinión y comportamiento del productor

Esta es la variable más importante del estudio, dado que dentro de la misma influyen aspectos técnicos, económicos y culturales. En varias ocasiones sucede que hay tecnologías “promisorias” para los técnicos o investigadores, sin embargo, al no tomar en cuenta la opinión de los agricultores, el problema se da en la transferencia de la tecnología, cuando esta no encuentra un espacio dentro del ambiente cultural del territorio local.

La validación se trabajó con agricultores líderes, como lo recomienda Zamora y Heer (s.f.). Esta variable fue evaluada con 25 agricultores; los 13 propietarios de las parcelas donde se evaluó el bokashi con MM y 12 agricultores más, a quienes se les invitó a días de campo o adoptaron la tecnología de manera temprana.

Luego de 3 días de campo, donde los productores observaron desde la preparación del suelo hasta las cosechas, mediante una imagen de evaluación (Figura 6) se conoció el nivel de preferencia de los agricultores respecto a los tratamientos evaluados (Figura 7).

	No me gusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta
Bokashi con MM	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
Testigo	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta

Figura 6: Boleta de evaluación de preferencia de tecnologías.

La Figura 7, demuestra que la opinión de las personas se volcó totalmente a favor del uso del bokashi con MM. El tratamiento convencional no le gusta al 32 %, le es indiferente al 64 % y únicamente le gusta al 4 %. Mientras, el bokashi con MM le gusta al 100 % de las personas.

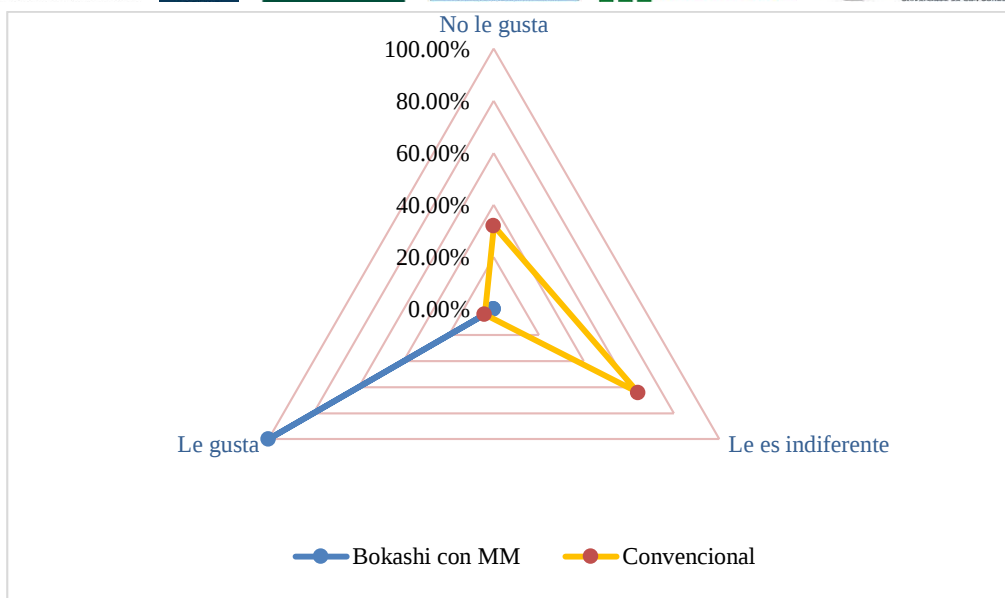


Figura 7: Niveles de preferencia de tecnologías.

El panorama para una posible transferencia de tecnología es claro, el bokashi con MM genera mayores rendimientos y ganancias, menores costes y le gusta al 100 % de las personas de la región. La alternativa está brindada, sin embargo, la opinión y el comportamiento de los agricultores en respuesta al bokashi con MM es más compleja que determinar únicamente el nivel de preferencia.

6.3.1- Pautas etnoagrícolas

En esta sección se abarcan elementos obtenidos durante las entrevistas individuales y grupos focales con agricultores y técnicos agrícolas municipales, y la observación en campo. La finalidad es dar a conocer y analizar el pensamiento y las acciones que los productores tomaron frente al bokashi con MM.

