

CRIA Occidente

Cadena de Tomate

Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos



Eduardo Benjamín López Velásquez

Leonel Alfredo Orozco Miranda

Iván Lenin Montejo Sierra

Juan Manuel Méndez de León

Guatemala, agosto del 2018

CRIA Occidente

Cadena de Tomate

**Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo
condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento
de San Marcos**

Autores:

Eduardo Benjamín López Velásquez

Leonel Alfredo Orozco Miranda

Iván Lenin Montejo Sierra

Juan Manuel Méndez de León

Guatemala, agosto del 2018





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 la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.



DEDICATORIA

A Dios. A mis padres: Ernesto López y Amelia Velásquez. A mis abuelos: María González, Benjamín Velásquez, Rosario Morales y Octavio López.

Con amor y orgullo a la Universidad de San Carlos de Guatemala y al pueblo maya mam de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Eduardo Benjamín López

AGRADECIMIENTOS

A Dios. A mis padres: Amelia y Ernesto, a mis hermanos: Ernesto y Guadalupe por ser el soporte incondicional durante la investigación y toda mi vida. A mis abuelos: María y Benjamín, por sus sabios consejos y motivación diaria. A cada uno de los integrantes de mi familia extensiva, por las muestras de cariño y apoyo absoluto.

A la Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas de Cuba y a Iván Montejo por aclarar conceptos y facilitar documentos sobre microorganismos de montaña, además, por las constantes revisiones y sugerencias sobre el documento. A Leonel Orozco y a Juan Méndez, por la confianza y el tiempo empleado para dar sugerencias al planteamiento de la investigación y redacción del informe final. A Fredy Pérez y Claudia Calderón por el guiarme en el proceso administrativo del estudio. A Audilio Arreaga, Rodolfo Fuentes y sus familias, por proporcionar parcelas experimentales y por su activa participación en el trabajo de campo. A mis compañeros Carlos Maldonado y Cristian Vásquez por su valioso trabajo técnico. A María Orozco, Orsival Fuentes y MANCUERNA por brindar transporte durante la fase de campo.

Al Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria, al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos por financiar la investigación

Al Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y al pueblo de Guatemala por darme la oportunidad y honor de formarme en la mejor academia de la república.

Eduardo Benjamín López

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CRIA	Programa de Consocios Regionales de Investigación Agropecuaria
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
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
IPNI	Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, Argentina
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.
MM	Microorganismos de Montaña.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

ÍNDICE GENERAL

Índice de cuadros

Índice de gráficas

Índice de anexos

TÍTULO

RESUMEN

ABSTRACT

1-	INTRODUCCIÓN	1
2-	MARCO TEÓRICO	2
2.1-	Marco referencial	2
2.2-	Marco conceptual	7
2.2.1-	Tomate	7
2.2.1.1-	Clasificación taxonómica	7
2.2.1.2-	Fenología	7
2.2.1.3-	Valor nutritivo.....	9
2.2.1.4-	Requerimientos de fertilización	9
2.2.1.5-	Absorción de nutrientes según su disponibilidad	9
2.2.1.6-	Genotipo.....	10
2.2.2-	Materia orgánica	10
2.2.2.1-	Generalidades.....	10
2.2.2.2-	Descomposición de la materia orgánica	11
2.2.2.3-	Humificación	11
2.2.2.4-	Mineralización	11
2.2.2.5-	Inmovilización	11
2.2.2.6-	Relación carbono/nitrógeno (C/N)	12
2.2.2.7-	Relación carbono/fósforo (C/P).....	12
2.2.2.8-	Porcentaje de saturación alcalina.....	12
2.2.2.9-	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	13
2.2.2.10-	Capacidad de intercambio aniónico (CIA).....	13
2.2.2.11-	Composición de la materia orgánica	13
2.2.2.12-	Beneficios de la materia orgánica	14
2.2.2.13-	Fuentes primarias de materia orgánica para abonos tipo bokashi	14
2.2.2.14-	Bokashi	16
2.2.2.15-	Factores que afectan el proceso de elaboración de bokashi	17
2.2.2.16-	Microorganismos de montaña (MM).	18
3-	OBJETIVOS	18
4-	HIPÓTESIS	18
5-	MÉTODO	19

5.1-	Materiales	19
5.2-	Localidad y época.....	19
5.2.1-	Descripción de las unidades de investigación	20
5.2.1.1-	Cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo	20
5.2.1.2-	Caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez	20
5.3-	Tamaño de la unidad experimental	21
5.4-	Diseño experimental	21
5.5-	Distribución del experimento	21
5.6-	Tratamientos	22
5.7-	Modelo estadístico	24
5.8-	Variables de respuesta	24
5.8.1-	Rendimiento	25
5.8.2-	Días a comienzo de la cosecha	25
5.8.3-	Calidad nutricional	25
5.8.4-	Costos variables	25
5.9-	Análisis de la información	25
5.9.1-	Análisis Económico.....	25
5.9.1.1-	Presupuesto parcial	25
5.9.1.2-	Análisis marginal.....	26
5.9.1.3-	Variabilidad.....	27
5.10-	Manejo del experimento	27
5.10.1-	Reproducción de MM.....	27
5.10.2-	Elaboración de Bokashi	28
5.10.2.1-	Tamaño de la partícula de bokashi.....	28
5.10.2.2-	Humedad del bokashi	28
5.10.2.3-	Volteo del bokashi	28
5.10.2.4-	Temperatura del bokashi	28
5.10.2.5-	pH del bokashi	28
5.10.2.6-	Relación carbono/nitrógeno	28
5.10.2.7-	Local para preparación del bokashi.....	28
5.10.3-	Trazado de diseño experimental	29
5.10.4-	Preparación del suelo.....	29
5.10.5-	Elaboración de camas y acolchado	29
5.10.6-	Distanciamiento y densidades de siembra.....	29
5.10.7-	Identificación de parcelas.....	29
5.10.8-	Control de plantas indeseables	29
5.10.9-	Control de plagas y enfermedades	29
5.10.10-	Podas	30
5.10.11-	Tutorado.....	30
5.10.12-	Cosecha	30
5.10.13-	Análisis de suelo	30
5.10.14-	Análisis de abonos orgánicos	30
6-	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	30

6.1-	Análisis de resultados de la localidad: cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo .	30
6.1.1-	Rendimiento en kg/ha	30
6.1.1.1-	Peso promedio de frutos en gramos:	33
6.1.1.2-	Cantidad de frutos por planta:	33
6.1.2-	Días a comienzo de la cosecha	34
6.1.3-	Calidad nutricional del fruto	35
6.1.4-	Análisis económico.....	40
6.1.4.1-	Presupuesto parcial.	40
6.1.4.2-	Análisis marginal.....	44
6.1.4.3-	Análisis de sensibilidad	47
6.2-	Análisis de resultados de la localidad: caserío Llano Grande, del municipio de San Pedro Sacatepéquez.....	49
6.2.1-	Rendimiento en kg/ha	49
6.2.1.1-	Peso promedio de frutos en gramos:	50
6.2.1.2-	Cantidad de frutos por planta:	51
6.2.2-	Días a comienzo de la cosecha.	52
6.2.3-	Calidad nutricional del fruto	53
6.2.4-	Análisis económico.....	58
6.2.4.1-	Presupuesto parcial.	58
6.2.4.2-	Análisis marginal.....	62
6.2.4.3-	Análisis de sensibilidad.	65
7-	CONCLUSIONES.	67
8-	RECOMENDACIONES	68
9-	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS.....	74

Índice de cuadros

Cuadro 1: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la floración.	4
Cuadro 2: Duración del ciclo vegetativo de 11 hortalizas entre un sistema de producción orgánico y uno convencional en Laguna de Alfaró Ruiz, Alajuela, Costa Rica.	4
Cuadro 3: Clasificación taxonómica del tomate.	8
Cuadro 4: Valor nutritivo del tomate en 100 g de porción comestible.	9
Cuadro 5: Extracción de fertilizantes por el cultivo de tomate.	9
Cuadro 6: Contenido nutricional del bokashi.	16
Cuadro 7: Contenido nutricional diferenciado del bokashi.	17
Cuadro 8: Distribución del diseño experimental en tomate Tolimán F1.	21
Cuadro 9: Tratamientos experimentales.	22
Cuadro 10: Análisis de varianza al del rendimiento en kg/ha en la localidad Esquipulas Palo Gordo.	31
Cuadro 11: Prueba de Tukey al 5% del rendimiento en kg/ha en la localidad Esquipulas Palo Gordo.	31
Cuadro 12: Análisis de varianza del peso promedio de frutos (gramos) en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	33
Cuadro 13: Prueba de Tukey al 10% para el peso promedio en gramos del fruto en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	33
Cuadro 14: Análisis de varianza de la cantidad de frutos por planta en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	34
Cuadro 15: Prueba de Tukey al 5% del para la cantidad de frutos por planta en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	34
Cuadro 16: Análisis de varianza de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	34
Cuadro 17: Medias de días a comienzo de la cosecha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	35
Cuadro 18: Análisis bromatológicos de frutos de tomate de los tratamientos evaluados en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	35
Cuadro 19: Presupuesto parcial de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	41
Cuadro 20: Análisis de dominancia de la localidad Esquipulas Palo Gordo.	44
Cuadro 21: Tasa de retorno marginal de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	45
Cuadro 22: Análisis marginal de la localidad Esquipulas Palo Gordo.	46
Cuadro 23: Análisis de residuos de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	47
Cuadro 24: Análisis de sensibilidad respecto al precio de campo del tomate en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	47
Cuadro 25: Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha en la localidad de Llano Grande.	49
Cuadro 26: Prueba de Tukey al 5% del rendimiento en kg/ha en la localidad de Llano Grande.	50
Cuadro 27: Análisis de varianza del peso promedio de frutos en la localidad de Llano Grande.	51
Cuadro 28: Medias del peso promedio de frutos (gramos) en la localidad de Llano Grande.	51

Cuadro 29: Análisis de varianza de la cantidad de frutos por planta en la localidad de Llano Grande.....	51
Cuadro 30: Prueba de Tukey al 5% para la cantidad de frutos por planta en la localidad de Llano Grande.....	52
Cuadro 31: Análisis de varianza de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Llano Grande.....	52
Cuadro 32: Medias de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Llano Grande.	53
Cuadro 33: Análisis bromatológicos de frutos de tomate de los tratamientos evaluados en la localidad de Llano Grande.....	53
Cuadro 34: Presupuesto parcial de la localidad Llano Grande.....	59
Cuadro 35: Análisis de dominancia de la localidad Llano Grande.	62
Cuadro 36: Tasa de retorno marginal de la localidad Llano Grande.....	63
Cuadro 37: Análisis marginal de la localidad Llano Grande.	64
Cuadro 38: Análisis de residuos de la localidad Llano Grande.....	64
Cuadro 39: Análisis de sensibilidad respecto al precio de campo del tomate en la localidad Llano Grande.....	65

Índice de gráficas

Gráfica 1: Cantidad de proteína cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	36
Gráfica 2: Cantidad de carbohidratos en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	37
Gráfica 3: Cantidad de fibra cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	38
Gráfica 4: Cantidad de cenizas en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	38
Gráfica 5: Cantidad de grasa en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	39
Gráfica 6: Curva de beneficios netos de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.....	42
Gráfica 7: Cantidad de proteína cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.....	54
Gráfica 8: Cantidad de carbohidratos en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.....	55
Gráfica 9: Cantidad de fibra en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.....	55
Gráfica 10: Cantidad de cenizas en frutos de los distintos tratamientos en la localidad Llano Grande.....	56
Gráfica 11: Cantidad de grasa en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.....	57
Gráfica 12: Curva de beneficios netos de la localidad de Llano Grande	63

Índice de anexos

Anexo 1: Distanciamiento de las localidades experimentales.....	74
Anexo 2: Tratamiento de microorganismos de montaña	75
Cuadro 1: Tratamiento de microorganismos de montaña activados.....	75
Anexo 3: Testigo químico.....	77
Cuadro 2: Tratamiento del testigo químico	77
Anexo 4: Análisis de suelos.	79
Cuadro 3: Análisis de suelos de la localidad Esquipulas Palo Gordo.	79
Cuadro 4: Análisis de suelos de la localidad Llano Grande.	80
Anexo 5: Análisis de suelos anterior al cultivo y post cultivo.....	81
Cuadro 5: Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad Esquipulas Palo Gordo.	81
Cuadro 6: Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad Llano Grande.....	84
Anexo 6: Análisis de abonos orgánicos	86
Cuadro 7: Especificaciones de los análisis de abonos orgánicos elaborados en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.	86
Cuadro 8: Especificaciones de los análisis de abonos orgánicos elaborados en la localidad de Llano Grande.....	87
Cuadro 9: Especificaciones de los análisis como abonos orgánicos de microorganismos de montaña.....	88
Anexo 7. Evidencia fotográfica de la investigación.....	89
Fotografía 1: Identificación de localidades experimentales.	89
Fotografía 2: Muestreo de suelos.....	89
Fotografía 3: Elaboración de locales para almacenamiento de abonos orgánicos.....	89
Fotografía 4: Elaboración de abonos orgánicos tipo bokashi.....	89
Fotografía 5: Fermentación de madre sólida de los MM.	89
Fotografía 6: Activación de MM.	89
Fotografía 7: Preparación de suelos.....	90
Fotografía 8: Trasplante.	90
Fotografía 9: Microorganismos activados.	90
Fotografía 10: Limpieza y aplicación de viruta en macrotúneles.....	90
Fotografía 11: Inicio de la producción.....	90
Fotografía 12: Aparecimiento de hongos depredadores en donde se aplicaron MM.....	90
Fotografía 13: Cosecha del tratamiento de bokashi de gallina.....	91
Fotografía 14: Cosechas ordenadas por tratamientos para toma de datos.	91
Fotografía 15: Pesado de frutos por parcela.	91
Fotografía 16: Pesado y medido de frutos de manera individual de la parcela neta.....	91
Fotografía 17: Alta productividad de tomate.	91
Fotografía 18: Preparación y envío de muestras de frutos de tomate a laboratorio.....	91

Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos

Autores: Eduardo Benjamín López Velásquez¹

Leonel Alfredo Orozco Miranda¹

Iván Lenin Montejo Sierra²

Juan Manuel Méndez de León¹

RESUMEN

Un diagnóstico realizado para trabajos de investigación en la agrocadena de tomate del occidente de Guatemala, tuvo como resultado que la necesidad principal para proyectos de investigación es: la evaluación de fuentes de materia orgánica adecuadas para la producción de tomate en municipios priorizados debido a la alta producción actual de dicho cultivo. Con base en lo anterior se realizó la investigación, en: caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

La investigación consistió en la evaluación de cinco fuentes de materia orgánica que fueron; cuatro tratamientos de abonos tipo bokashi de distinta composición y un tratamiento de microorganismos de montaña (MM); los dos tratamientos restantes fueron los testigos (testigo absoluto y testigo químico). Para la evaluación de los tratamientos se utilizó el diseño de bloques completamente al azar y análisis económico.

Con esta investigación se demostró la existencia e inexistencia de significación estadística entre fuentes de materia orgánica y testigos, respecto a: rendimiento, calidad nutricional y número de días a la cosecha, además, se generó un análisis económico que determinó el tratamiento que presenta la mejor rentabilidad de acuerdo con los análisis marginales y de variabilidad (sensibilidad).

Se determinó que algunos tratamientos orgánicos fueron los que presentaron mayor rendimiento en kg/ha, mayor número de frutos por planta y mayor peso promedio de frutos, mayor calidad nutricional y rentabilidad respecto a ambos testigos. En cuanto a los días a comienzo de la cosecha no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Como apéndice se generó un análisis de los suelos donde se aplicaron los tratamientos que tuvieron los mejores resultados, en este se compararon las propiedades químicas antes de establecer el cultivo y después de la cosecha del cultivo, mostrando diferencias marcadas e interesantes.

Palabras clave: agricultura orgánica, agricultura sostenible, agricultura climáticamente inteligente, cambio climático, innovación agrícola, materia orgánica, microorganismos de montaña, suelos, tomate.

¹ Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

² Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas, Cuba.

Tomato: evaluation of organic matter for cultivation under macro-tunnel conditions, in two locations in the department of San Marcos

Autores: Eduardo Benjamín López Velásquez¹

Leonel Alfredo Orozco¹

Iván Lenin Montejo Sierra²

Juan Manuel Méndez¹

ABSTRACT

A diagnosis made for research work in the tomato chain of western Guatemala, had as a result that the main need for research projects is: the evaluation of sources of organic matter suitable for tomato production in prioritized municipalities due to the high current production of said crop. Based on the above, the investigation was conducted in: Llano Grande farmhouse in the municipality of San Pedro Sacatepéquez and municipal seat of Esquipulas Palo Gordo.

The investigation consisted in the evaluation of five sources of organic matter that were; four treatments of bokashi type fertilizers of different composition and a treatment of mountain micro-organisms (MM); the two remaining treatments were the controls (absolute control and chemical control). For the evaluation of the treatments, the completely randomized block design and economic analysis were used.

This research demonstrated the existence and non-existence of statistical significance between sources of organic matter and controls, regarding: yield, nutritional quality and number of days to harvest, in addition, an economic analysis was generated that determined the treatment that presents the best profitability according to the marginal and variability analyzes.

It was determined that some organic treatments were the ones with the highest yield in kg/ha, the highest number of fruits per plant and the highest average fruit weight, the highest nutritional quality and profitability with respect to both controls. Regarding the days at the beginning of the harvest, there were no significant differences between treatments.

As an appendix, an analysis was generated of the soils where the treatments that had the best results were applied, in this the chemical properties were compared before establishing the crop and after harvesting the crop, showing marked and interesting differences.

Key words: agricultural innovation, climate change, climate-smart agriculture, mountain micro-organisms, organic agriculture, organic matter, soils, sustainable agriculture, tomato.

¹ University Center of San Marcos of the University of San Carlos of Guatemala, Guatemala.

² Indio Hatuey Experimental Station of the University of Matanzas, Cuba.

1- INTRODUCCIÓN

El tomate es considerado como la hortaliza más importante del mundo, dada la variedad de usos y su generalizado consumo (MAGA 2014). A nivel económico se considera una fuente importante de empleo, se estima que este cultivo generó para el año 2013 en Guatemala la cantidad de 2 808 000 jornales de trabajo, equivalentes a 10 020 empleos permanentes (Red Nacional de Grupos Gestores 2016).