A través de programas sociales, los agricultores habían escuchado desde hace mucho tiempo sobre bokashi, sin embargo, nadie lo había utilizado, mucho menos con MM. Luego de usar y aprender a elaborar el bokashi con MM, y observar los resultados en el cultivo de tomate, los productores manifestaron que es una buena tecnología, porque los terrenos están “perdiendo fuerza” y este abono contribuye a la restauración, al mismo tiempo que, protege al ecosistema, a las familias campesinas y a los consumidores de la producción vegetal.

Entre los beneficios que el bokashi con MM genera al cultivo de tomate, según la opinión de los agricultores, resalta lo siguiente: amplía la tolerancia a plagas y enfermedades y genera buena producción en suelos poco aptos para la agricultura. En comparación a los tratamientos convencionales, el bokashi con MM aumenta el pegue de plántulas, el tiempo que se mantiene húmedo el suelo, el rendimiento y la rentabilidad, promueve la maduración pareja del cultivo, mejora el color interno, el peso y el tamaño de los frutos. También, aunque no se cuenta con un mercado especializado, según los productores, se puede comercializar

de mejor manera cuando se menciona que el tomate está cultivado con nutrientes orgánicos, debido a que la preocupación por el daño de los químicos es tanto de agricultores como de consumidores.

Es oportuno hacer hincapié en que, para llegar a las percepciones positivas por parte de los agricultores, el bokashi con MM antes tuvo que mostrar sus beneficios en campo. Por ejemplo, el Cuadro 9, lista los rendimientos en kg/ha de todas las localidades evaluadas, en donde únicamente en la localidad de Cantel de San Pedro Sacatepéquez, el rendimiento del tratamiento convencional fue superior al bokashi con MM; en este caso, se logró constatar que los productores no cumplieron con la periodicidad recomendada hacia la aplicación del bokashi con MM, ya que para el día 85 después del trasplante se tendrían que haber generado 6 aplicaciones y únicamente se realizaron 3. Los motivos de la no aplicación de bokashi con MM, fueron: falta de control en días calendario, consideración del productor de que no era necesario aplicar más abono y dependencia ideológica al uso de agroquímicos, creyendo que utilizar bokashi con MM sería una pérdida de tiempo pues no lograría obtener mejores resultados que con los productos químicos, un pensamiento fortalecido por los extensionistas de empresas de agroquímicos y la poca asistencia gubernamental. Además, según lo productores, cuando se empezó a impulsar el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en el occidente de Guatemala, varios técnicos de las instituciones que ejecutaban los programas, llegaban a las parcelas agrícolas con la misión de esterilizar los suelos por completo, aplicando productos como metan-sodio (prohibido en varios países) y evitando por completo el uso de abonos orgánicos, incluso en suelos vírgenes, para aplicar paquetes tecnológicos de agroquímicos ya establecidos. Prácticamente, estas acciones recaen en la concepción agrícola actual de los productores.

La dependencia ideológica se exteriorizó en 12 de los 13 agricultores propietarios de las localidades experimentales, siendo don Audilio Arreaga el único productor (de Esquipulas Palo Gordo) que ya confiaba en el tratamiento, pues había tenido contacto anterior con el bokashi con MM. Otro caso que vale la pena mencionar es el de Cuyá, Tejutla, en donde el productor (Marco Antonio de León Barrios) posee aproximadamente 5 000.00 m² de tierra bajo condiciones protegidas para el cultivo de solanáceas, por lo que es un líder frecuentado por empresas agrícolas, para validación de nuevos productos (normalmente químicos) para nutrición y protección fitopatológica. Al contactarlo para que uno de sus invernaderos y él, formaran parte de la validación, accedió, luego de expresar las siguientes palabras:



Fotografía 7: Elaboración de insumos para bokashi con MM en Cuyá, Tejutla, San Marcos.

“(…) Les voy a dar un espacio para que jueguen, porque aquí conmigo vienen todas las empresas grandes a ofrecer y probar sus productos, hasta soy el primero en probar nuevos híbridos, entonces está difícil que el abono orgánico le gane a lo que yo saco con mis tratamientos”⁹

Al término de la cosecha, don Marco, produjo con el bokashi con MM; 23 441.21 kg/ha más, que con el tratamiento que normalmente utilizaba, lo que generó un cambio en sus ideales de producción y actualmente, está cultivando el total de sus tierras con bokashi con MM, elaborando sus propios productos como se observa en la Fotografía 6.

Lo mencionado, dilucida uno de los factores a tomar en cuenta, y es que tanto, agricultores y profesionales agrícolas, se han aferrado tanto a la idea de que la producción con abonos orgánicos es menor que la producción convencional o con agroquímicos, que mientras no vean resultados positivos con tratamientos orgánicos, difícilmente cambiarán de tecnología.

A pesar de una dependencia ideológica inicial hacia los productos sintéticos, de los 25 agricultores que brindaron información para esta sección de la investigación, 21 ya utilizan el bokashi con MM en parcelas que no fueron tomadas en cuenta para la experimentación; aprovechan la tecnología para tomate y otros cultivos, como: papa, brócoli, remolacha, maíz, melocotón y limón persa. Incluso, los agricultores solicitaron que se generaran más investigaciones con la misma tecnología en otros cultivos de importancia para la economía del occidente de Guatemala, Prácticamente la tecnología validada se ha convertido en una innovación de producto y de proceso, dada la rápida apropiación por parte de los agricultores. En la Fotografía 7 se observa el uso independiente del bokashi con MM en una parcela de cultivo tomate y en la Fotografía 8, se observa una de las parcelas de papa usando dicha innovación.

Es importante resaltar y tomar en cuenta la importancia de la mujer en el cultivo de tomate, pues son las propietarias del 38 % de las parcelas donde se realizó la validación, y una de ellas, doña Mercedes Dionicio, fue la que obtuvo los mayores rendimientos.

⁹ De León Barrios, MA. 27 feb. 2019. Invitación para participar en la validación del bokashi con MM. Cuyá, Tejutla. Guatemala. ASODIC.



Fotografía 8: Adopción del bokashi con MM en invernaderos de tomate de Los Marroquín, Palestina de los Altos, Quetzaltenango.



Fotografía 9: adopción del bokashi con MM en cultivo de papa Loman en Las Lagunas, San Marcos, San Marcos.

Los productores en decisión unánime, calificaron al bokashi con MM como excelente y expresaron que lo quieren seguir utilizando dentro de sus parcelas, por los resultados positivos en el cultivo de tomate y porque consideran necesario proteger y mejorar la vida en los suelos. Sin embargo, una de las dificultades para elaborar el abono, es la falta de acompañamiento técnico que refuerce capacidades para dicha actividad, porque a pesar de que de localmente se cuenta con los recursos naturales necesarios para realizar un bokashi con MM de calidad, por desconocimiento no se aprovechan de la mejor manera, pues no es una tecnología con la que los agricultores estén familiarizados totalmente. La falta de acompañamiento técnico especializado para elaboración de productos agrícolas nutritivos de alta calidad, también, se ha convertido en el principal factor que empuja a los agricultores a mantener la costumbre de comprar todos los elementos a utilizar al cultivar tomate.

Si bien es cierto, el bokashi con MM no es una tecnología que los productores hayan utilizado desde años atrás, a varios de ellos, esto les hizo recordar a sus abuelos e incluso a sus padres, quienes utilizaban abonos naturales. Es de considerar entonces que, aunque haya factores críticos a tomar en cuenta para la transferencia de esta tecnología, como la dependencia ideológica hacia los agroquímicos y la costumbre de compra de productos, también hay factores positivos, como el subconsciente de las personas, donde está la agricultura natural u orgánica practicada por los ancestros de la cultura maya; en el presente, reside la preocupación por la vida de los suelos, los altos costos de producción, los riesgos por el uso de químicos y el cambio climático; y para el futuro se cuenta con la oportunidad de difundir todos los beneficios del bokashi con MM.



Fotografía 10: Bokashi con MM.