A nivel mundial las prácticas agrícolas ancestrales basadas en los ciclos sostenibles de la descomposición de materia orgánica y generación de vida a partir de ella, se han ido perdiendo. La materia orgánica es parte del ciclo de fertilidad natural de los suelos y un componente agroquímico no tendrá la capacidad de sustituirla por completo, entonces, darle un enfoque sostenible a la agricultura e introducirse en la agricultura climáticamente inteligente se ha vuelto una necesidad para restaurar los suelos, mejorar los cultivos y la salud del consumidor, conservar la biodiversidad y adaptarse de manera adecuada al cambio climático, en fin, para contribuir con varios de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

La falta de capacitación, junto a la poca información y divulgación de instructivos científicos sobre materia orgánica y la intervención constante de extensionistas agrícolas de empresas de agroquímicos en el departamento de San Marcos, ha vuelto altamente vulnerables a los agricultores del territorio a adquirir paquetes agrícolas químicos, haciéndolos dependientes de dichos insumos externos, degradando suelos y generando riesgos en la salud humana

La Red Nacional de Grupos Gestores (2016), identificó puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate del occidente de Guatemala, donde se determinó que la necesidad número uno para proyectos de investigación sobre tomate era; la evaluación de fuentes de materia orgánica adecuadas para la producción de este cultivo. En respuesta a lo anterior se generó la presente investigación: tomate (*Solanum lycopersicum* L.); evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos.

La investigación se llevó a cabo en dos localidades del departamento de San Marcos; caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, ya que según la Red Nacional de Grupos Gestores (2016), estos son algunos de los municipios priorizados para la investigación en tomate. La mayor parte de producción de tomate en los lugares mencionados y generalmente en la

parte occidental de Guatemala se da en macrotúneles, debido a esto la investigación se realizó bajo condiciones de macrotúnel.

En Guatemala se cultivan principalmente variedades mejoradas introducidas, mientras, las variedades locales han sido poco estudiadas (Azurdía 2013). El tomate comúnmente cultivado en la región occidental es el híbrido Tolimán F1, por ello se tomó este híbrido para la investigación, además, según el Instituto de Formación Profesional CBTech (2013), para el caso de la región del altiplano de Guatemala es necesario recomendar variedades que sean altamente productivas y con frutos de calidad, dentro de las cuales se encuentra el híbrido Tolimán F1.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, en donde se evaluaron cinco fuentes de materia orgánica y se compararon con un testigo químico y un testigo absoluto. Cuatro fuentes de materia orgánica fueron procesadas en aboneras tipo bokashi para acelerar su descomposición, ya que esta tecnología agrícola reduce el tiempo para la elaboración de abonos orgánicos y a diferencia del compost, presenta mayor cantidad de nutrientes y microorganismos aprovechables por los vegetales. Respecto al tratamiento de microorganismos de montaña (MM), se reprodujo un inóculo de microorganismos recolectados en montañas cercanas a las localidades experimentales, estos actuaron como transformadores de distintos tipos de materia orgánica y catalizadores en la formación de nutrientes que le facilitan a las plantas la asimilación de los mismos.

Este documento pretende servir como un orientador para la producción de tomate en el occidente del país, incentivar a más instituciones, agricultores, estudiantes, docentes e investigadores de todo tipo a trabajar en la generación de tecnologías que conduzcan a innovaciones dentro de sistemas agrícolas sostenibles y en la comprobación de conocimientos agrícolas ancestrales orientados a la sostenibilidad, para producir alimentos saludables y rentables, mejorar las condiciones de vida de los productores y los ecosistemas de manera holística.

2- MARCO TEÓRICO

2.1- Marco referencial

El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agrícola, convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo en forma de abono, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción (Martínez *et al.* 2013).

Desde el punto de vista ambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la reducción del metano producido en los rellenos sanitarios, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación (Martínez *et al.* 2013).

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 y 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.

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.

Entonces, la finalidad de incorporar materia orgánica en los suelos es para alimentar a los microorganismos, que a través de la transformación de compuestos orgánicos a compuestos químicos simples ofrecerán nutrientes a los vegetales, además de los beneficios ya mencionados. 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.

En los ensayos tradicionales de la aplicación de abonos orgánicos, siempre se han reportado respuestas superiores con estos, que con la aplicación de fertilizantes químicos que aportan cantidades equivalentes de nitrógeno y fósforo; éste es, en resumen, el efecto conjunto de factores favorables que proporcionan los abonos orgánicos al suelo directamente y de manera indirecta a los cultivos (Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural de México s.f.).

Martínez y Rodríguez (2010), evaluaron los días de la floración en el cultivo de amaranto por el uso de cuatro fuentes de materia orgánica. El Cuadro 1, refleja que uno de los testigos absolutos (sin aplicación de materia orgánica) es el que presenta el menor promedio de días a floración, seguido por el estiércol de ovino y demás fuentes de materia orgánica y quienes mayor número de días a floración tuvieron fueron los testigos químicos.

Cuadro 1: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la floración.

Tratamientos	Código	Promedio	Rango
Testigo agricultor Chimborazo	t12	119.67	A
Ovino agricultor Chimborazo	o12	121.33	A
Gallinaza agricultor Chimborazo	g12	121.33	A
Gallinaza ECU-4697	g11	125.00	AB
Cuy ECU-4697	c11	126.00	AB
Bovino agricultor Chimborazo	b12	129.33	ABC
Cuy agricultor Chimborazo	c12	131.33	ABC
Ovino ECU-4697	o11	134.00	BCD
Bovino ECU-4697	b11	135.33	BCD
Testigo ECU-4697	t11	135.67	BCD
Testigo químico agricultor Chimborazo	tq12	139.33	CD
Testigo químico ECU-4697	tq11	145.00	D

[Fuente: Martínez, B; Rodríguez, S. 2010.]

Restrepo (2007), presenta el Cuadro 2, en el cual hace comparaciones de 11 hortalizas entre un sistema de productivo orgánico y uno convencional.

Cuadro 2: Duración del ciclo vegetativo de 11 hortalizas entre un sistema de producción orgánico y uno convencional en Laguna de Alfaró Ruiz, Alajuela, Costa Rica.

Cultivo	Variedad	Ciclo vegetativo en distintos sistemas (semanas)	
		Orgánico	Convencional
Brócoli	Marathon	8	10
Cebolla	Maya	8	12
Coliflor	Montano	7	10
Culantro	Grifaton	5	8
Remolacha	EarlyWonder	6-7	12-14
Lechuga	Prima/White	5-6	6-8
Lechuga	CoolBreeze	7	10
Mostaza	Padoga	4	8
Rabanito	Champion	3	4-6
Repollo	Stone Head	8	10
Zanahoria	Bangor F1	8	10

Fuente: Jugar del Valle S.A., 1995. Juan José Paniagua. Comunicación personal con Jairo Restrepo 2009, seguimiento de dos años de la experiencia en el campo.

El Cuadro 2, expresa claramente que los ciclos vegetativos de las hortalizas allí mencionados se reducen cuando el sistema de producción es orgánico, esto hizo suponer que el tomate también recortaría su ciclo vegetativo con un tratamiento a base de materia orgánica y lo prolongaría con un tratamiento químico.

Respecto a la calidad nutricional de los vegetales Martínez y Rodríguez (2010) determinaron que en amaranto el mayor porcentaje en proteínas fue con la utilización del abono bovino con la línea promisoría ECU-4697 con un promedio de 19.29 %. Los tratamientos utilizados en esta investigación fueron gallinaza, estiércol de bovino, estiércol de ovino, testigo químico y testigo absoluto. Esto hace ver que los abonos orgánicos tienen efectos directos en cuanto a proteínas. Sin embargo, Gómez Patiño (2013) bajo las condiciones de su investigación menciona que los frutos de las plantas en donde se le aplicó tratamientos químicos contienen mayor cantidad de proteína, debido a que los fertilizantes químicos tienen una rápida absorción de nutrientes y por el alto contenido de nitrógeno, esto en comparación con el bokashi y un tratamiento sin aplicación de fertilizantes.

A lo nutricional, se le suma lo mencionado por Scrimshaw y Squibb (1953): la falta de proteína para consumo humano y de animales es el más grave problema de nutrición y agricultura que atraviesan las regiones poco desarrolladas del mundo, debido a que una dieta deficiente en proteína aumenta la vulnerabilidad a enfermedades, disminuye la capacidad física y la productividad en general, sin embargo, de manera equivocada se trata de suplir las necesidades proteicas a través de la producción animal, en zonas donde no es común la alta producción pecuaria.

Lo anterior es de vital importancia al considerar el bajo consumo de carnes y lácteos a nivel nacional y el alto consumo de tomate, ya que según Menchú (2011), a nivel nacional el 95 % de viviendas utilizan tomate como alimento, mientras, la tortilla y los derivados del maíz son consumidos a nivel nacional por un 93% de hogares. Ahora bien, en cuanto al nivel económico: el 90 % de hogares en pobreza extrema, el 96 % de los hogares pobres y el 95 % de los hogares no pobres consumen tomate. Además, Menchú (2011) también menciona que la disponibilidad per cápita por día del tomate es de 30 gramos en hogares del área urbana y 23 gramos en hogares del área rural, esta cantidad supera a la disponibilidad de consumo de cebolla (10 gramos), papas (23 gramos), arroz (20 gramos), huevos (17 gramos), pastas (10 gramos), carne de pollo (20 gramos), mientras, la disponibilidad per cápita del tomate únicamente es superada por el maíz (240 gramos), azúcar (60 gramos) y frijol (30 gramos). Sentado lo anterior es ineludible la importancia del contenido nutricional y los métodos agrícolas para este cultivo en la sociedad guatemalteca, ya que según Constán Aguilar (2014), los minerales que se aplican al suelo influyen en la calidad nutricional del cultivo.

Rodríguez *et al.* (2009) menciona en su investigación: Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero; que los rendimientos de este estudio tuvieron una media de 209.0 Mg/ha, por lo tanto, fueron superiores a lo obtenido por Márquez *et al.* (2008) bajo condiciones de invernadero quienes reportan un rendimiento de 91.2 Mg/ha con fertilización orgánica y 115.8 Mg/ha con solución nutritiva inorgánica. Los resultados de rendimiento también fueron superiores en 17 % a los obtenidos por Reis *et al.* (2003) quienes, evaluando sustratos en invernadero en tomate, reportan un rendimiento para sustratos orgánicos de 166 y 162 Mg/ha para el tratamiento inorgánico.

Véliz (2014) demostró que para el cultivo de sábila el tratamiento orgánico con menor rendimiento fue cuando se aplicó abono tipo gallinaza con 31 104.22 kg/ha, el segundo mejor tratamiento fue cuando se aplicó lombricompost obteniendo resultados de 38 269.2 kg/ha y el mejor tratamiento fue cuando se aplicó el tipo de abono orgánico bokashi con un rendimiento de 40 354.89 kg/ha. Esto es debido al contenido de polisacáridos que tienen estos abonos, producto de su capacidad de hidrolizar residuos orgánicos como única fuente de nutrientes, esto supone un resultado alentador, desde el punto de vista económico como medio de obtención de un producto a partir de un sustrato de costo bajo y desde una óptica ambiental como medio para eliminar residuos agrícolas que ocasionan graves problemas (Barquero, citado por Véliz, 2014). El rendimiento en kg/ha no fue influido por las dosis de abono orgánico (Veliz 2014).

Con lo anterior se pretendía alcanzar rendimientos más altos, menores días a la cosecha y mejor calidad nutricional, con abonos a partir de materia orgánica en comparación a los fertilizantes químicos. Además, se deduce que el bokashi es de las mejores opciones para la producción de abonos orgánicos.

El bokashi, aunque tiene una preparación similar al compost, tiene una ventaja adicional ya que además de nutrientes también proporciona al suelo los microorganismos que de forma natural se encuentran en el suelo 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), comprobó que los abonos tipo bokashi mantienen los nutrimentos por cinco meses, sin embargo, los microorganismos empiezan a disminuir después de los 21 días después de iniciada la elaboración del bokashi.

Restrepo (2007), recomienda que para experimentar con bokashi en tomate, las dosis deberán ser de 125 gramos en la base.

Con diez toneladas de abono orgánico se fertiliza, en promedio, una hectárea de cultivos. Las equivalencias en cantidades de estiércol y orina para hacer abono orgánico (abonera o cama animal) son aproximadamente las siguientes: un vacuno/año produce estiércol y orina + cama animal = 10 toneladas de abono orgánico, 1 vaca = 1 caballo = 5 o 6 ovejas = 400 gallinas = 4 cerdos (Ministerio de Agricultura de Chile s.f.).

Respecto a los microorganismos de montaña (MM) y a 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, además incrementan la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. Acosta (2012), demostró que en tomate la aplicación foliar de MM con una semana de activación, superó al tratamiento de EM (producto comercial) en un 17 %, al testigo en un 284 % y al tratamiento de agua + melaza en un 309 %. Sin embargo, las dosis por bomba no las establece.

Acosta (2012), recomienda que se deberían de realizar estudios económicos para verificar si los beneficios obtenidos por MM pueden superar la inversión para comprar, producir y aplicar los productos microbiales.

Según El Ministerio de Agricultura de Chile (s.f.), la mayoría de las prácticas utilizadas en la agricultura convencional moderna, permiten obtener aumento de rendimientos en el corto plazo, generando pérdidas a largo plazo en los denominados servicios agroecosistémicos; reservorio de germoplasma “in situ”; refugio de organismos reguladores de plagas, malezas y patógenos; secuestro de carbono atmosférico, entre otros.

2.2- Marco conceptual

2.2.1- *Tomate*

2.2.1.1- Clasificación taxonómica

Aunque el tomate ha causado controversia debido a la variabilidad de su nombre científico, hasta el momento la clasificación taxonómica aceptada es la que se presenta en el Cuadro 3.

2.2.1.2- Fenología

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.).

Cuadro 3: 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>

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

- 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.).

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

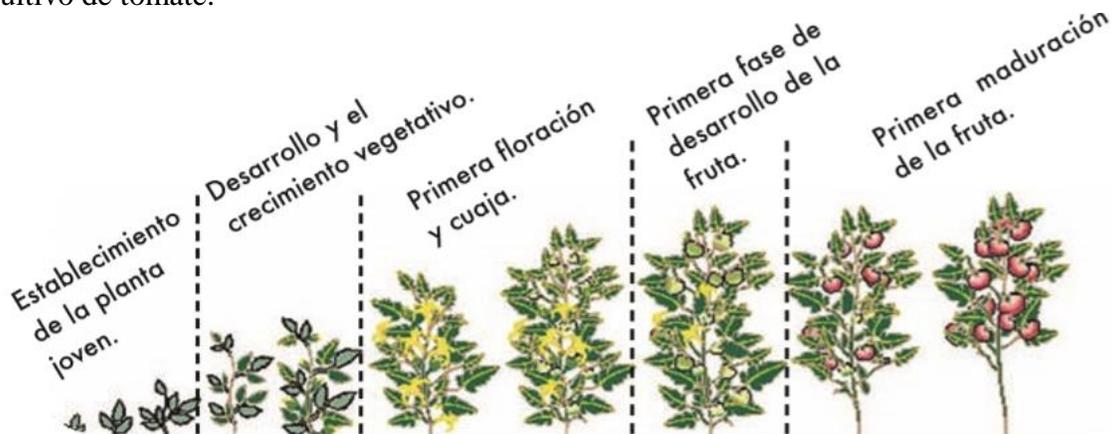


Figura 1: Etapas fenológicas del tomate. Fuente: Tjalling s.f.

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

2.2.1.3- Valor nutritivo

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) (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: INCAP, 2012.

2.2.1.4- Requerimientos de fertilización

En Guatemala existe gran 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 5 como indicadora de los requerimientos de fertilización del tomate.

Cuadro 5: 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: DISAGRO 2004.

En el Cuadro 5, se indica la cantidad de elementos que el tomate extrae para obtener un rendimiento promedio de 53 556 kilogramos por hectárea.

2.2.1.5- Absorción de nutrientes según su disponibilidad

Los elementos de los nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas se presentan en 4 formas de acuerdo a su disponibilidad, las cuales se reflejan en la Figura 2.

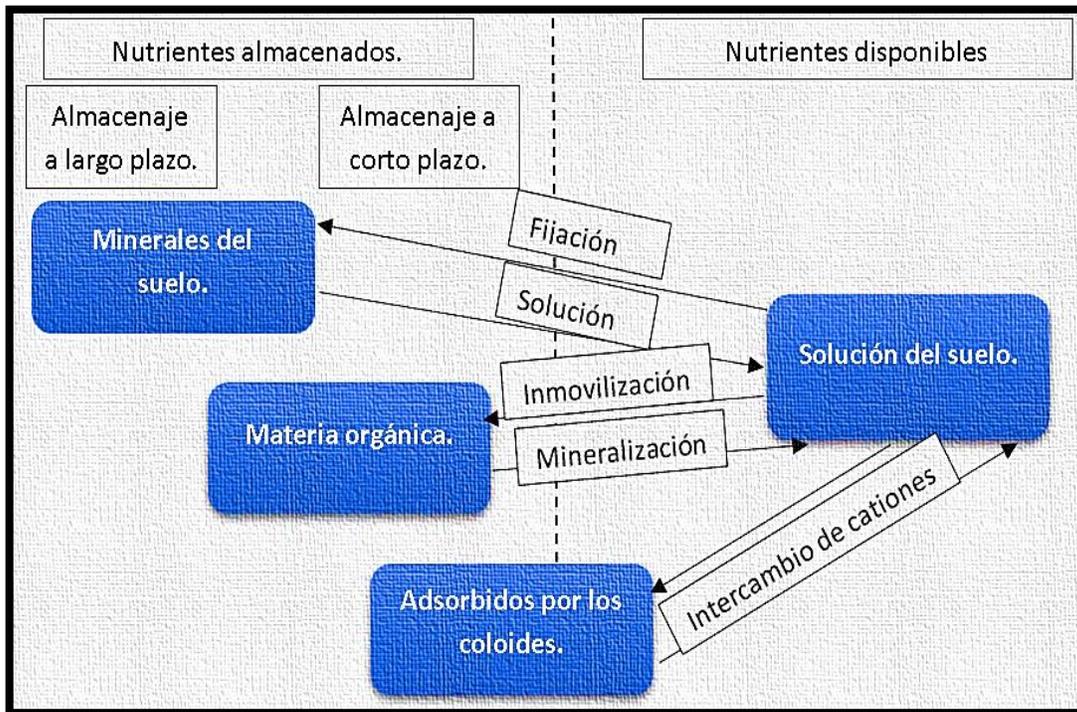


Figura 2: Fuentes de nutrientes de acuerdo a su disponibilidad. Fuente: Plaster 1999.