7- Conclusiones

Estadísticamente la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa del estudio, que reza lo siguiente: el bokashi con MM y el tratamiento convencional presentan diferencias significativas. En comparación al tratamiento convencional, el bokashi con MM produce por hectárea: 24 958.09 kilogramos totales más, 18 651.47 kilogramos de primera más, 256 490.49 frutos más, 205 139.58 frutos de primera más y, en general frutos 6.07 g más pesados, frutos de primera 6.33 g más pesados y frutos de segunda 5.19 g más pesados. Asimismo, la tecnología validada aumentó el pegue de plántulas al momento de trasplante (3 082.09 plántulas más por hectárea) y disminuyó la incidencia de enfermedades (3 433.84 plantas menos por hectárea). Palpablemente, el bokashi con MM mejora la producción del cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.

En términos económicos, los costos que varían son 46 % más bajos para el bokashi con MM, esto quiere decir, que, al sustituir el tratamiento convencional por el bokashi con MM, el agricultor ahorraría Q 57 121.18 por cada hectárea cultivada. Respecto a los beneficios netos, el bokashi con MM retribuye Q 271 912.56 más que el tratamiento convencional, por cada hectárea cultivada, o sea, un 31.62 % más. En definitiva, financieramente es más rentable el bokashi con MM, pues sus costos de producción son menores y sus beneficios netos son mayores que el tratamiento convencional. Este es un punto fundamental, porque a los agricultores les preocupa mejorar la producción, cuidar suelos, pero también, obtener mayores ganancias económicas.

La opinión de los productores fue transitoria, al inicio de la validación no hubo mucha confianza al bokashi con MM, sin embargo, al observar el uso en campo y los resultados obtenidos en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas; los agricultores se convencieron de los beneficios del uso de la tecnología validada, de tal manera que la mayor parte de productores que participaron en el análisis de opinión y reacción, ya utilizan el bokashi con MM en parcelas que no fueron parte de la investigación, incluso, se ha iniciado a emplear en otros cultivos.

La tecnología validada es integral, establece mejoras a las propiedades químicas del suelo (CIC y pH), a la disponibilidad de nutrientes y al contenido de materia orgánica, además, ocasiona la producción frutos con mejor calidad nutricional, mayor cantidad de proteínas y minerales, y menor cantidad de grasas. El bokashi con MM, promueve la biodiversidad del suelo, la retención hídrica del mismo y dado que sus elementos son naturales, no genera riesgos potenciales para las familias campesinas. Esta tecnología, aumenta el pegue de plántulas y disminuye la incidencia de enfermedades, aumenta el rendimiento y la rentabilidad de cultivo de tomate, y cuenta con la aceptación de agricultores del departamento de Quetzaltenango y San Marcos, lo que brinda una excelente oportunidad para que se generen procesos de transferencia.

8- Recomendaciones

Organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones gubernamentales y académicas enlazadas al agro de Guatemala, deberían de transferir el bokashi con MM a la región occidental, utilizando estrategias (para mujeres y hombres) que propicien un cambio a la dependencia e idealización de los agroquímicos por parte de agricultores, técnicos y universidades, como Escuelas de Campo con enfoque de Marco de Capitales Comunitarios (MCC), Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL), parcelas demostrativas y otras.

La Práctica Profesional Supervisada (PPS) y el Servicio Profesional Supervisado (SPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) y servicios estudiantiles de otras universidades, son como oportunos vehículos de transferencia tecnológica, debido a que llegan a un sinnúmero de comunidades rurales de difícil acceso. Para el aprovechamiento de esta oportunidad, la academia se debería vincular de manera eficiente a municipalidades, al MAGA y ONG's. con base en una planificación seria que sugiriera la transferencia del bokashi con MM.

En los huertos escolares, sería conveniente el uso del bokashi con MM, ya que este es elaborado con materiales naturales, no presenta malos olores y no es un producto tóxico, por lo que los niños podrían manipularlo. De igual manera, las municipalidades deberían de incluir dentro de sus programas relacionados a lo agrícola, el uso del bokashi con MM, contribuyendo a la sostenibilidad de sistemas campesinos y buscando, inclusive, las primeras comunidades libres de químicos.

La adopción temprana del bokashi con MM, sugiere la necesidad de evaluar los efectos de dicha innovación en diversos cultivos, para especificar dosis y periodicidad de aplicación, al mismo tiempo, rendimientos, costos, calidad nutricional y otros aspectos importantes.