La Figura 2, establece cuatro tipos de disposición de nutrientes de las plantas en el suelo, las fuentes menos disponibles para las plantas están a la izquierda mientras las fuentes de nutrientes que están más disponibles se detallan a la derecha. Los elementos pueden cambiar de forma y algunos de ellos que están almacenados pueden entrar en solución para beneficio del cultivo (Plaster 1999).

2.2.1.6- Genotipo

Para efecto de este estudio se utilizará el genotipo de tomate: Tolimán F1.

Es un tomate semideterminado tipo oval (alargado-pera) altamente rendidor, muy vigoroso, buena estructura de planta, excelente floración y buena producción de frutos. Racimos de 85 a 90 gramos, muy firmes, de maduración y tamaño uniforme. Ciclo promedio de 85 a 90 días después del trasplante (Bejo 2012).

2.2.2- Materia orgánica

2.2.2.1- Generalidades

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).

Existen tres diferentes tipos de materia orgánica presentes en el suelo: Los organismos vivos, la materia orgánica muerta activa (sin descomposición o levemente descompuesta, lábil), y los materiales descompuestos (humificados) relativamente estables (Ministerio de Agricultura de Chile s.f.).

2.2.2.2- Descomposición de la materia orgánica

La flora del suelo digiere rápidamente los materiales orgánicos liberando dióxido de carbono y carbohidratos, los compuestos de fácil descomposición como los carbohidratos se consumen primero. Las largas cadenas de carbono se dividen en otras más cortas y se producen compuestos más simples, algunos de estos compuestos simples reaccionan de nuevo para convertirse en una serie de compuestos complejos resistentes a la descomposición llamados humus (Plaster 1999).

2.2.2.3- Humificación

Es el proceso donde los compuestos orgánicos menos accesibles a la degradación microbiana permanecen largo tiempo en el suelo en forma de componentes orgánicos, estableciéndose a partir la mezcla de distintas sustancias con composición química uniforme, formando el humus. Entran a formar parte del humus compuesto difícilmente atacados por los microorganismos, sobre todo la lignina, pero también grasas, ceras, hidratos de carbono y componentes proteicos que convertidos en polímeros resultan difícil de definir químicamente (Cepeda 1999).

2.2.2.4- Mineralización

A diferencia de los animales, las plantas necesitan nutrientes en formas inorgánicas simples, por lo tanto, las plantas no pueden utilizar nutrientes inmovilizados hasta que estos no cambien a formas inorgánicas simples con ayuda de descomponedores microbianos (Plaster 1999). En términos simples la mineralización consiste en transformar moléculas orgánicas complejas en moléculas inorgánicas simples aprovechables para las plantas.

En forma general una relación C/N baja tiende a favorecer la mineralización (Bertsch citado por Fuentes y González 2007).

2.2.2.5- Inmovilización

Es el proceso opuesto a la mineralización. Los microorganismos absorben los nutrientes contenidos en la materia orgánica para formar las proteínas de sus cuerpos, estos quedan disponibles nuevamente para la planta cuando los microorganismos excretan o mueren. La inmovilización actúa como una reserva de nutrientes y cuando la relación carbono/nutriente no es adecuada puede constituir problemas serios para la plantación, sobre todo con la deficiencia de nitrógeno (Plaster 1999).

Los materiales con una relación C/N amplia (mayor que 30:1) favorecen la inmovilización (Bertsch, citado por Fuentes y González 2007).

2.2.2.6- Relación carbono/nitrógeno (C/N)

Esta relación se establece a través de la proporción de nitrógeno y carbono contenida en la materia orgánica o en el suelo. La materia orgánica con una relación C/N baja es rica en nitrógeno, mientras tanto la materia orgánica con un alto porcentaje C/N es pobre en nitrógeno (Plaster 1999).

De esta relación dependerá la inmovilización y la mineralización de los nutrientes. Como respuesta de nuevas fuentes de alimentos, la población de microorganismos se eleva rápidamente, ya que estos tienen una relación C/N muy baja (1/4 o 1/9) y por ello necesitan altas cantidades de nitrógeno para incorporar este elemento a sus cuerpos. Si la relación C/N de la materia orgánica es muy alta, los microorganismos inmovilizarán mucho nitrógeno de la materia orgánica y del suelo, lo que se transformará en problemas para el cultivo por deficiencia de nitrógeno para aprovechamiento inmediato (Plaster 1999).

Los materiales con una relación C/N de más de 30/1 favorecen la inmovilización y las relaciones menores de 20/1 favorecen la mineralización (Plaster 1999).

2.2.2.7- Relación carbono/fósforo (C/P)

La mayor variabilidad en la relación C/P de la materia orgánica implica patrones de mineralización distintos que el nitrógeno. La mineralización de fósforo puede ocurrir con la mineralización de carbono, pero también puede estar controlada por la demanda de las plantas. En el primer caso, la mineralización de elementos ligados covalentemente al carbono está controlada por los factores que controlan el uso de sustratos utilizados por energía; en el segundo caso, por la disponibilidad de fósforo en el suelo y la demanda por la planta (CATIE 2003).

La mineralización del fósforo inicia cuando la relación C/P es < 200 y a través de cuatro procesos: absorción por plantas o microbios; adsorción en los sitios de intercambio aniónicos, precipitación con Al, Fe, o Ca; lixiviación (CATIE 2003).

2.2.2.8- Porcentaje de saturación alcalina

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo (FAO s.f.). Existe una relación estrecha entre el porcentaje de saturación de bases y el pH del suelo (Cepeda 1999).

Cuanto más básico sea el suelo, mayor será el porcentaje de saturación de las bases. Cuanto más alto sea el porcentaje de saturación, hay mayores posibilidades de retener cationes (Cepeda 1999).

Hay valores de referencia para la saturación de las bases: calcio del 65 % al 85 %; magnesio del 6 % al 12 % y potasio del 2 % al 5 %. La relación adecuada de bases intercambiables dependerá del tipo de cultivo, clima y otros factores establecidos, pero en general se aceptan las siguientes relaciones: $Mg/K = 2 - 5/1$; $Ca/Mg = 3 - 15/1$; $Ca + Mg/K = 7 - 11/1$ (Vásquez, citado por IPNI 2011).

Los suelos con una saturación elevada de calcio se encuentran en el estado físico y nutricional más satisfactorio, mientras los suelos donde domina el sodio serán pegajosos, difíciles de trabajar y con carencia de desagüe y aireación deficiente (Cepeda 1999).

2.2.2.9- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Esta puede ser definida como la medida de la cantidad de cargas negativas del suelo. Las cargas responsables de la capacidad de intercambio catiónico se originan por; sustitución isomórfica, cargas de la arista arcillosa y por cargas dependientes del pH (Cepeda 1999).

2.2.2.10- Capacidad de intercambio aniónico (CIA)

La capacidad de retención de aniones es más pequeña que la capacidad de retención de cationes. Muchas veces este intercambio queda enmascarado por la capacidad de intercambio catiónico, mucho más extendido en la mayoría de los suelos. La adición de algunos micronutrientes incrementa la cantidad de aniones en el suelo, especialmente los suelos ricos en materia orgánica tienen la capacidad de retener pequeñas cantidades de aniones en forma intercambiable (Cepeda 1999).

Los sitios de intercambio iónico resultan a partir de; grupos amina en humus, enlaces que terminan con un catión en un mineral de arcilla, iones oxhidrilo que se ionizan de materiales como $Al(OH)^3$ o $Fe(OH)^3$ (Cepeda 1999).

2.2.2.11- Composición de la materia orgánica

La materia orgánica es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso, contiene gran cantidad de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos y su estado de descomposición, estos materiales son los siguientes:

- carbohidratos que incluyen azúcares, almidones, celulosa, xilano, quitina, manano,
- proteínas, aminoácidos y otros derivados nitrogenados,
- grasas, aceites y ceras,
- alcoholes, aldehídos, cetonas y otros derivados oxidados inestables,
- ácidos orgánicos,
- minerales y

- productos diversos de gran actividad biológica como hormonas, enzimas, antibióticos, así como otras sustancias muy activas en pequeñas concentraciones (Cepeda 1999).

2.2.2.12- Beneficios de la materia orgánica

Es fuente importante de micro y macronutrientes especialmente N, P, y S, siendo particularmente importante el P 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 es contrastante 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.

2.2.2.13- Fuentes primarias de materia orgánica para 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 mayor 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).

Las fuentes de materia orgánica ya expuestas, son fáciles de conseguir en la región occidental de Guatemala y pueden adaptarse muy bien en mezcla para fabricar abonos orgánico tipo bokashi.

2.2.2.14- 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).

Pero esta receta se puede modificar para usar materiales que hay en la finca (Soto 2002). Esta “receta” se debe de adaptar a los recursos locales de los agricultores, reduciendo así la dependencia de insumos externos.

Debido a que el bokashi está constituido por materia orgánica, es cambiante en cada elaboración, pero como referencia de su contenido nutricional se toma el Cuadro 6:

Cuadro 6: Contenido nutricional del bokashi.

Elemento	Variable de medida	Cantidad
Ceniza	%	46.57 – 52.03
N	%	1.74 – 2.29
pH	%	6.43 – 8.13
C/N	%	17.027/1 – 12.020/1
CaO	%	1.82 – 2.60
Carbono orgánico	%	19.76 – 29.68
K ₂ O	%	1.57 – 3.99
Materia orgánica	%	35.57 – 53.43
MgO	%	0.47 – 0.76
P ₂ O ₅	%	1.22 – 3.05
Cobre	Ppm	35.133 – 38.43
Hierro	Ppm	3465.8 – 4090.5
Manganeso	Ppm	241.40 – 319.20
Zinc	Ppm	64.57 – 167.57

Fuente: Galeano 2000.

El Cuadro 6 corresponde al análisis químico realizado a un bokashi elaborado a partir de gallinaza, carbón, cascarilla de arroz, cal agrícola, tierra común, agua con panela y distintos porcentajes de pulpa de café. Este estudio fue realizado en Palín, Escuintla, Guatemala.

En cuanto a contenido nutricional del bokashi Leblanc *et al.* (2004), propone el Cuadro 7.

Cuadro 7: Contenido nutricional diferenciado del bokashi.

Elemento	Bokashi con gallinaza	Bokashi con bovinaza	Bokashi con cerdaza
N	1.2 %	1.1 %	1.3 %
P	0.6 %	0.5 %	0.8 %
Ca	3.0 %	1.5 %	2.7 %
C	25.0 %	15.0 %	15.0 %
K	0.7 %	0.9 %	1.2 %
Mg	0.7 %	0.8 %	0.9 %
Cu	120 %	180 %	170 %
Zn	100 %	110 %	130 %
Mn	450 %	525 %	570 %

Fuente: Leblanc et al. 2004.

El Cuadro 7 muestra un análisis diferenciado de bokashis de acuerdo al tipo de estiércol incorporado. Este estudio se llevó a cabo en Costa Rica.

2.2.2.15- 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 microbológica 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 específica, 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).

2.2.2.16- Microorganismos de montaña (MM).

Según Ecotecnologías s.f, citado por Acosta (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.

3- OBJETIVOS

3.1- General

Evaluar cinco fuentes de materia orgánica en cuanto a; rendimiento, días a la cosecha, calidad nutricional y rentabilidad, para tomate híbrido Tolimán F1, bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos; caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

3.2- Específicos

- Determinar el tratamiento de materia orgánica que presente; el mayor rendimiento, la menor cantidad de días a comienzo de la cosecha y la mejor calidad nutricional.
- Comparar el rendimiento, días a comienzo a la cosecha y la calidad nutricional del tomate entre sistemas con distintas formas de fertilización; uno completamente con materia orgánica, otro con agroquímicos (testigo químico) y el último sin incorporación alguna de materiales externos para fertilización (testigo absoluto).
- Identificar el tratamiento con mayor rentabilidad económica, mediante análisis económico.

4- HIPÓTESIS

- Ha1- Desde el punto de vista estadístico; al menos uno de los tratamientos de materia orgánica obtendrá un mayor rendimiento que ambos testigos.

Ha2- Desde el punto de vista estadístico; al menos uno de los tratamientos de materia orgánica obtendrá un número menor de días a comienzo de la cosecha, respecto a ambos testigos.

Ha3- Desde el punto de vista estadístico; al menos uno de los tratamientos de materia orgánica obtendrá una mejor calidad nutricional que la obtenida con ambos testigos.

5- MÉTODO

5.1- Materiales

De campo:

Azadones
 Rastrillos
 Palas
 Cinta métrica
 Rótulos
 Balanzas analíticas
 Termómetros
 Sacos de almacenamiento
 Locales de almacenamiento

De gabinete:

Computadora
 Escáner
 Impresora
 Software Infostat
 Paquete Office
 Internet
 Bitácoras
 Libreta de campo
 Sobres manila

Material Experimental:

Pilones de tomate híbrido Tolimán F1, estiércol de vaca, estiércol cerdo, estiércol de lombriz, estiércol de gallina de traspatio, paja seca, tierra común, carbón vegetal, salvado de maíz, ceniza, tierra de floresta virgen, leche, panela, microorganismos de montaña y agroquímicos.

5.2- Localidad y época

La investigación se llevó a cabo en dos localidades del departamento de San Marcos; en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo y en el caserío Llano Grade del municipio San Pedro Sacatepéquez. El distanciamiento entre localidades se presenta en el Mapa 1, del Anexo 1.

La época en la que se llevó a cabo el trabajo de campo de la investigación fue durante junio del 2017 a noviembre del 2017.

5.2.1- Descripción de las unidades de investigación

5.2.1.1- Cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo

- A. *Localización y extensión:* se ubica a una distancia de 258 km de la ciudad capital de Guatemala y a 7 de la cabecera departamental de San Marcos. La extensión territorial es de 21 km². Colinda al norte y al este con el municipio de San Marcos, al sur con Los municipios de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, al oeste con San Rafael Pie de la Cuesta y El Tumbador del departamento de San Marcos (González 2010). Además, la localidad está ubicada a 2 490 msnm.
- B. *Vías de acceso:* desde la Ciudad Capital la vía de acceso es por la carretera Interamericana CA-1. Desde la cabecera departamental cuenta con dos vías de acceso, una que se dirige hacia el Hospital Nacional de San Marcos, con ruta al destacamento militar, hacia aldea El Recreo, por el puente del río Palatzá, para ingresar por cantón Bethania. Otra ruta de acceso es por la Costa Sur en la carretera CA-2, viniendo de San Rafael Pie de la Cuesta hasta llegar a la cumbre de El Boquerón, donde se ubica la primera entrada por el antiguo destacamento militar, seguido de la entrada principal en aldea Esmeralda (González 2010).
- C. *Clima:* la temperatura media es de 14°C. La precipitación pluvial anual es de 2 138 milímetros. Se marcan dos épocas, la seca comprendida entre los meses de noviembre a abril y la lluviosa en los meses de mayo a octubre (González 2010).

5.2.1.2- Caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez

- A. *Localización:* caserío Llano Grande está ubicado en la parte suroccidental del municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos. El mismo está a una distancia de 6 kilómetros de la cabecera municipal del municipio de San Pedro Sacatepéquez, a 7 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a una distancia de 257 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (Municipalidad Llano Grande 2008).

El caserío limita al norte con el cantón los Jazmines y aldea San Isidro Chamac, al sur con la aldea Las Barrancas y el caserío Nueva Reforma de la aldea Champollap, al oeste con la aldea Champollap y caserío las Guayabas, y al este con la aldea Candelaria Siquival del municipio de San Antonio Sacatepéquez. La localidad está ubicada a 1 960 msnm.

- B. *Vías de acceso:* la comunidad cuenta con una carretera principal que la comunica con el municipio de San Pedro Sacatepéquez, transitable todo el año por transporte pesado y liviano, esta carretera es de 6 kilómetros. La comunidad cuenta con una vía de acceso secundaria, esta comunica a la comunidad con el caserío Las Guayabas de la aldea Champollap (Auxiliatura Llano Grande 2008).

- C. *Clima*: la temperatura media es de 22 °C. Según la Alcaldía auxiliar Llano Grande (2008), la precipitación pluvial media anual es de 1 286.86 milímetros.

5.3- Tamaño de la unidad experimental

El área experimental de cada localidad fue de 155.40 m², estuvo dividida en tres macrotuneles de 51.80 m² cada uno. Cada macrotunel fue un bloque.

Cada unidad experimental fue de 7.40 m², formada por quince plantas de tomate. Debido al número de tratamientos y repeticiones establecidas en el Cuadro 8, el experimento demandó 21 unidades experimentales por localidad. Tomando en cuenta que se trabajó en dos localidades, el número total de unidades experimentales por ambas localidades fue 42.

Por cada macrotunel se tuvieron 105 plantas, por ende, el total de plantas de tomate por localidad fue de 315. Entoces por las dos localidades se tuvo un total de 630 plantas.

5.4- Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completamente al azar. Es el diseño apropiado para el experimento que se realizó, por su simpleza y eficiencia.

Este diseño experimental evaluó siete tratamientos y tres repeticiones.

5.5- Distribución del experimento

Dado que el diseño utilizado fue el de bloques completos al azar, el experimento quedó distribuido en cada una de las localidades según el Cuadro 8.

Cuadro 8: Distribución del diseño experimental.

	Repeticiones		
	1	2	3
Tratamientos	G	C	E
	D	F	B
	E	G	A
	A	B	D
	B	D	G
	F	E	C
	C	A	F

5.6- Tratamientos

Se utilizaron siete tratamientos; cinco orgánicos y dos tratamientos de comparación o testigos (un químico y un absoluto). La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Tratamientos experimentales.

Código	Nombre	Descripción	Aplicación por planta
A	Bokashi "A"	Estiércol vacuno (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). Microorganismos de montaña activados al 10%, 1 L/30 kg materia orgánica, aplicado al momento de la elaboración y 5 días después de la misma.	10 DAT. 125 g
			10 DDT. 125 g
			25 DDT. 125 g
			40 DDT. 125 g
			55 DDT. 125 g
			70 DDT. 125 g
B	Bokashi "B"	Estiércol porcino (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). Microorganismos de montaña activados al 10%, 1 L/30 kg materia orgánica, aplicado al momento de la elaboración y 5 días después de la misma.	10 DAT. 125 g
			10 DDT. 125 g
			25 DDT. 125 g
			40 DDT. 125 g
			55 DDT. 125 g
			70 DDT. 125 g
C	Bokashi "C"	Estiércol de gallina de traspatio (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). Microorganismos de montaña activados al 10%, 1 L/30 kg materia orgánica, aplicado al momento de la elaboración y 5 días después de la misma.	10 DAT. 125 g
			10 DDT. 125 g
			25 DDT. 125 g
			40 DDT. 125 g
			55 DDT. 125 g
			70 DDT. 125 g

D	Bokashi "D"	Estiércol de lombriz (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). Microorganismos de montaña activados al 10%, 1 L/30 kg materia orgánica, aplicado al momento de la elaboración y 5 días después de la misma.	10 DAT. 125
			g
			10 DDT. 125
			g
			25 DDT. 125
			g
			40 DDT. 125
g			
E	Microorganismos de montaña	Microorganismos de montaña activados: por la extensión de este tratamiento se presenta en el Cuadro 1 del Anexo 2.	10 DAT. 125
			g de MM
			sólidos
			El día del trasplante
			500 cc de MM
			activados
			7 DDT. 500
			cc MM
			activados
			14 DDT. 500
			cc MM
			activados
			21 DDT. 500
			cc MM
activados			
28 DDT. 500			
cc MM			
activados			
35 DDT. 500			
cc MM			
activados			
42 DDT. 125			
g de MM			
sólidos			
49 DDT. 500			
cc MM			
activados			
56 DDT. 500			
cc MM			
activados			
63 DDT. 500			
cc MM			
activados			
70 DDT. 500			
cc MM			
activados			

			77 DDT. 500 cc MM activados
			85 DDT. 500 cc MM activados
			91 DDT. 500 cc MM activados
F	Testigo químico	Por la extensión de este tratamiento se presenta en el Cuadro 2 del Anexo 3.	
G	Testigo absoluto	Ninguna aplicación de fertilizantes.	

El Cuadro 9, describe los tratamientos que se utilizaron, estableciendo los materiales y porcentajes, la manera de aplicación, el nombre y el código. El código se estableció aleatoriamente, únicamente para facilitar la identificación de los tratamientos. En los tratamientos de bokashi se aclara que el concepto tierra común se refiere al suelo predominante en cada una de las localidades, al igual, el concepto carbón vegetal se refiere al carbón vegetal con el cual contaba cada una de las localidades, ya que se promovió el uso de los recursos locales. También cabe dilucidar que las aplicaciones de los bokashi fueron de acuerdo con las recomendaciones de Restrepo (2007) y las aplicaciones de microorganismos de montaña activados fueron de acuerdo con las recomendaciones de Montejo (2017).

5.7- Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observaciones en la unidad experimental.

U = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental en la unidad

5.8- Variables de respuesta

5.8.1- Rendimiento

Se determinaron los rendimientos totales en kg/ha. Además, se determinaron los rendimientos de primera, de segunda y de tercera, todos en kg/ha.

5.8.2- Días a comienzo de la cosecha

Se determinó la cantidad de días respecto al tiempo de cosecha del primer fruto.

5.8.3- Calidad nutricional

A través de análisis bromatológicos a frutos se determinó el porcentaje de proteínas, carbohidratos, fibra y cenizas.

5.8.4- Costos variables

Los costos variables permitieron hallar la tasa de retorno marginal de los tratamientos utilizados.

5.9- Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico InfoStat, para realizar análisis de varianza (ANDEVA) de las variables de respuesta del experimento, donde hubo significancia estadística se procedió a realizar la Prueba de Tukey.

5.9.1- Análisis Económico

Los resultados agronómicos obtenidos durante el experimento fueron sometidos a análisis económico, para determinar 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 cuáles son los tratamientos que merecen mayor investigación y cuáles son las recomendaciones que se le deben proponer a los agricultores.

Las fases de elaboración del análisis económico fueron las siguientes:

5.9.1.1- Presupuesto parcial

El presupuesto parcial se calculó de acuerdo al siguiente procedimiento:

- A. *Rendimientos medios*: los rendimientos medios utilizados fueron los proporcionados por el análisis estadístico de rendimiento.
- B. *Rendimientos ajustados*: los rendimientos ajustados expresan en porcentaje las pérdidas que podrían tener los agricultores al aplicar la nueva tecnología.

- C. *Precio de campo del producto:* se calculó tomando el precio que el agricultor recibe por kg de tomate al momento de su venta, restándole los costos de cosecha y transporte para la comercialización.
- D. *Beneficio bruto de campo:* es lo que percibe el agricultor por la venta de su producto. Se calculó multiplicando el precio de campo por los rendimientos ajustados.
- E. *Costos que varían:* estos se calcularon tomando en cuenta los costos que difieren de un tratamiento a otro. Para 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, por lo tanto, esto tiene un costo.
- F. *Beneficios netos:* los beneficios netos se determinaron por medio de restarle 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. Los tratamientos dominados ya no se tomaron en cuenta para la curva de beneficios netos.
- B. *Curva de beneficios netos:* se realizó para determinar las diferencias existentes entre los tratamientos que no fueron dominados.
- C. *Tasa de retorno marginal:* a través de la tasa de retorno marginal, se determinaron los beneficios netos respecto al incremento de la cantidad invertida, además, se estableció el promedio de lo que el agricultor podría ganar, al decidir cambiar de un tratamiento a otro.
- D. *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 del capital y tasa de retorno mínima aproximada.
- E. *Análisis usando residuos:* este se calculó para verificar los resultados del análisis marginal.

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 siguiente procedimiento:

- A. *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 calculó respecto al precio del tomate en campo.

5.10- Manejo del experimento

5.10.1- *Reproducción de MM*

Montejo Sierra (2017), recomienda el siguiente procedimiento para activar los microorganismos de montaña:

- Colocar microorganismos sólidos (MMS) dentro de un saco de manta o plástico.
- Mezclar en agua sin cloro, con melaza (la melaza se cambió por panela ya que es más fácil conseguir este material en el área de estudio), semolina de maíz y remover con una paleta de madera.
- Sumergir el saco con microorganismos sólidos, dentro del recipiente, como si fuera bolsa de té.
- Llenar el recipiente con agua.
- Cerrar y sellar el recipiente; dejarlo en reposo durante 15 días.
- Después de 15 días se tomará un litro de ese líquido, con un litro de melaza (la melaza se sustituyó por panela debido a las razones expuestas anteriormente) y se llena una caneca de 20 litros con agua sin cloro.
- Se deja reposar cuatro días y a partir del quinto día se debe asperjar en el área experimental donde se evalúa el uso de los microorganismos de montaña.
- Los microorganismos de montaña que se aplicaran se preparan una semana antes.

Este proceso se explica con detalle en el Cuadro 1 del Anexo 2.

Montejo Sierra, IL. 26 ene. 2017. Activación de Microorganismos de Montaña (correo electrónico). La Habana, Cuba, Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas de Cuba.

5.10.2- Elaboración de Bokashi

Según Ramos *et al.* (2013), el abono tipo bokashi mantiene cinco meses estable la cantidad de nutrimentos, sin embargo, a los 21 días de la fabricación del bokashi la cantidad de microorganismos tiende a disminuir. Debido a ello el proceso de elaboración de bokashi se llevó a cabo dos veces:

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

5.10.2.1- Tamaño de la partícula de bokashi

Las partículas fueron incorporadas en tamaños de 5 a 10 cm².

5.10.2.2- Humedad del bokashi

La humedad al inicio fue del 50%. Únicamente se le aplicó agua a la materia orgánica al inicio del proceso.

5.10.2.3- Volteo del bokashi

El volteo se realizó una o dos veces al día, dependiendo de la temperatura. Si las temperaturas eran muy altas o cercanas a los 50°C se efectuaba el volteo dos veces al día y si las temperaturas eran bajas, o sea no cercanas a los 50°C solo se hacía un volteo por día.

5.10.2.4- Temperatura del bokashi

Se mantuvo la temperatura en aproximadamente 50°C durante los primeros cinco días de elaboración, los siguientes días fue bajando gradualmente. Al día 17 la temperatura del bokashi ya era igual a la del ambiente, esto dio la pauta de que era el momento de aplicarlo. Las temperaturas se monitorearon por medio de termómetros de alcohol.

5.10.2.5- pH del bokashi

El pH se halló a través del análisis de abonos orgánicos, el valor deseado era de 6 a 7.5, sin embargo, se tuvo un pH alcalino (ver Cuadros 7, 8 y 9 del Anexo 6).

5.10.2.6- Relación carbono/nitrógeno

El valor de la relación C/N ideal, sería de 1/25, ya que según Restrepo (2007), es el valor ideal para el bokashi. Sin embargo, las relaciones C/N fueron mucho más altas, debido a la mayor incorporación de microorganismos (ver Cuadros 7, 8 y 9 del Anexo 6).

5.10.2.7- Local para preparación del bokashi

Cada local que se utilizó para la preparación de bokashi tuvo piso de tierra compactado; para evitar la acumulación de humedad e incorporación de cantidades mayores de tierra. Además, se elaboraron galerías cubiertas con techo de lámina y paredes de madera y nylon; esto para proteger la materia orgánica del sol, la lluvia y los vientos.

Cada local fue de 1.0 m de largo por 1.5 m de ancho y de 2 m de altura. Se construyeron 5 locales, uno por cada tratamiento de materia orgánica.

5.10.3- Trazado de diseño experimental

A través de la tabla de números aleatorios se distribuyeron las unidades a evaluar en el diseño experimental. Para el establecimiento se utilizaron pitas, estacas, identificadores y metros.

5.10.4- Preparación del suelo

Se labró el suelo a una profundidad de 30 cm, esto con el fin de promover la aireación, penetración del agua y enraizamiento.

5.10.5- Elaboración de camas y acolchado

Las camas fueron de 17.5 m de largo por 0.4 m de ancho. Se establecieron tres camas por macrotúnel.

Se utilizó un acolchado de color gris plateado, ya que este no tiene mayor efecto en la elevación de temperatura y contribuye con la difusión de la luz provocando que las porciones inferiores de las hojas también realicen la fotosíntesis.

5.10.6- Distanciamiento y densidades de siembra

El distanciamiento utilizado fue de 0.48 metros entre planta y 0.90 metros entre surco.

5.10.7- Identificación de parcelas

Se identificaron con los códigos establecidos en los Cuadros 8 y 9, especificando el número de repetición al que pertenecen. Cada código fue impreso en papel adhesivo impermeable y se pegaron en cuadros de madera de 0.20 metros por 0.20 metros.

5.10.8- Control de plantas indeseables

Se mantuvo el suelo limpio para que no interfiriera en el experimento. Esta práctica consistió en arrancar manualmente toda planta no deseada, además, para optimizar el trabajo se aplicó aserrín y viruta sobre el suelo no cubierto con mulch para disminuir el crecimiento de buenazas que compitieran por los nutrientes.

5.10.9- Control de plagas y enfermedades

Se utilizaron productos orgánicos: BIO - DIE cada diez días como insecticida preventivo, Timorex y Biomax BH como fungicida de control, además, se aplicó Biomax B1 como nematocida, al inicio del cultivo. Sin embargo, al tener problemas con plagas y enfermedades, se recurrió al uso de agroquímicos: Antracol, Luna Experience, Tryclan y Phytan.

5.10.10- Podas

Las podas se realizaron en tiempos acordes con las necesidades del cultivo, se manejaron tres ejes por planta.

5.10.11- Tutorado

Funcionó como sostén de las plantas, a través de la utilización de parales a cada 5 metros y pita plástica puestas con diferencias de alturas de 0.15 metros.

5.10.12- Cosecha

Según Bejo (2012), el genotipo híbrido Tolimán F1 tiene un ciclo promedio de 85 a 90 días, pero esto es variante, por lo que la cosecha se realizó cuando el tomate alcanzó una coloración rojiza uniforme. La cosecha se ejecutó durante 65 días.

5.10.13- Análisis de suelo

Se realizaron análisis de suelos antes de establecer el cultivo (Cuadros 3 y 4 del Anexo 4), y después de la cosecha del cultivo, para evaluar la relación anterior y posterior a la cosecha, del suelo (ver Cuadro 5 y 6 del Anexo 5).

5.10.14- Análisis de abonos orgánicos

Se realizó un análisis de abonos por cada tratamiento orgánico. La muestra fue recolectada a los 18 días después de haber iniciado la elaboración de los mismos, los resultados se presentan en los Cuadros 7, 8 y 9 del Anexo 6.

El Anexo 7 presenta fotografías del manejo del experimento.

6- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido a que la investigación se llevó a cabo simultáneamente en caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez y en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, los resultados se presentan por localidad.

6.1- Análisis de resultados de la localidad: cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo

Las variables dependientes del experimento fueron las siguientes: rendimiento, días a comienzo de la cosecha, calidad nutricional, además, se presenta un análisis económico respecto a los tratamientos.

6.1.1- Rendimiento en kg/ha

Se calculó el rendimiento en kg/ha de los siete tratamientos, para determinar si hay diferencias significativas se realizó un análisis de varianza el cual se presenta en el Cuadro 10.

Cuadro 10: Análisis de varianza al del rendimiento en kg/ha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7488437666.80	8	936054708.35	15.33	0.0001
Bloques	2189087954.00	2	1094543977.00	17.93	0.0002
Tratamientos	5299349712.80	6	883224952.13	14.47	0.0001
Error	732622939.80	12	61051911.65		
Total	8221060606.59	20			

Según el Cuadro 10 los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas, por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de Tukey (Cuadro 11) para determinar las diferencias y evaluar las hipótesis.

Cuadro 11: Prueba de Tukey al 5% del rendimiento en kg/ha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Error: 61051911.6498		gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
C	100 683.37	3	4 511.17	A		
E	79 830.54	3	4 511.17	A B		
F	74 317.00	3	4 511.17	B		
B	68 416.92	3	4 511.17	B C		
A	65 303.69	3	4 511.17	B C		
D	58 290.25	3	4 511.17	B C		
G	46 554.89	3	4 511.17	C		

En el Cuadro 11 queda demostrado que el tratamiento C (bokashi de gallina), fue significativamente superior a los demás tratamientos excepto al E (microorganismos de montaña), teniendo rendimientos de: 100 683.37 kg/ha. Asimismo, el tratamiento E (microorganismos de montaña) fue estadísticamente igual a los tratamientos C, F, B, A y D, y significativamente superior al tratamiento G (testigo absoluto) mostrando rendimientos de 79 830.54 kg/ha. Mientras tanto, el testigo químico fue significativamente superior al testigo absoluto, presentando rendimientos de 74 317.00 kg/ha. Los tratamientos: B (bokashi de cerdo), A (bokashi de vaca) y D (bokashi de lombriz), no presentaron diferencias significativas respecto a ambos testigos.

En cuanto a los tratamientos A, B, C y D de acuerdo con los análisis de laboratorio presentados en el Cuadro 7 del Anexo 6, el porcentaje de materia orgánica funcionó de manera paralela en la cantidad de nitrógeno, fósforo y zinc, además, influyó de manera contraria en la cantidad de hierro, manganeso y en la relación C/N, o sea, a mayor cantidad de materia orgánica menor ppm de hierro y de manganeso y una relación más baja de C/N. Entonces, el tratamiento C en comparación con el tratamiento A, B y D, tuvo mayor

cantidad de materia orgánica, de nitrógeno, fósforo, zinc, una menor cantidad de hierro, manganeso lo que favoreció la mineralización de los elementos.

El tratamiento D, aunque no fue significativamente diferente a los tratamientos de bokashi (A y B), si fue el menor y es porque presentó las mayores cantidades de hierro y manganeso (ver Cuadro 7 del Anexo 6), y aunque el hierro es importante en la formación de clorofila, cantidades altas limitan el crecimiento de las plantas y generan compuestos insolubles, además, al igual que el manganeso incrementan el estrés durante períodos secos.

Respecto a los porcentajes de materia orgánica (ver Cuadro 7 del anexo 6), es evidente que guarda relación con el rendimiento de las plantas, y esto se debe a que los coloides de materia orgánica aumentan de uno a tres mEq completos la capacidad de intercambio catiónico, o sea hasta 100 veces más que las arcillas, por lo tanto, aumentan la disponibilidad inmediata de nutrientes, también es necesario mencionar que al descomponerse la materia orgánica se liberan ácidos orgánicos que disuelven minerales del suelo. Y, además, la materia orgánica almacena nutrientes como parte de su composición química los cuales son disueltos al momento de la descomposición.

Asimismo, si se observa el Cuadro 7 y 9 del Anexo 6, llama poderosamente la atención la baja cantidad de nutrientes y la alta producción del tratamiento E, sin embargo, esto se debe a que los MM presentan básicamente tres tipos de microorganismos: bacterias fototróficas (*Rhodospseudomonas* spp), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp) y levaduras (*Saccharomycetes* spp), estas son interdependientes, absorben y sintetizan compuestos que las plantas superiores no pueden utilizar sin el proceso previo de estos microorganismos. Esto demuestra que los MM contribuyen a que las plantas puedan asimilar nutrientes y de acuerdo con lo mencionado por Cepeda (1999), estos regulan de manera directa la disponibilidad de nutrientes a través de la formación de quelatos, quedando demostrado por medio de esta investigación que actúan en una mejor productividad de los cultivos. Además, esto refuerza la Teoría de la Fertilidad del Suelo de Restrepo y Hensel (2009:62), en donde se menciona que un suelo es fértil por el crecimiento continuo de números y variados microorganismos, principalmente de hongos y bacterias.

En cuanto al tratamiento F (testigo químico) no fue el más rendidor, debido al rápido lixiviado de los productos químicos y a la afectación de los microorganismos del suelo.