Los MM activados, son descomponedores de materia y bioactivadores del suelo que mejoran la disponibilidad de nutrientes y las condiciones químicas y biológicas, por lo que es recomendable utilizarlos en suelos degradados e incluso podrían utilizarse para mejorar composteras o estiércoles frescos de animales que son utilizados para la agricultura. Los MM, pueden ser utilizados en un sinnúmero de temas de investigación, como; profundizar en la acción de estos en los suelos y evaluar los efectos, como: controles fitopatológicos y pecuarios, sustratos para hortalizas y especies forestales, mejoradores de agua de riego y descomposición de residuos sólidos.

Se deben de establecer estrategias que valoricen de mejor manera el tomate y todos los productos agrícolas, para disminuir el riesgo de los productores a pérdidas económicas por fluctuaciones inconvenientes de precios, causadas por diversos motivos, como sobre oferta local, ingreso de vegetales de contrabando, manejo distinto de precios entre agricultores y otros. Sería conveniente, montar centros de acopio que apoyen en la estabilidad de precios, o desarrollar reglamentos o acuerdos que sigan la misma dirección.

9- Referencias bibliográficas

- Acosta Almánzar, H. 2012. Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Tesis. MsC. en Agricultura Ecológica. Turrialba. CR. CATIE. 100p.
- Alfonso, FL; Toro, I. 2010. Riesgo ambiental por el uso de agroquímicos. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 32 – 41 p.
- Ávila Villegas, CL; Olvera Granados, LA. 2006. Estudio de factibilidad para la elaboración de abono orgánico fermentado de tipo bokashi. Tesis Lic. Hidalgo, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 251 p.
- Ayuntamientos San Sebastián de los Reyes. s.f. Manual básico para hacer compost. s.l. Consultado 22 jul. 2016. Disponible en <http://www.resol.com.br/cartilhas/252648184-manual-de-compostaje.pdf>
- Baltodano, P. 2002. Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bokashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento. Tesis Lic. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 39 p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) 2011. Elaboración y uso de bocashi. El Salvador. FAO. 11 p.
- Cepeda, JM. 1999. Química de suelos. 2 ed. Ciudad de México, México. Trillas. 167 p.
- Chaboussou, F. 1987. La Teoría de la Trofobiosis: Nuevos caminos para una agricultura sana. Brasil. Centro de Agricultura Ecológica Ipe. 31 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F, México. s.e. 79 p
- Corbella, R; Fernández de Ullivarri, J. s.f. Materia orgánica del suelo. s.l. Universidad Nacional de Tucumán. 9 p.
- DISAGRO (Distribuidora de Agroquímicos, S.A., GT) 2004. Manejo técnico del cultivo de tomate. (en línea). Guatemala. Consultado 12 sep. 2016. Disponible en: <http://www.disagro.com/tomate/tomate1.htm>
- EMPROTEC (EM Producción y Tecnología S.A. CR) s.f. Guía de la tecnología de EM. San Juan de Tibás, Costa Rica. APNAN. 36 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). s.f. El cultivo protegido del clima del Mediterráneo. (En línea). Consultado 2 mayo. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) s.f. Manual de agricultura climáticamente inteligente. FIDA

Garrido Valero; S. s.f. Interpretación de análisis de suelos. Madrid, España. Ministerio de Agricultura y Alimentación. 40 p.

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola) 1981. Guía técnica de investigación agrícola. Guatemala. ICTA. 17 p.

ICTA. 2010. Manual elaboración de abonos orgánicos sólidos, tipo compost. Quetzaltenango, Guatemala. ICTA. 17 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2014. Innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. IICA. 20 p.

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá); OPS (Oficina Panamericana de la Salud). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2da., edición. Ciudad de Guatemala, Guatemala. INCAP. 126 p.

Ortiz, R. 1991. A new model for technology transfer in Guatemala; closing the gap between research and extension. Guatemala. ISNAR, OFCOR-Discussion Paper 2, The Hague, 29 p.

Pérez, J; Hurtado, G; Aparicio, V; Argueta, Q; Larín, M. s.f. Guía técnica cultivo del tomate. La Libertad, El Salvador, CENTA. 48 p.

López Velásquez, EB. 2018. Tomate: evaluación de fuentes materia orgánica, para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel en dos localidades del departamento de San Marcos. Tesis Lic. San Marcos, Guatemala. USAC. 114 p.