En síntesis, la hipótesis Ha1, es aceptada, ya que un tratamiento de materia orgánica (bokashi de gallina) demostró significancia estadística respecto a ambos testigos y otro tratamiento de materia orgánica (microorganismos de montaña) mostró significancia estadística respecto al testigo absoluto.

6.1.1.1- Peso promedio de frutos en gramos:

Como complemento del rendimiento se evaluó el peso promedio de los frutos en gramos por tratamiento. El resultado se presenta en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Análisis de varianza del peso promedio de frutos (gramos) en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1 153.50	8	144.19	6.20	0.0027
Bloque	819.27	2	409.64	17.61	0.0003
Tratamiento	334.23	6	55.71	2.39	0.0933
Error	279.11	12	23.26		
Total	1 432.61	20			

Según el p-valor del Cuadro 12, hay diferencia significativa al 10% en el peso de los frutos. Debido a ello, se presenta el Cuadro 13, para mostrar las medias de los tratamientos.

El Cuadro 13 evidencia que el tratamiento C (bokashi de gallina) presentó frutos con un peso promedio de 74.99 gramos y es superior significativamente al tratamiento F (testigo químico) el cual presentó frutos con peso promedio de 60.49 gramos. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 13: Prueba de Tukey al 10% para el peso promedio en gramos del fruto en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Test: Tukey	Alfa=0.05	DMS=13.78178	
Error: 23.2591	gl: 12		
Tratamiento	Medias	n	E.E.
C	74.99	3	2.78 A
E	69.05	3	2.78 A B
D	68.18	3	2.78 A B
G	67.08	3	2.78 A B
B	66.63	3	2.78 A B
A	65.95	3	2.78 A B
F	60.49	3	2.78 B

6.1.1.2- Cantidad de frutos por planta:

Se analizó la diferencia entre la cantidad promedio de frutos por planta de cada uno de los tratamientos, a través del análisis de varianza presentado en el Cuadro 14.

Según el Cuadro 14, hay diferencia significativa al 1% entre el número de frutos por planta de los tratamientos, por lo tanto, las diferencias en las medias se evaluarán a través de una prueba de Tukey, la cual se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 14: Análisis de varianza de la cantidad de frutos por planta en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45 983.24	8	5 747.90	8.82	0.0005
Bloque	26 406.10	2	13 203.05	20.25	0.0001
Tratamiento	19 577.14	6	3 262.86	5.00	0.0087
Error	7 824.57	12	652.05		
Total	53 807.81	20			

Según el Cuadro 15, el tratamiento C (bokashi de gallina) fue superior estadísticamente al tratamiento D (bokashi de lombriz) y al tratamiento G (testigo absoluto). Mientras tanto el tratamiento F (testigo químico) fue superior al testigo absoluto. Esto sugiere que: la diferencia presentada en el Cuadro 11 de rendimiento en kg/ha del tratamiento C y el tratamiento G, se debe a la diferencia en la cantidad de frutos.

Cuadro 15: Prueba de Tukey al 5% del para la cantidad de frutos por planta en la localidad de Esquipulas Palo Gordo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=72.97072					
Error: 652.0476 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
C	198.00	3	14.74	A	
F	179.33	3	14.74	A B	
E	173.00	3	14.74	A B C	
B	150.00	3	14.74	A B C	
A	149.33	3	14.74	A B C	
D	124.33	3	14.74	B C	
G	102.33	3	14.74	C	

Es importante resaltar el hecho de que el tratamiento E (microorganismos de montaña) aún al no utilizar abonos presenta frutos de igual tamaño y peso que los demás tratamientos que si fueron fertilizados, por lo tanto, se demuestra la capacidad de los microorganismos respecto a la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

6.1.2- Días a comienzo de la cosecha

La segunda variable dependiente son los días a comienzo de la cosecha, para determinar si hay diferencias significativas se presenta el Cuadro 16.

Cuadro 16: Análisis de varianza de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3 522.57	8	440.32	7.29	0.0013
Bloque	3 252.95	2	1 626.48	26.94	0.0001
Tratamiento	269.62	6	44.94	0.74	0.6250
Error	724.38	12	60.37		
Total	4 246.95	20			

Según el p-valor del cuadro 16, no hay diferencia significativa entre los días a la cosecha de los distintos tratamientos. O sea, las diferencias entre los tratamientos se debieron al azar y por lo tanto se rechaza la hipótesis Ha-2. Sin embargo, se presenta el Cuadro 17, el cual dan a conocer las medias que se tuvieron.

El Cuadro 17 presenta las medias de días a inicio de la cosecha, cabe recordar, que estas diferencias no fueron significativas. Además, con base en dicho Cuadro se logró determinar que bajo las condiciones de la localidad experimental de Esquipulas Palo Gordo se tuvo un tiempo promedio de cosecha del tomate Híbrido Tolimán F1 de 104 días, lo que no coincide con lo mencionado por Bejo (2012), que son de 85 a 90 días para cosecha.

Cuadro 17: Medias de días a comienzo de la cosecha en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Tratamiento	Medias
F	98.33
C	100.00
E	103.67
B	104.33
A	106.00
G	106.33
D	109.67

6.1.3- Calidad nutricional del fruto.

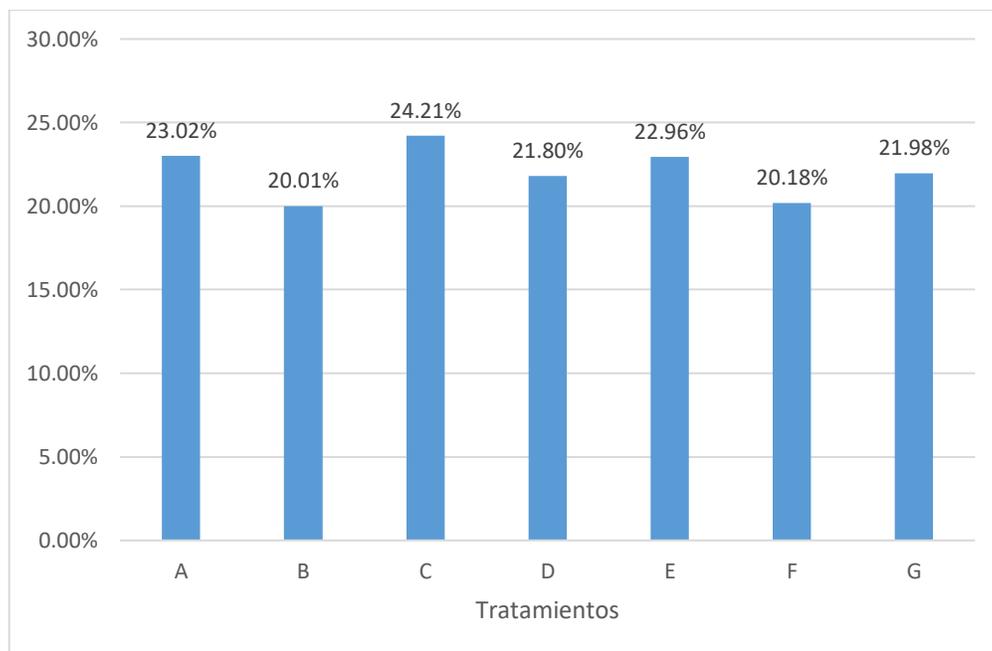
Las variables evaluadas dentro de este marco son: proteínas, carbohidratos, fibras, cenizas y grasas. Los análisis bromatológicos se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Análisis bromatológicos de frutos de tomate de los tratamientos evaluados en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Tratamientos	Especificaciones				
	Proteína cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Ceniza	Grasas
A	23.02%	43.21%	14.58%	17.39%	1.81%
B	20.01%	46.97%	13.73%	17.48%	1.81%
C	24.21%	40.29%	14.90%	18.74%	1.86%
D	21.80%	44.27%	16.26%	15.72%	1.95%
E	22.96%	42.02%	14.93%	18.54%	1.54%
F	20.18%	47.13%	14.15%	16.15%	2.39%
G	21.98%	42.32%	14.34%	18.41%	1.96%

Los datos nutricionales fueron analizados con base en lo mencionado por Dorais *et al.* 2008, citado por Rosales Villegas (2008): el fruto de tomate es un excelente alimento que contribuye en beneficios fisiológicos adicionales y cobertura de requerimientos nutricionales básicos por su bajo aporte calórico, relativamente alto contenido en fibras y la gran cantidad de minerales, que conlleva beneficios fisiológicos adicionales, así como de requerimientos nutricionales básicos. Para el análisis también se tomó en cuenta lo expresado por Scrimshaw y Squibb (1953), la escasez de proteínas para el consumo humanos y animales es el problema más grave de nutrición y agricultura atraviesan las regiones poco desarrolladas del mundo, ya que, aunque es una publicación antigua aún tiene vigencia.

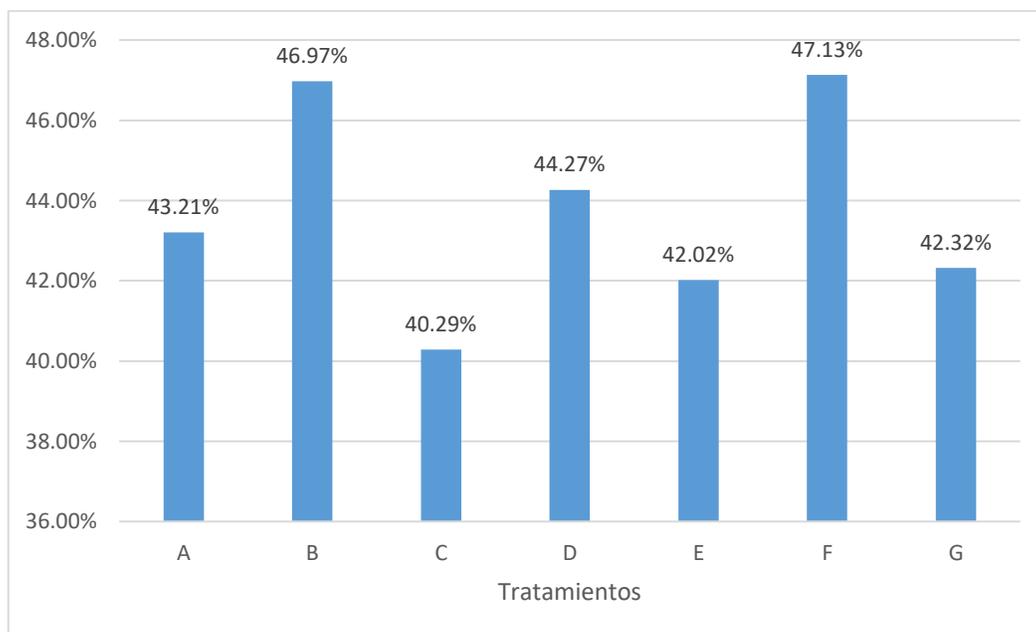
El cuadro 18 presenta los resultados de los análisis bromatológicos, para analizar cada variable de manera sencilla se muestran las siguientes gráficas:



Gráfica 1: Cantidad de proteína cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Según la Gráfica 1 el tratamiento que contiene mayor cantidad de proteína es el tratamiento C (bokashi de gallina), seguido por el tratamiento A (bokashi de vaca) y por el tratamiento E (microorganismos de montaña). El tratamiento con menor cantidad de proteína es el tratamiento B (bokashi de cerdo), mientras el segundo tratamiento con menor cantidad de proteína es el F (testigo químico). Los resultados coinciden casi en totalidad con lo comprobado por Martínez y Rodríguez (2010) que mencionan que los abonos orgánicos producen mayor cantidad de proteínas comparados con tratamientos químicos en el cultivo de amaranto, sin embargo, en este caso fue en el cultivo de tomate debido a que a

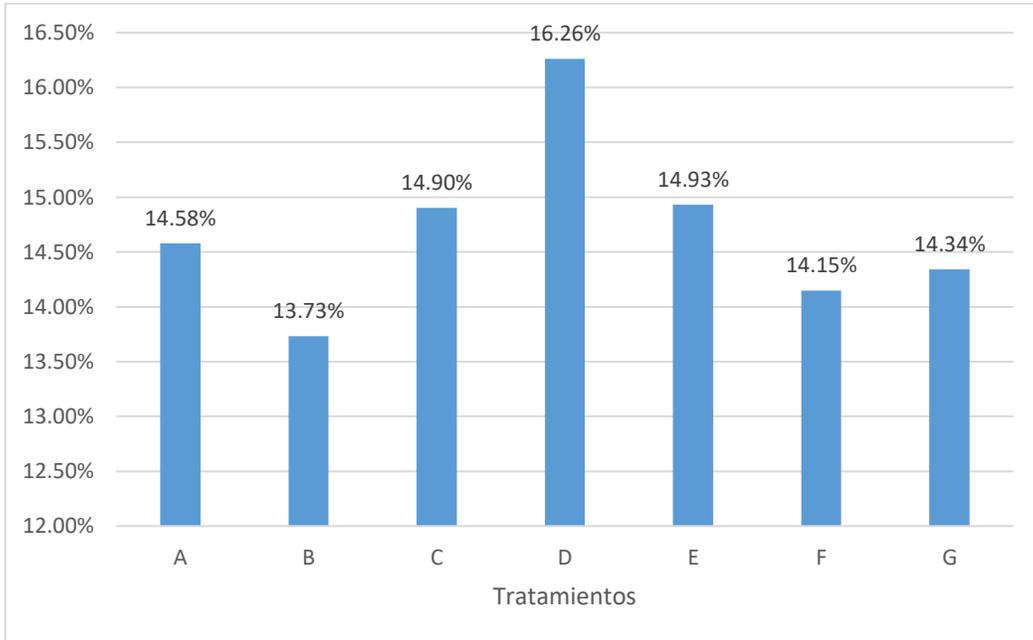
excepción del tratamiento B (bokashi de cerdo), todos los tratamientos de materia orgánica y el testigo absoluto produjeron mayor cantidad de proteínas que el testigo químico.



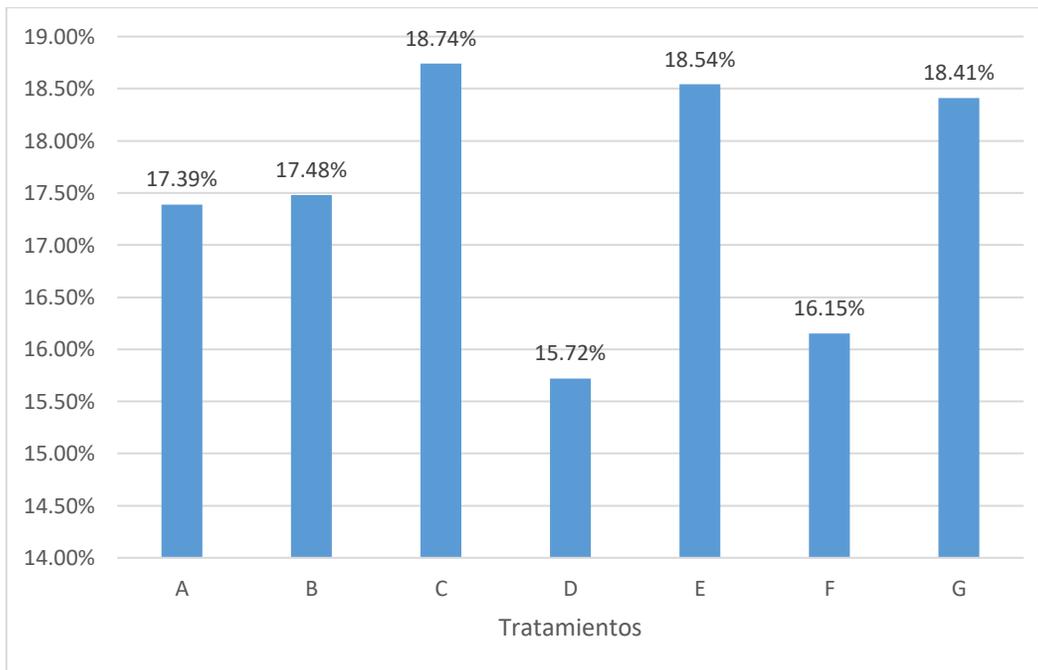
Gráfica 2: Cantidad de carbohidratos en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

La Gráfica 2 demuestra que el tratamiento con el mayor porcentaje de carbohidratos es el tratamiento F (testigo químico), seguido por el tratamiento B (bokashi de cerdo). El tratamiento con menor cantidad de carbohidratos es el tratamiento C (bokashi de gallina) y el segundo con la menor cantidad de carbohidratos es el tratamiento E (microorganismos de montaña). Cabe aclarar que según la FAO (2015), aunque los carbohidratos aportan 4 calorías por gramo estas en exceso son convertidas en grasa, entonces, de acuerdo con lo mencionado por Rosales Villegas (2008), los mejores frutos de tomate serán quienes contengan la menor cantidad de carbohidratos.

La Gráfica 3 evidencia que el tratamiento D (bokashi de lombriz) es el que presenta el mayor porcentaje de fibra, seguido por el tratamiento E (microorganismos de montaña) y C (bokashi de gallina). Los tratamientos que menos fibra tienen son el tratamiento B (bokashi de cerdo) y el tratamiento F (testigo químico). Los tratamientos con mejor calidad respecto al porcentaje de fibra son los que presentan las mayores cantidades de acuerdo con lo mencionado por Rosales Villegas (2008).

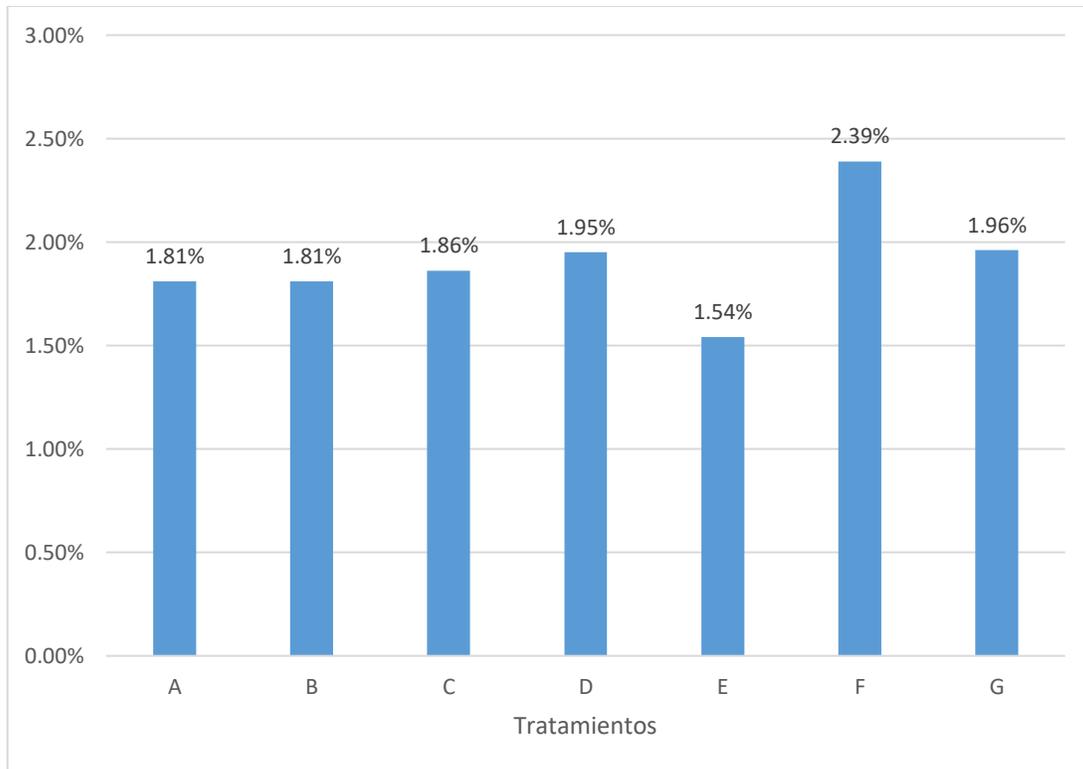


Gráfica 3: Cantidad de fibra cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.



Gráfica 4: Cantidad de cenizas en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

La Gráfica 4, la cantidad de cenizas se determina como la cantidad de minerales que poseen los frutos, el tratamiento que contiene la mayor cantidad de cenizas es el tratamiento C (bokashi de gallina), seguido muy de cerca por el tratamiento E (microorganismos de montaña) y el tratamiento G (testigo absoluto), quienes presentaron la menor cantidad de cenizas fueron los tratamientos D (bokashi de lombriz) y F (testigo químico) respectivamente.



Gráfica 5: Cantidad de grasa en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Según la Gráfica 5, el tratamiento F (testigo químico) presenta la mayor cantidad de grasa en el fruto, y a la inversa, el tratamiento E (microorganismos de montaña) presenta la menor cantidad de grasa en el fruto, mientras, los demás tratamientos A (bokashi de vaca), B (bokashi de cerdo), C (bokashi de gallina), D (bokashi de lombriz) y G (testigo absoluto) se observan muy parejos. Debido a que las grasas aportan 9 calorías por gramo, respecto a las grasas el tratamiento F (testigo químico) es el peor, mientras, el tratamiento F es el mejor.

En síntesis, el tratamiento C (bokashi de gallina) y E (microorganismos de montaña) son los que poseen la mejor calidad nutricional por su alta cantidad de ceniza y

de proteína cruda; por sus porcentajes altos en fibra; y por sus bajos porcentajes de carbohidratos y grasas. Mientras el tratamiento F (testigo químico) es el peor, aunque presenta porcentajes medios de fibra; presenta altos porcentajes de carbohidratos y grasas; y bajos porcentajes de proteína y muy bajos de minerales. También el tratamiento B (bokashi de cerdo) se determina como el segundo tratamiento que posee la peor calidad nutricional por poseer la menor cantidad de proteína y fibra, y alto contenido de carbohidratos.

Gómez Patiño (2013), menciona que bajo las condiciones en las que experimentó el tratamiento químico presentó una mejor calidad nutricional que bokashi y un tratamiento sin incorporación de fertilizantes, sin embargo, bajo las condiciones de Esquipulas Palo Gordo los resultados son totalmente distintos, pues el tratamiento químico fue el peor, mientras los tratamientos bokashi de gallina y microorganismos de montaña fueron los mejores.

La hipótesis Ha3, no se puede comprobar ni rechazar, debido a que se realizó un solo análisis por tratamiento y no los necesarios para evaluarlos a través del diseño experimental de bloques completamente al azar.

Además, es evidente que los análisis bromatológicos presentados en el Cuadro 17, no coinciden con los análisis presentados por el INCAP (2012) en el Cuadro 4, aunque cabe recordar que dichos análisis son únicamente de la parte comestible del fruto (98% del total del fruto), mientras los análisis realizados en esta investigación son de fruto completo.

6.1.4- Análisis económico.

El análisis económico se dividió en tres partes: presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de variabilidad.

6.1.4.1- Presupuesto parcial.

El presupuesto parcial se presenta de manera desglosada en el Cuadro 19.

Cuadro 18: Presupuesto parcial de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

	Unidad de medida	Tratamiento						
		A	B	C	D	E	F	G
Rendimiento medio de primera	kg/ha	49 676.52	52 133.69	91 631.94	45 542.17	63 664.86	51 836.11	37 141.49
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	44 708.87	46 920.32	82 468.74	40 987.96	57 298.37	46 652.50	33 427.34
Rendimiento medio de segunda	kg/ha	11 264.89	12 917.11	7 219.00	10 136.67	11 814.92	17 308.43	7 285.84
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	10 138.40	11 625.40	6 497.10	9 123.01	10 633.43	15 577.59	6 557.26
Rendimiento medio de tercera	kg/ha	4 362.29	3 366.11	1 832.44	2 611.40	4 350.76	5 172.46	2 127.56
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	3 926.06	3 029.50	1 649.19	2 350.26	3 915.69	4 655.22	1 914.80
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	333 528.14	350 025.62	615 216.81	305 770.14	427 445.84	348 027.63	249 367.97
Beneficios del campo de frutos de segunda	Q/ha	70 056.33	80 331.54	44 894.95	63 039.98	73 476.99	107 641.12	45 310.64
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	24 969.73	19 267.63	10 488.87	14 947.67	24 903.78	29 607.18	12 178.14
Beneficios brutos de campo	Q/ha	428 554.19	449 624.78	670 600.63	383 757.80	525 826.60	485 275.93	306 856.76
Costo de estiércol vacuno	Q/ha	3 864.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol porcino	Q/ha	0.00	5 153.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol de gallina	Q/ha	0.00	0.00	5 153.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol de lombriz	Q/ha	0.00	0.00	0.00	9 017.75	0.00	0.00	0.00
Costo de paja seca	Q/ha	7 346.16	7 346.16	7 346.16	7 346.16	0.00	0.00	0.00
Costo de carbón	Q/ha	1 518.00	1 518.00	1 518.00	1 518.00	0.00	0.00	0.00
Costo de ceniza	Q/ha	1 718.75	1 718.75	1 718.75	1 718.75	0.00	0.00	0.00
Costo de broza	Q/ha	206.25	206.25	206.25	206.25	439.05	0.00	0.00

Costo de levadura	Q/ha	504.00	504.00	504.00	504.00	0.00	0.00	0.00
Costo de panela	Q/ha	996.00	996.00	996.00	996.00	1 668.00	0.00	0.00
Costo de leche	Q/ha	1 160.00	1 160.00	1 160.00	1 160.00	660.00	0.00	0.00
Costo de afrecho de maíz	Q/ha	1 725.00	1 725.00	1 725.00	1 725.00	60.00	0.00	0.00
Costo de Bayfolan	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9 387.00	0.00
Costo de Cal agrícola	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	238.40	0.00
Costo de Calcio Boro	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3 552.00	0.00
Costo de K-fol	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 400.00	0.00
Costo de Hidrocomplex	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10 450.00	0.00
Costo de Nitrato de potasio	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12 141.23	0.00
Costo de Nitrato de calcio	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4 597.56	0.00
Costo de Triple 15	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2 362.80	0.00
Costo de agua	Q/ha	187.49	187.49	187.49	187.49	2 562.71	883.87	0.00
Costo de mano de obra de aplicaciones foliares	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	12 040.00	10 192.00	0.00
Costo de mano de obra de aplicaciones radiculares	Q/ha	11 112.00	11 112.00	11 112.00	11 112.00	3 704.00	25 672.00	0.00
Costo de mano de obra de volteo de abonos	Q/ha	14 080.00	14 080.00	14 080.00	14 080.00	0.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra de preparación de materia orgánica	Q/ha	7 408.00	7 408.00	7 408.00	7 408.00	1 856.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra de activación de MM	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	4 816.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra para elaboración de locales para abonos *	Q/ha	5 080.00	5 080.00	5 080.00	5 080.00	0.00	0.00	0.00
Costo de material para elaboración de locales de almacenamiento *	Q/ha	2 567.63	2 567.63	2 567.63	2 567.63	0.00	0.00	0.00

Costo de recipientes plásticos de almacenamiento *	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	2 520.00	0.00	0.00
Costo de bomba de asperjar **	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	570.00	570.00	0.00
Costo de sacos de almacenamiento	Q/ha	4 630.00	4 630.00	4 630.00	4 630.00	0.00	0.00	0.00
Total, de costos que varían	Q/ha	64 104.03	65 392.28	65 392.28	69 257.03	30 895.76	81 446.86	0.00
Beneficios netos	Q/ha	364 450.16	384 232.50	605 208.35	314 500.76	494 930.85	403 829.07	306 856.76

En el presupuesto parcial los rendimientos se ajustaron al 10%, debido a que los tratamientos fueron de fácil aprendizaje para los agricultores, además se constituyen únicamente como tratamientos para la fertilización del cultivo y no un paquete tecnológico completo, por lo tanto, los rendimientos serían únicamente menores en 10% a los obtenidos en el experimento.

En el Cuadro 19, para determinar el precio de campo se le restó a cada kilogramo de los beneficios brutos de campo la cantidad monetaria necesaria para cosechar y transportar un kilogramo de producto, en cuanto a la cosecha se determinó que se utilizan Q0.16/Kg, mientras el transporte tiene un costo de Q0.1/kg. Respecto a la mano de obra, debido a que la mayor parte de trabajo es realizado por el agricultor y su familia se establecieron costos de oportunidad. Normalmente en Esquipulas Palo Gordo se paga Q50.00 por ocho horas de trabajo informal y se da un tiempo de comida de Q14, por lo tanto, el jornal de ocho horas al día tiene un costo promedio de Q64.00, al igual, se establecieron costos de oportunidad en el agua, ya que los agricultores se ven obligados a acarrear agua para uso agrícola.

Ahora, en cuanto al equipo e infraestructura de los costos que varían del Cuadro 19, se calculó a través de dividir la inversión total entre la cantidad de años que dura en uso generalmente. Los costos que presentan (*) duran alrededor de 5 años, mientras los costos que presentan (**) duran alrededor de 4 años.

Aunque en el Cuadro 19 son evidentes las diferencias en cuanto a beneficios netos, para tener una perspectiva meticulosa y poder recomendar algún o algunos tratamientos se generó el análisis marginal.

6.1.4.2- *Análisis marginal*

El análisis marginal se dividió en: Análisis de dominancia, curva de beneficios netos, tasa de retornos marginal, tasa de retornos mínimos aceptables y análisis de residuos.

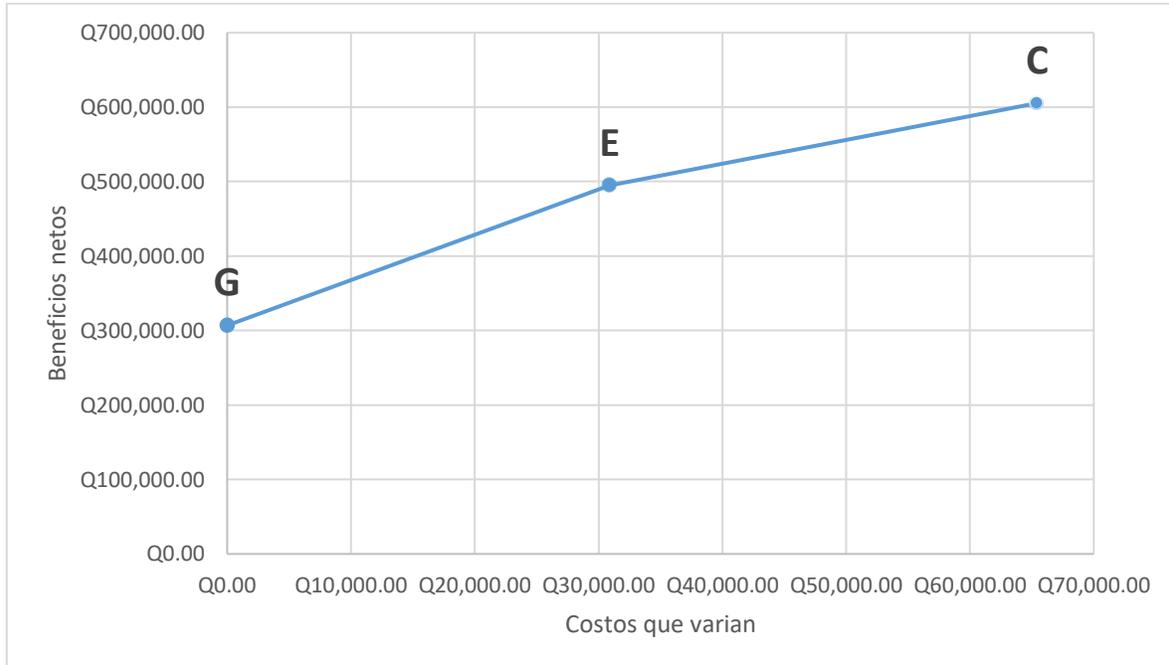
Se inició realizando el análisis de dominancia, para generar este análisis se ordenaron los tratamientos de manera ascendente de acuerdo con los costos que varían. El cálculo se presenta en el Cuadro 20.

Cuadro 20: Análisis de dominancia de la localidad Esquipulas Palo Gordo.

Tratamiento	Costos que varían		Beneficios netos		
	Q	Ha	Q	Ha	
G		0.00	306	856.76	
E	30	895.76	494	930.85	
A	64	104.03	364	450.16	Dominado
B	65	392.28	384	232.50	Dominado
C	65	392.28	605	208.35	
D	69	257.03	314	500.76	Dominado
F	81	446.86	403	829.07	Dominado

El Cuadro 20 da a conocer los tratamientos dominados: A, B, D y F. Estos han sido dominados debido a que sus beneficios netos son menores o iguales a algún tratamiento que presenta costos que varían más bajos. Además, el Cuadro 20 define que el tratamiento más barato después del testigo absoluto es el tratamiento E (microorganismos de montaña), mientras tanto, el tratamiento más caro es el tratamiento F (testigo químico). Aunque el análisis de dominancia ha eliminado a algunos de los tratamientos aún no se puede dar una recomendación definitiva, pues se deben de analizar las diferencias entre los tratamientos no dominados.

Para determinar las diferencias entre los tratamientos que no fueron dominados se realizó la curva de beneficios netos, la cual se muestra en la Gráfica 6.



Gráfica 6: Curva de beneficios netos de la localidad Esquipulas Palo Gordo.

Según la Gráfica 6, la curva de beneficios netos expresa la pendiente más elevada entre el tratamiento G y el tratamiento E, mientras, la pendiente entre el tratamiento E y el tratamiento C es menos elevada. Sin embargo, para revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es necesario calcular la tasa de retorno marginal, la cual se presenta en el Cuadro 21.

Cuadro 21: Tasa de retorno marginal de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Tratamiento	Costos que varían Q/Ha	Costos que varían marginales Q/Ha	Beneficios netos Q/Ha	Beneficios netos marginales Q/Ha	Tasa de retorno marginal
G	0.00		306 856.76		
E	30 895.76	30 895.76	494 930.85	188 074.09	608.74%
C	65 392.28	34 496.53	605 208.35	110 277.50	319.31%

La tasa de retorno marginal expresa el porcentaje de ganancia al cambiar de un tratamiento a otro, por ende, según el Cuadro 21, al cambiar del tratamiento G al tratamiento E el agricultor podría obtener un 608.74% de retorno, es decir por cada quetzal invertido en el tratamiento E y no el tratamiento G recibirá Q1.00 más Q6.08. Y respecto a la tasa de retorno marginal entre el tratamiento C y el tratamiento E representaría un 319.68% adicional, o sea, en el cambio de tratamiento por el tratamiento C se esperaría ganar Q1.00 más Q3.19. Ahora bien, para determinar si los retornos son suficientes para recomendar el cambio de un tratamiento a otro es necesario obtener la tasa de retorno mínima aceptable.

La tasa de retorno mínima aceptable fue calculada de acuerdo con los métodos de capital del mercado formal y la tasa de retorno mínima aproximada, esto se presenta a continuación.

- A. *Capital del mercado formal:* en Esquipulas Palo Gordo, al iniciar el cultivo de tomate, la municipalidad de dicho lugar apoya a los agricultores con un crédito con el 0% de interés, pero, los agricultores deben de comprometerse en obtener un 100% más, para poder pagar el crédito y que este sirva como capital semilla. Entonces, la primera tasa de retorno mínima aceptable se determina del 100%.
- B. *Tasa de retorno mínima aproximada:* se estima que para que el agricultor pueda adoptar nuevas tecnologías se necesitaría una tasa de retorno mínima del 25%.

Debido a lo anterior, la tasa de retorno mínima para la localidad en estudio será de 125%, la cual supera a la aconsejada por el CIMMYT (1988) que es del 50% al 100%.

Ahora bien, se tienen todos los elementos para realizar el análisis marginal, el cual se presenta en el Cuadro 22.

Cuadro 22: Análisis marginal de la localidad Esquipulas Palo Gordo.