López Velásquez, EB; Montejo Sierra, IL; Orozco, LA; Méndez, JM. 2018. Tomate: evaluación de fuentes materia orgánica, para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel en dos localidades del departamento de San Marcos. San Marcos, Guatemala. IICA. 91 p.

- Martínez, M. 2016. Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate occidente de Guatemala. Quetzaltenango, Guatemala. Grupos Gestores. 69 p.
- Martínez, M; Pantoja, A; Román, P. 2013. Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. Santiago de Chile, Chile. FAO. 108 p.
- Menchú Méndez. 2011. Análisis de la situación alimentaria en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. INCAP. 57 p.
- Ministerio de Agricultura, CL. s.f. Agricultura orgánica nacional. (En línea). Chile. Consultado el 18 jul. 2016. Disponible en http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org_nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf
- OIT (Oficina Internacional del Trabajo). Seguridad y salud en la agricultura. Ginebra, Suiza. SafeWork. 23 p.
- Radulovich, R; Karemans, J. 1993. Validación de tecnologías un puente entre generación y transferencia. Turrialba, Costa Rica. 42,63,72 p.
- Ramos, D; Terry, E; Soto, F; Cabrera, J. 2014. Bokashi abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. Bocas del Toro, Panamá, Ministerio de Educación Superior de Cuba. 8 p.
- Ramos Agüero, D; Terry Alfonso, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales 35 (4): 52- 59.
- Restrepo Rivera, J. 2007. El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua, Nicaragua, imprenta Printex. 258 p.
- Restrepo Rivera, J; Hensel, J. 2009. Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. Cali, Colombia, Feriva. 318 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). s.f. Abonos orgánicos. Texcoco, México. Sistema de Agronegocios Agrícolas. 8 p.
- Silva, M. s.f. Microorganismos eficientes: solución a problemas ambientales. (en línea). Consultado 16 mar. 2018. Disponible en: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
- Soto, G. 2002. Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate. Ed. L Pérez. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 16 p.

Tjalling, H. 2006. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. Brasil. SQM. 83 p

Zamora, A; Heer, C. s.f. Investigación en fincas: validación o prueba de tecnología ICTA en la región Sur-Oriental: validaciones de variedades, el rol del mejorar, el extensionista y agricultor. Guatemala. ICTA. 103-108 p.

Anexos

Anexo 1: Cambios químicos del suelo donde se cultiva tomate diferenciado por la fertilización: agroquímicos y bokashi a base de estiércol de gallina con MM.

Cuadro 1:

Diferencia en el suelo de acuerdo con el tipo de fertilización (agroquímicos y bokashi gallina con MM) en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, del departamento de San Marcos

Parámetros y elementos	Antes del cultivo	Suelo después del cultivo		Rango adecuado
		Tratamiento		
		Bokashi con MM	Fertilizantes químicos	
pH	5.58	6.96	6.15	5.50 - 7.20
Concentración de sales (dS/m)	0.69	1.27	0.79	0.2 - 0.8
Materia orgánica (%)	3.68%	5.55%	4.68%	2.0 - 4.0
C.I.C.e. (meq/100 ml)	9.40	32.50	14.30	5.0 - 15.0
Saturación K (%)	17.24	12.68	14.31	4-6
Saturación Ca (%)	70.71	71.29	74.12	60 - 80
Saturación Mg (%)	12.06	16.03	11.57	10 - 20
Saturación Al+H (%)	0.00	0.00	0.00	< 20
P (ppm)	15.80	94.50	31.40	30 - 75
K (ppm)	635.10	1 608.00	799.80	150 - 300
Ca (ppm)	1 336.00	4 635.00	2 125.00	1000 - 2000
Mg (ppm)	136.70	625.20	199.10	100 - 250
S (ppm)	38.20	90.70	56.80	10 - 100
Cu (ppm)	2.70	3.70	2.80	1 - 7
Fe (ppm)	48.80	55.90	48.00	40 - 250
Mn (ppm)	9.40	20.90	11.90	10 - 250
Zn (ppm)	5.70	26.30	8.30	2 - 25
Al (ppm)	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 20% Sat. Al.

Fuente: Tomado de López Velásquez, 2018, análisis realizado en Soluciones Analíticas S.A. 2017.

El bokashi con MM mejora el pH del suelo, pasando de suelos moderadamente ácidos a suelos neutros de acuerdo con la clasificación de Cepeda (1999), esto, mejora las condiciones para el cultivo y lo sitúa en la posición más adecuada respecto a la disponibilidad de nutrientes. Respecto a la CIC, con la aplicación de bokashi con MM, los suelos pasaron de muy pobres a suelos medios, dentro de la clasificación de suelos de Carrido Valera (s.f.).

Los nutrientes: fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, hierro, manganeso y zinc, se presentaron en mayores cantidades en tratamiento de bokashi a base de estiércol de gallina con MM, en comparación con el tratamiento químico. Es importante indicar que

Plaster (2000) menciona que entre el 25% y el 75% del fósforo total en el suelo reside en la materia orgánica, además, según el mismo autor, solo una pequeña parte del potasio se encuentra dentro de la materia orgánica del suelo o en solución del suelo, y en mayor cantidad se encuentra adsorbido por coloides, la importancia de lo anterior se da porque los microorganismos contribuyen en la disposición de nutrientes para los vegetales.

Anexo 2: Análisis de suelo de las parcelas donde se realizó la validación del bokashi con MM.

Cuadro 2:

Análisis de suelos de parcelas donde se validó el bokashi con MM

	A	B	C	D	E	G	H	H	I	J	K	L	M
pH	6.54	7.73	7.59	7.51	6.85	5.78	5.86	6.19	6.09	5.90	6.23	6.42	7.78
Concentración de sales (dS/m)	0.79	0.32	3.72	0.50	0.55	6.99	0.35	0.12	0.30	1.76	0.13	0.24	2.51
Materia orgánica (%)	2.03	2.87	4.44	2.21	5.67	3.74	4.86	3.24	4.18	3.77	5.45	2.93	3.21
C.I.C.e. (meq/100 ml)	10.20	19.50	40.20	11.30	18.40	26.30	13.30	12.80	10.00	14.50	9.80	7.50	31.60
Saturación K (%)	5.05	6.86	16.58	5.37	15.67	15.17	9.44	9.19	9.18	16.07	17.19	4.97	13.60
Saturación Ca (%)	70.99	84.28	61.59	73.35	66.64	63.40	76.49	73.93	78.89	70.36	71.59	78.53	65.62
Saturación Mg (%)	23.96	8.87	21.83	21.28	17.69	21.44	14.07	16.88	11.93	13.58	11.22	16.50	20.78
Saturación Al+H (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P (ppm)	148.40	30.90	257.30	236.90	56.90	481.20	31.80	7.00	36.50	60.90	10.60	13.40	475.70
K (ppm)	200.70	522.40	2 602.00	237.30	1 124.00	1 553.00	488.20	457.50	359.30	908.90	654.70	145.50	1 678.00
Ca (ppm)	1448.00	3 293.00	4 956.00	1 662.00	2 452.00	3 329.00	2 028.00	1 888.00	1 583.00	2 041.00	1 398.00	1 180.00	4 153.00
Mg (ppm)	293.20	207.90	1054.00	289.30	390.50	675.40	223.80	258.70	143.60	236.30	131.50	148.80	789.10
S (ppm)	55.70	6.50	87.60	28.80	39.00	257.70	19.50	15.10	10.10	19.70	11.00	12.50	67.90
Cu (ppm)	4.90	5.40	3.70	6.10	3.20	5.90	2.80	1.50	2.90	3.30	1.10	1.90	3.90
Fe (ppm)	130.10	48.20	105.70	125.80	60.90	212.30	310.00	72.90	83.10	77.50	58.80	46.40	149.70
Mn (ppm)	34.70	9.70	47.50	45.90	15.40	83.70	50.70	8.00	17.40	31.80	10.70	7.00	52.60
Zn (ppm)	8.50	26.40	40.90	24.60	16.90	24.00	12.50	0.90	4.80	6.60	4.40	2.60	49.90
Al (ppm)	< 8.12	< 8.11	< 8.10	< 8.09	< 8.08	< 8.07	< 8.06	< 8.05	< 8.04	< 8.03	< 8.02	< 8.01	< 8.00

A: San José las Islas. B: Agua Caliente. C: El Cedro. D: Cantel. E: Cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo. F: San Isidro Ixcolochil. G: Armenia. H: Cuyá. I: Los Marroquín (1). J: Los Marroquín (2). K: La Cumbre. L: Nueva Concepción. M: La Victoria.