Tratamientos	Tasa de retorno marginal	Tasa de retorno mínima	
G E	608.74%	125%	Aceptable
E C	319.68%		Recomendado

El Cuadro 22 expresa que al cambiar del tratamiento G al tratamiento E, se obtendría una tasa de retorno marginal del 608.74% algo muy por encima que la tasa de retorno mínima que es del 125%, sin embargo, el tratamiento C expresa un 319.68% adicional, lo que según el análisis marginal hace que se convierta en el mejor tratamiento en cuanto al margen neto de ganancias por cada Q1.00 de inversión. Sentado lo anterior, se explican las razones por las cuales respecto al análisis económico el mejor tratamiento es el C, pues, aunque el tratamiento E tiene una tasa de retorno marginal muy atractiva, si se escogiera este tratamiento se limitaría a beneficios menores, sin embargo, al elegir el tratamiento C la inversión de los últimos Q34 496.53, significaría obtener beneficios de 319.68% más.

Para verificar los datos del análisis marginal, se presenta en el Cuadro 23 un análisis de residuos.

Cuadro 23: Análisis de residuos de la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Tratamiento	Total, de costos que varían Q/Ha	Beneficios netos Q/Ha	Retorno requerido Q/Ha	Residuos Q/Ha
G	0.00	306 856.76	0.00	306 856.76
E	30 895.76	494 930.85	38 619.69	456 311.15
C	65 392.28	605 208.35	81 740.35	523 468.00

Con el análisis de residuos del Cuadro 23, se llega a la misma conclusión que con el análisis marginal, pues el residuo mayor es el del tratamiento C, por lo tanto, es el que genera las mayores ganancias.

6.1.4.3- Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realizó para determinar si la recomendación soportará los cambios de precio. Específicamente para el cultivo de tomate los riesgos que se corren en cuanto al cambio de precios pasan más por la variabilidad de precio del tomate en el mercado, que la variabilidad del precio de los insumos necesarios para su cultivo, debido a ello el análisis de sensibilidad se calculó respecto al precio de campo del tomate. El análisis se presenta en el Cuadro 24.

Cuadro 24: Análisis de sensibilidad respecto al precio de campo del tomate en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

		CASO 1 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q3.05 Frutos de segunda; Q2.50 Frutos de tercera; Q1.95			CASO 2 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q7.46 Frutos de segunda; Q6.91 Frutos de tercera; Q6.36 (Precios durante la investigación)		
		G	E	C	G	E	C
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	33 427.34	57 298.37	82 468.74	33 427.34	57 298.37	82 468.74
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	6 557.26	10 633.43	6 497.10	6 557.26	10 633.43	6 497.10
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	1 914.80	3 915.69	1 649.19	1 914.80	3 915.69	1 649.19
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	110 644.50	189 657.60	272 971.53	249 367.97	427 445.84	615 216.81
Beneficios de campo de frutos de segunda	Q/ha	18 098.03	29 348.26	17 931.99	45 310.64	73 476.99	44 894.95

Beneficios de campo de frutos de tercera.	Q/ha	4 231.71	8 653.67	3 644.72	12 178.14	24 903.78	10 488.87
Beneficios brutos de campo	Q/ha	132 974.24	227 659.54	294 548.24	306 856.76	525 826.60	670 600.63
Total, Costos que varían.	Q/ha	0.00	30 895.76	65 392.28	0.00	30 895.76	65 392.28
Beneficios netos.	Q/ha	132 974.24	196 763.78	229 155.96	306 856.76	494 930.85	605 208.35
		CASO 3 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q15.18 Frutos de segunda; Q12.97 Frutos de tercera; Q11.87			Tasas de retorno marginal		
		G	E	C			
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	33 427.34	57 298.37	82 468.74	De G a E 206.47%		
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	6 557.26	10 633.43	6 497.10	Caso 1: De E a C 93.90%		
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	1 914.80	3 915.69	1 649.19	De G a E 608.74%		
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	516 118.16	884 686.83	1 273 317.37	Caso 2: De E a C 319.68%		
Beneficios de campo de frutos de segunda	Q/ha	86 752.50	140 680.25	85 956.60	De G a E 1346.05%		
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	23 226.56	47 497.30	20 004.72	Caso 3: De E a C 788.25%		
Beneficios brutos de campo	Q/ha	626 097.22	1 072 864.38	1 379 278.69			
Total, Costos que varían	Q/ha	0.00	30 895.76	65 392.28			
Beneficios netos	Q/ha	626 097.22	1 041 968.63	1 313 886.41			

Respecto a la variabilidad de precios, en el Caso 2 y el Caso 3, el tratamiento que genera las mayores ganancias sigue siendo el C. Sin embargo, en el Caso 1 en el cambio del tratamiento E al C, se tiene una tasa de retorno marginal del 93.90% la cual no alcanza siquiera la tasa de retorno mínimos aceptables que es del 125%, por lo tanto bajo las condiciones del Caso 1 el tratamiento C no sería recomendable, en cuanto al cambio del tratamiento G al tratamiento E, se alcanza una tasa de retornos marginales del 206.47% y esta si supera la tasa de retornos mínimos aceptables, entonces, bajo las condiciones del Caso 1 el mejor tratamiento sería el E. Entonces, el tratamiento E podría ser una gran opción para productores que tienen poco o dificultad de acceso a capital de trabajo. No

obstante, cabe recordar que los productores de tomate en su mayoría tienen parcelas pequeñas de cultivo, lo cual significaría ganancias muy bajas para un tiempo de aproximadamente cinco meses, por lo tanto, es de vital importancia la creación de políticas y estrategias que permitan a los agricultores manejar precios estables, pues bajo las condiciones del Caso 1, el cultivo de tomate para la localidad de Esquipulas Palo Gordo sería poco rentable.

Ahora bien, respecto a lo mencionado por Acosta (2,012), donde sugiere que se deben de realizar estudios económicos para verificar si los beneficios obtenidos por MM pueden superar la inversión para producir y aplicar productos microbiales, a través, del presente estudio se determina que la producción y aplicación de productos microbiales es rentable.

6.2- Análisis de resultados de la localidad: caserío Llano Grande, del municipio de San Pedro Sacatepéquez

Las variables dependientes del experimento fueron las siguientes: rendimiento, días a comienzo de la cosecha, calidad nutricional, además, se presenta un análisis económico respecto a los tratamientos.

6.2.1- Rendimiento en kg/ha

Se calculó el rendimiento en kg/ha de los siete tratamientos, para determinar si hay diferencia significativa se generó un análisis de varianza el cual se presenta en el Cuadro 25.

Cuadro 25: Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha en la localidad de Llano Grande.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5903165491.81	8	737895686.48	4.13	0.0139
Bloque	2493041230.48	2	1246520615.24	6.97	0.0098
Tratamiento	3410124261.33	6	568354043.55	3.18	0.0417
Error	2144684996.33	12	178723749.69		
Total	8047850488.14	20			

Según el Cuadro 25 los tratamientos presentaron diferencia significativa al 5%, por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de Tukey (Cuadro 26) para determinar las diferencias y evaluar las hipótesis.

Cuadro 26: Prueba de Tukey al 5% del rendimiento en kg/ha en la localidad de Llano Grande.

Test: Tukey		Alfa=0.05	DMS=38203.23084			
Error: 178723749.6940		gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E. E.			
C	91 483.21	3	7	718.46		A
B	71 742.60	3	7	718.46		A B
E	70 906.95	3	7	718.46		A B
A	70 733.34	3	7	718.46		A B
F	64 501.90	3	7	718.46		A B
G	52 483.46	3	7	718.46		B
D	50 559.86	3	7	718.46		B

En el Cuadro 26 queda demostrado que el tratamiento C (bokashi de gallina) con un rendimiento de 91 483.21 kg/ha, fue significativamente superior al tratamiento G (testigo absoluto) y al tratamiento D (bokashi de lombriz) quienes presentaron rendimientos de 52 483.46 kg/ha y 50 559.86 kg/ha respectivamente. Mientras tanto, el tratamiento C (bokashi de gallina), no tuvo diferencias significativas con los tratamientos: B (bokashi de cerdo), E (microorganismos de montaña), A (bokashi de vaca) y F (testigo químico). Ahora bien, los tratamientos: B (bokashi de cerdo), E (microorganismos de montaña), A (bokashi de vaca), F (testigo químico), G (testigo absoluto) y D (bokashi de lombriz) no tuvieron diferencias significativas.

El tratamiento D, aunque únicamente fue significativamente diferente al tratamiento de C, y no tuvo diferencias significativas con los tratamientos de materia orgánica (A y B), fue el menor y esto se debe a que presentó altas cantidades de hierro y manganeso y las más bajas cantidades de fósforo (ver Cuadro 8 del Anexo 6).

El Cuadro 8 del Anexo 6, evidencia que la producción es paralela a la cantidad de fósforo e inversa a la cantidad de hierro y manganeso. Asimismo, si se observa los Cuadros 8 y 9 del Anexo 6, llama la atención la baja cantidad de nutrientes y la alta producción del tratamiento E, esto se debe a las mismas razones que en la localidad de Esquipulas Palo Gordo y sintéticamente es al trabajo diferenciado de los microorganismos.

En síntesis, la hipótesis Ha1, para las condiciones de la localidad de Llano Grande es aceptada de manera parcial, ya que un tratamiento de materia orgánica (bokashi de gallina) demostró significancia estadística al 5% respecto al testigo absoluto, mientras, respecto al testigo químico demostró una diferencia en rendimiento de 26 981 kg/ha, sin embargo, esta diferencia no fue significativa estadísticamente.

6.2.1.1- Peso promedio de frutos en gramos:

Como complemento del rendimiento se evaluó el peso promedio de los frutos en gramos. En el Cuadro 27 se presenta en análisis de varianza de los resultados.

Cuadro 27: Análisis de varianza del peso promedio de frutos (gramos) en la localidad de Llano Grande.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	284.85	8	35.61	1.34	0.3118
Bloque	126.45	2	63.23	2.38	0.1345
Tratamiento	158.39	6	26.40	0.99	0.4712
Error	318.54	12	26.55		
Total	603.39	20			

Según el p-valor del Cuadro 27, no hay diferencias significativas en el peso promedio de frutos de los distintos tratamientos. Sin embargo, los valores de las medias diferenciadas por tratamientos se presentan en el Cuadro 28.

Cuadro 28: Medias del peso promedio de frutos (gramos) en la localidad de Llano Grande.

Tratamiento	Medias
B	66.44
G	66.30
A	65.81
C	64.60
D	64.35
F	60.39
E	59.01

Cabe recordar, que el Cuadro 28 presenta las medias que se obtuvieron dentro de la investigación, pero estas no difieren significativamente.

6.2.1.2- Cantidad de frutos por planta:

Se analizó la diferencia entre la cantidad promedio de frutos por planta de cada uno de los tratamientos, a través del análisis de varianza presentado en el Cuadro 29.

Según el Cuadro 29, hay diferencias significativas al 1% entre el número de frutos por planta de los tratamientos, por lo tanto, las diferencias en las medias se evaluarán a través de un test de Tukey, el cual se presenta en el Cuadro 30.

Según el Cuadro 30, el tratamiento C (bokashi de gallina) fue superior estadísticamente al tratamiento D (bokashi de lombriz) y al tratamiento G (testigo absoluto). Mientras tanto los tratamientos C (bokashi de gallina, E (microorganismos de montaña), B (bokashi de cerdo), F (testigo químico) y A (bokashi de cerdo) no presentaron diferencias significativamente, Al igual, los tratamientos E, B, F, A, G y D no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 29: Análisis de varianza de la cantidad de frutos por planta en la localidad de Llano Grande.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31 901.52	8	3 987.69	6.63	0.0020
Bloque	14 390.57	2	7 195.29	11.97	0.0014
Tratamiento	17 510.95	6	2 918.49	4.86	0.0097
Error	7 212.76	12	601.06		
Total	39 114.29	20			

Cuadro 30: Prueba de Tukey al 5% para la cantidad de frutos por planta en la localidad de Llano Grande.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=70.05984				
Error: 601.0635 gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
C	202.00	3	14.15	A
E	174.33	3	14.15	A B
B	157.00	3	14.15	A B
F	153.67	3	14.15	A B
A	153.00	3	14.15	A B
G	115.00	3	14.15	B
D	114.00	3	14.15	B

Entonces relacionando el Cuadro 26, el Cuadro 27 y el Cuadro 30, se determina que la diferencia estadística del rendimiento entre el tratamiento C (bokashi de gallina), y el tratamiento G (testigo absoluto) y D (bokashi de lombriz), radicó principalmente en la cantidad de frutos producidos por planta y no en el peso promedio de los mismos.

6.2.2- Días a comienzo de la cosecha.

La segunda variable dependiente son los días a la cosecha, para determinar si hay diferencias significativas se presenta el Cuadro 31.

Cuadro 31: Análisis de varianza de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Llano Grande.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1 476.29	8	184.54	2.74	0.0561
Bloque	407.14	2	203.57	3.03	0.0862
Tratamiento	1 069.14	6	178.19	2.65	0.0711
Error	806.86	12	67.24		
Total	2 283.14	20			

Según el p-valor del Cuadro 31, no hay diferencia significativa entre los días a comienzo de la cosecha de los distintos tratamientos. O sea, las diferencias entre los

tratamientos se debieron al azar y por lo tanto se rechaza la hipótesis Ha-2. Asimismo, se presentan las medias de los resultados de los tratamientos en el Cuadro 32.

Cuadro 32: Medias de los días a comienzo de la cosecha en la localidad de Llano Grande.

Tratamiento	Medias
G	83.33
B	90.33
C	90.67
A	96.67
F	101.33
D	103.00
E	103.67

Si bien, las medias del Cuadro 32 no presentan diferencias significativas estadísticamente, son datos que, denotan la importancia de seguir evaluando la variable. A través del Cuadro 32, se logró determinar que bajo las condiciones de la localidad experimental Llano Grande se tuvo un tiempo promedio de cosecha del tomate Híbrido Tolimán F1 de 95 días, lo que se acerca a lo mencionado por Bejo 2012, que son de 85 a 90 días para cosecha.

6.2.3- Calidad nutricional del fruto.

Las variables evaluadas dentro de este marco fueron: proteínas, carbohidratos, fibras, cenizas y grasas. Los análisis bromatológicos se presentan en el Cuadro 33.

Cuadro 33: Análisis bromatológicos de frutos de tomate de los tratamientos evaluados en la localidad de Llano Grande.

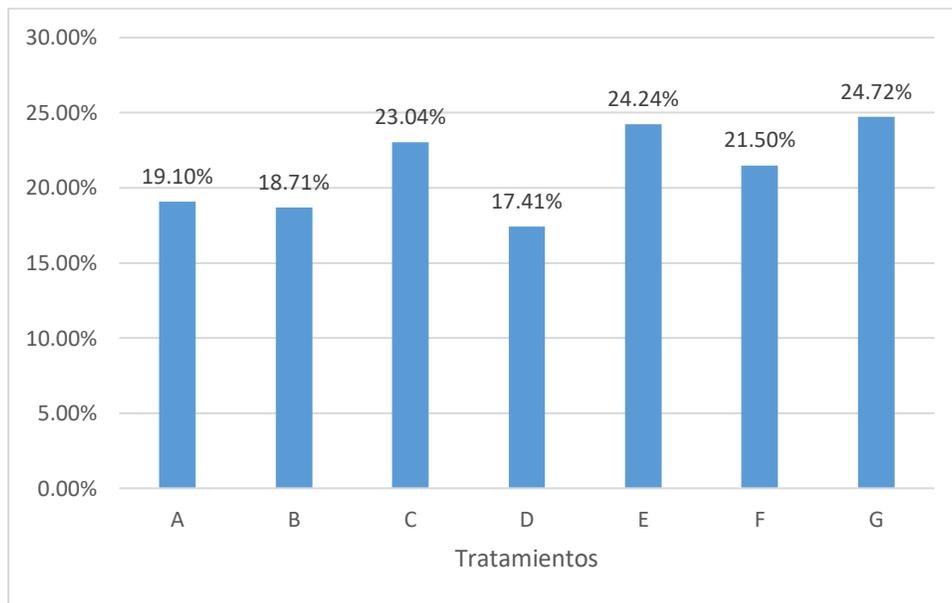
Tratamiento	Especificaciones.				
	Proteína cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Ceniza	Grasa
A	19.10%	48.53%	14.34%	16.65%	1.38%
B	18.71%	46.62%	13.99%	19.16%	1.53%
C	23.04%	39.06%	14.01%	22.53%	1.36%
D	17.41%	44.22%	14.25%	22.99%	1.13%
E	24.24%	40.43%	14.07%	19.83%	1.43%
F	21.50%	52.48%	14.36%	9.35%	2.31%
G	24.72%	48.56%	14.01%	11.35%	1.36%

Los datos nutricionales serán analizados del Cuadro 33 se analizarán con base en lo mencionado por los mismos autores que en la localidad anterior Dorais *et al.* (2008), citado por Rosales Villegas (2008) y Scrimshaw y Squibb (1953). Básicamente destacan la

importancia de las proteínas para la agricultura y consumo humano de los países en desarrollo, y los beneficios del fruto de tomate por su bajo aporte calórico, relativamente alto contenido de fibra y la gran cantidad de minerales.

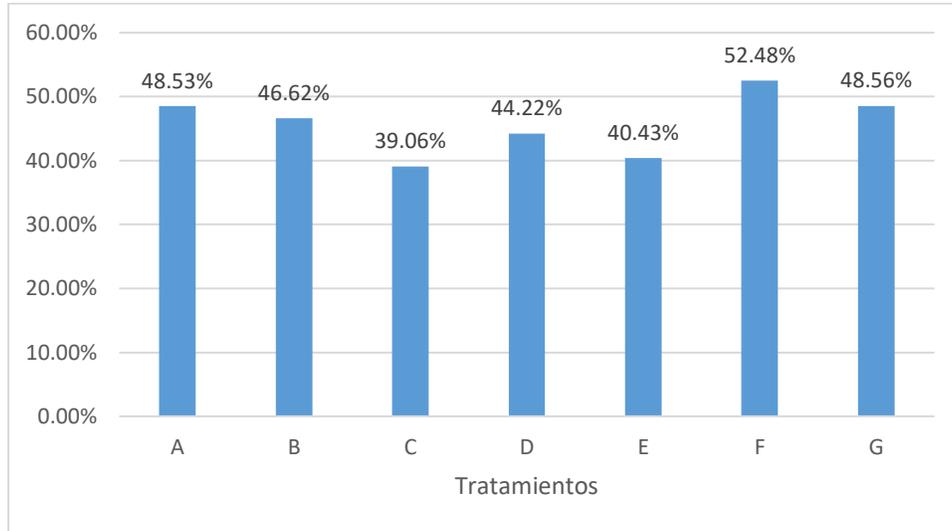
Para analizar cada variable y mostrar los resultados de manera sencilla se presentan las siguientes gráficas.