Anexo 3: Análisis de suelo de las parcelas donde se realizó la validación del bokashi con MM.

Cuadro 3:

Contenido nutricional del bokashi con MM utilizado durante la validación

Especificaciones	Cantidad
pH	8.3
Concentración de sales	4.56 dS/M
Materia orgánica	45.63 %
Relación carbono/nitrógeno	41.93
N	1.08 %
P2O5	1.84 %
K2O	1.60 %
Ca	3.85 %
MgO	0.73 %
B2O3	33.58 ppm
Cu	32.74 ppm
Fe	8 877.38 ppm
Mn	471.47 ppm
Zn	132.79 ppm

El Cuadro 3 del Anexo 3, da a conocer el contenido nutricional del bokashi con MM elaborado y utilizado durante la validación. El Cuadro 1 presenta datos del contenido nutricional del bokashi con MM levemente distinto al Cuadro 3 del Anexo 3. Esto es normal, ya que el bokashi con MM tendrá pequeñas variaciones, pues se elabora a partir de elementos naturales; vivos y en estado de descomposición.

Anexo 4: Galería Fotográfica.

Elaboración de bokashi con MM



Fotografía 1: Disolución de medios líquidos para el bokashi con MM.



Fotografía 2: Aplicación de medios líquidos y volteo completo del bokashi con MM.



Fotografía 3: Altas temperaturas del bokashi con MM en la primera semana.



Fotografía 4: Ensacado del abono.



Fotografía 5: Bokashi con MM listo para utilizarse.

Aplicación de bokashi con MM



Fotografía 6: Parcela de investigación en el sector Los Marroquín de Palestina de los Altos.



Fotografía 7: Primera abonada, 10 días antes del trasplante del tomate..



Fotografía 8: Segunda abonada, 25 días después del trasplante del cultivo de tomate, en San Isidro Ixcolochil de San Antonio Sacatepéquez.

Resultados



Fotografía 9: Diferencias en el desarrollo de plantulas en sector Los Marroquin, Palestina de los Altos.



Fotografía 10: Desarrollo de plantulas sobre bokashi con MM eldea La Cumbre, Palestina de los Altos.



Fotografía 11: Plantas del tratamiento convencional, mucho mas afectadas por enfermedades, que las producidas con bokashi con MM.,



Fotografía 12: Diferencias presentadas por los frutos obtenidos con bokashi con MM, versus, los tomates normalmente comercializados en plazas o mercados informales de San Marcos y Quetzaltenango.



Fotografía 13: Las plantas producidas con bokashi con MM, tuvieron menos incidencia de enfermedades.



Fotografía 14: Productividad generada por el bokashi con MM en sector Los Marroquín, Palestina de los Altos..



Fotografía 15: Productividad generada por el bokashi con MM, en La Victoria de San Juan Ostuncalco.



Fotografía 16: Productividad generada por el bokashi con MM, en aldea Nueva Concepción de San Juan Ostuncalco.



Fotografía 17: Productividad generada por el bokashi con MM, en aldea La Cumbre de Palestina de los Altos.



Fotografía 18: Productividad generada por el bokashi con MM, en Agua Caliente, San Marcos.



Fotografía 19: Mayor peso de frutos generada por el bokashi con MM, en aldea Nueva Concepción de San Juan Ostuncalco.



Fotografía 20: Productividad generada por el bokashi con MM, en Los Marroquín, Palestina de los Altos, Quetzaltenango.



Fotografía 21: Taller sobre elaboración y uso de bokashi con MM en Champollap, San Pedro Sacatepéquez..



Fotografía 22: Productividad generada por el bokashi con MM, en parcela con la tecnología adoptada, en Cuyá, Tejutlla.



Fotografía 23: Adopción del bokashi con MM en La Victoria, San Juan Ostuncalco.



Fotografía 24: PAdopción de tecnología en sector los Marroquín de Palestina de los Altos.