Según la Gráfica 7, el tratamiento que presenta la mayor cantidad de proteínas es el tratamiento G (testigo absoluto), seguido por el tratamiento E (microorganismos de montaña) y el tratamiento C (bokashi de gallina), mientras tanto, el tratamiento D (bokashi de lombriz) y el tratamiento B (bokashi de vaca), son quienes poseen las menores cantidades de proteínas. Los resultados coinciden en parte con lo comprobado por Martínez y Rodríguez (2010) que mencionan que los abonos orgánicos producen mayor cantidad de proteínas comparados con tratamientos químicos en el cultivo de amaranto, ya que dos tratamientos de fertilización orgánica fueron superiores al tratamiento químico, sin embargo, tres tratamientos de fertilización orgánica no superaron al tratamiento químico.



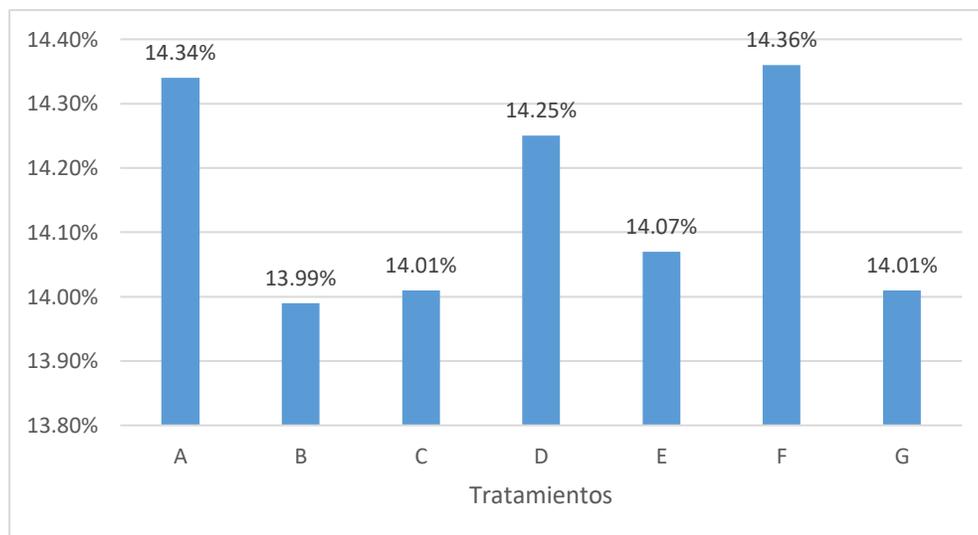
Gráfica 7: Cantidad de proteína cruda en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.

Ahora bien, en la gráfica 8 se pueden observar las diferencias que se tuvieron respecto al porcentaje de carbohidratos de los distintos tratamientos.



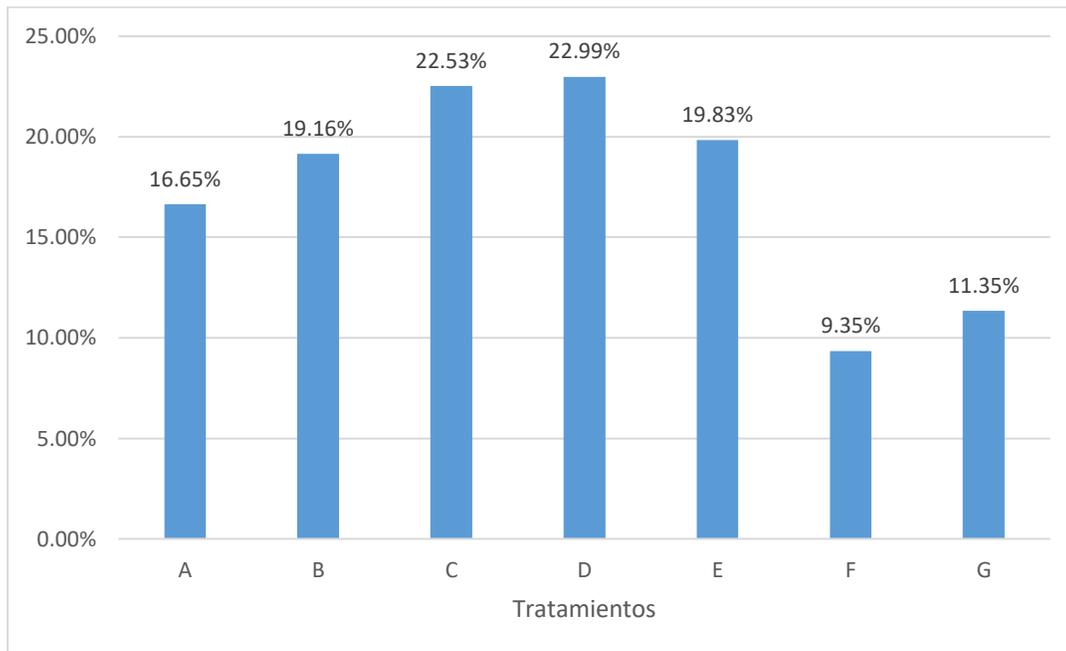
Gráfica 8: Cantidad de carbohidratos en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.

La Gráfica 8 demuestra que la mayor cantidad de carbohidratos la posee el tratamiento F (testigo químico) y el tratamiento A (bokashi de vaca), asimismo, quienes presentan la menor cantidad de carbohidratos son los tratamientos C (bokashi de gallina) y E (microorganismos de montaña). Respecto a los carbohidratos y de acuerdo con lo mencionado por Rosales Villegas (2008), se determina que los tratamientos que presentan mejores niveles son el tratamiento C y el tratamiento E, mientras tanto, al igual que en la localidad anterior, el peor nivel de carbohidratos lo posee el tratamiento F, además, el tratamiento A por su alto contenido calórico.



Gráfica 9: Cantidad de fibra en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.

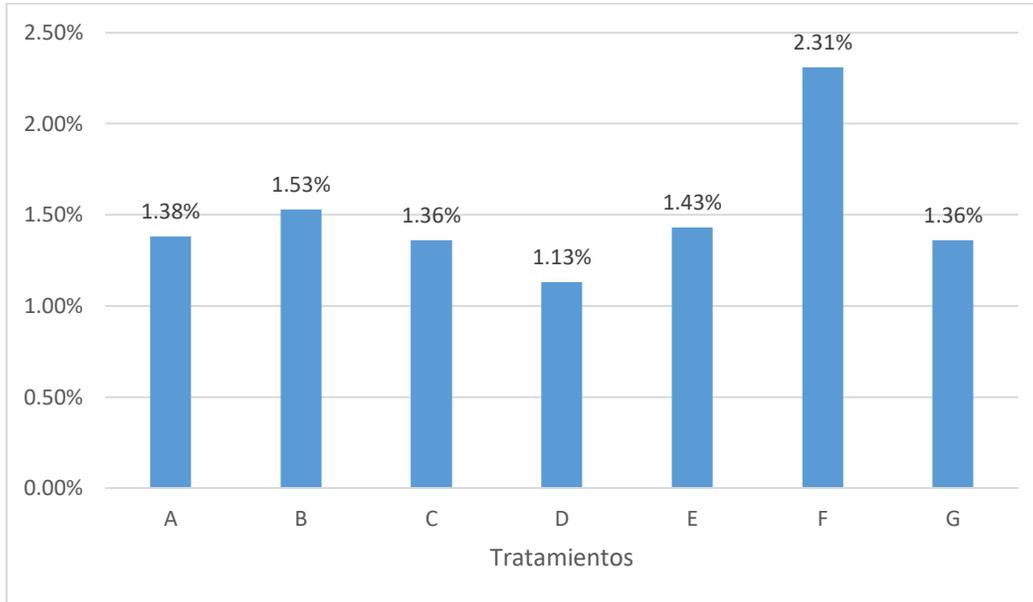
Según la Gráfica 9, el tratamiento F (testigo químico) es el que posee la mayor cantidad de fibra, sin embargo, el tratamiento A (bokashi de vaca) posee una cantidad muy cercana a la del tratamiento mencionado. Los tratamientos con menor cantidad de fibra son: el tratamiento B (bokashi de cerdo), el tratamiento C (bokashi de gallina) y el tratamiento G (testigo absoluto).



Gráfica 10: Cantidad de ceniza en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.

Las cenizas o minerales en los frutos de los distintos tratamientos expresados en la Gráfica 10, muestran diferencias en sus valores. Los tratamientos D (bokashi de lombriz), C (bokashi de gallina), E (microorganismos de montaña) y B (bokashi de cerdo), expresan más del doble de cenizas en sus frutos en comparación con el tratamiento F (testigo químico). Además, el tratamiento G (testigo absoluto), también posee una cantidad baja de cenizas. Si se retoma lo expresado por Rosales Villegas (2008), donde da a conocer que los frutos de tomate son importantes por el alto contenido de minerales, esto lleva a determinar que los mejores valores para minerales los poseen los tratamientos D, C y E, mientras los peores valores los presentan los tratamientos F y G.

Entre la calidad nutricional del fruto de tomate, también, se tomó en cuenta el porcentaje de grasas de los frutos procedentes de los distintos tratamientos. Respecto al porcentaje de grasas se presenta la Gráfica 11, en donde se hacen evidentes algunas diferencias a las que se les debe de prestar especial atención y tendría que ser analizadas profundamente en estudios posteriores.



Gráfica 11: Cantidad de grasa en frutos de los distintos tratamientos en la localidad de Llano Grande.

Según la FAO (2015), las grasas proporcionan más del doble de calorías que las proteínas o los carbohidratos, por lo tanto, son los macronutrientes con el mayor contenido energético y de acuerdo con Rosales Villegas (2008), que menciona que el tomate es importante para la nutrición debido a su bajo aporte calórico, se establece que según la Gráfica 11 el tratamiento F (testigo químico) es el que posee los peores niveles de grasas respecto a los demás tratamientos ya que los supera en un 50% o más. Asimismo, los tratamientos con el menor contenido de grasas son: el tratamiento D (bokashi de lombriz), G (testigo absoluto) y C (bokashi de gallina), por lo tanto, estos son los que poseen los mejores niveles de grasas.

El tratamiento F, aunque tiene altas cantidades de fibra y cantidades medias de proteína, posee muy altas cantidades de grasas, carbohidratos y minerales.

En síntesis, con los datos obtenidos para la localidad experimental de Llano Grande se determina que los tratamientos que producen los frutos con mejor calidad nutricional son: el tratamiento C, aunque produce frutos con bajas cantidades de fibra, los mismos poseen altas cantidades de proteínas y cenizas, bajas cantidades en grasas y las más bajas cantidades de carbohidratos; y también, el tratamiento E (microorganismos de montaña) pues produjo frutos con porcentajes elevados de proteína y cenizas, cantidades medias en fibra, bajos porcentajes en carbohidratos y grasas. Asimismo, el tratamiento F (testigo químico) es el peor en calidad nutricional, aunque respecto a los demás tratamientos posee niveles altos de fibra y medios de proteína, presenta los porcentajes más altos de carbohidratos y grasas, y el menor porcentaje de cenizas.

La hipótesis Ha3, en condiciones de la localidad experimental de Llano Grande no se puede comprobar ni rechazar, debido a que se realizó un solo análisis por tratamiento, y no los necesarios para evaluarlos a través del diseño experimental de bloques completamente al azar.

Además, es evidente que los análisis bromatológicos presentados en el Cuadro 30, no coinciden con los análisis presentados por el INCAP 2012, en el Cuadro 4, aunque cabe recordar que dichos análisis corresponden a la parte comestible del fruto (98%), mientras los realizados en la investigación fueron de fruto completo.

6.2.4- Análisis económico.

El análisis económico se dividió en tres partes: presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de variabilidad.

6.2.4.1- Presupuesto parcial.

El presupuesto parcial se presenta de manera desglosada en el Cuadro 34.

En el presupuesto parcial los rendimientos se ajustaron al 10%, debido a que los tratamientos serían de fácil aprendizaje para los agricultores, además se constituyen únicamente como tratamientos para la fertilización del cultivo y no un paquete tecnológico completo, por lo tanto, se considera que los rendimientos serían únicamente menores en 10% a los obtenidos en el experimento.

Para hallar el precio de campo en el Cuadro 34 se le restó a cada kilogramo de los beneficios brutos de campo la cantidad monetaria necesaria para cosechar y transportar un kilogramo de producto. En cuanto a la mano de obra para la cosecha se determinó que se utilizan Q0.16/kg, mientras el transporte tiene un costo de Q0.2/kg, pues generalmente los frutos son llevados a la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos.

Cuadro 34: Presupuesto parcial de la localidad Llano Grande.

	Unidad de medida	Tratamientos						
		A	B	C	D	E	F	G
Rendimiento medio de primera	kg/ha	56 756.43	56 583.39	72 802.34	39 932.18	49 379.60	47 950.71	42 469.62
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	51 080.79	50 925.05	65 522.10	35 938.96	44 441.64	43 155.64	38 222.65
Rendimiento medio de segunda	kg/ha	9 810.71	9 900.48	13 201.03	6 992.43	13 238.33	11 661.94	5 836.16
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	8 829.64	8 910.43	11 880.92	6 293.19	11 914.49	10 495.75	5 252.54
Rendimiento medio de tercera	kg/ha	4 166.19	5 258.73	5 479.84	3 635.25	8 289.02	4 889.24	4 177.68
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	3 749.57	4 732.86	4 931.86	3 271.73	7 460.12	4 400.32	3 759.92
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	375 954.61	374 808.37	482 242.69	264 510.74	327 090.47	317 625.52	281 318.74
Beneficios del campo de frutos de segunda	Q/ha	60 129.87	60 680.03	80 909.10	42 856.60	81 137.71	71 476.05	35 769.83
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	23 472.34	29 627.70	30 873.44	20 481.02	46 700.35	27 546.00	23 537.07
Beneficios brutos de campo	Q/ha	459 556.81	465 116.10	594 025.23	327 848.36	454 928.53	416 647.57	340 625.63
Costo de estiércol vacuno	Q/ha	3 864.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol porcino	Q/ha	0.00	5 153.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol de gallina	Q/ha	0.00	0.00	5 153.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo de estiércol de lombriz	Q/ha	0.00	0.00	0.00	9 017.75	0.00	0.00	0.00
Costo de paja seca	Q/ha	7 346.16	7 346.16	7 346.16	7 346.16	0.00	0.00	0.00
Costo de carbón	Q/ha	1 518.00	1 518.00	1 518.00	1 518.00	0.00	0.00	0.00

Costo de ceniza	Q/ha	1 718.75	1 718.75	1 718.75	1 718.75	0.00	0.00	0.00
Costo de broza	Q/ha	206.25	206.25	206.25	206.25	439.05	0.00	0.00
Costo de levadura	Q/ha	504.00	504.00	504.00	504.00	0.00	0.00	0.00
Costo de panela	Q/ha	996.00	996.00	996.00	996.00	1 668.00	0.00	0.00
Costo de leche	Q/ha	1 160.00	1 160.00	1 160.00	1 160.00	660.00	0.00	0.00
Costo de afrecho de maíz	Q/ha	1 725.00	1 725.00	1 725.00	1 725.00	60.00	0.00	0.00
Costo de Bayfolan	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9 387.00	0.00
Costo de la Cal agrícola	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	238.40	0.00
Costo de Calcio Boro	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3 552.00	0.00
Costo de K-fol	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 400.00	0.00
Costo de Hidrocomplex	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10 450.00	0.00
Costo del Nitrato de potasio	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12 141.23	0.00
Costo del Nitrato de calcio	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4 597.56	0.00
Costo del Triple 15	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2 362.80	0.00
Costo de mano de obra de aplicaciones foliares	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	12 040.00	10 192.00	0.00
Costo de mano de obra de aplicaciones radiculares	Q/ha	11 112.00	11 112.00	11 112.00	11 112.00	3 704.00	25 672.00	0.00
Costo de mano de obra de volteo de abonos	Q/ha	14 080.00	14 080.00	14 080.00	14 080.00	0.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra de preparación de materia orgánica	Q/ha	7 408.00	7 408.00	7 408.00	7 408.00	1 856.00	0.00	0.00
Costo de mano de obra de activación de MM	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	4 816.00	0.00	0.00

Costo de mano de obra para elaboración de locales para abonos *	Q/ha	5 080.00	5 080.00	5 080.00	5 080.00	0.00	0.00	0.00
Costo de material para elaboración de locales de almacenamiento *	Q/ha	2 567.63	2 567.63	2 567.63	2 567.63	0.00	0.00	0.00
Costo de recipientes plásticos de almacenamiento *	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	2 520.00	0.00	0.00
Costo de bomba de asperjar **	Q/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	570.00	570.00	0.00
Costo de sacos de almacenamiento	Q/ha	4 630.00	4 630.00	4 630.00	4 630.00	0.00	0.00	0.00
Total, de costos que varían	Q/ha	63 916.54	65 204.79	65 204.79	69 069.54	28 333.05	80 562.99	0.00
Beneficios netos	Q/ha	395 640.27	399 911.31	528 820.44	258 778.82	426 595.48	336 084.58	340 625.63

Respecto a la mano de obra; debido a que la mayor parte de trabajo es realizado por el agricultor y su familia, se establecieron costos de oportunidad. Normalmente en caserío Llano Grande se paga Q50.00 por ocho horas de trabajo informal y se da un tiempo de comida de Q14.00, por lo tanto, el jornal de ocho horas al día tiene un costo promedio de Q64.00.

A diferencia de la localidad de Esquipulas Palo Gordo, no se establecieron costos de oportunidad para el agua, debido a que los agricultores de la localidad pagan anualmente el uso de agua para riego, sin límite de litros, por lo tanto, no genera costos que varían.

Ahora, en cuanto al equipo e infraestructura de los costos que varían del Cuadro 34, se calculó a través de dividir su costo total entre la cantidad de años que dura en uso generalmente. Las inversiones que presentan (*) duran alrededor de 5 años, mientras los costos que presentan (**) duran alrededor de 4 años.

Aunque en el Cuadro 34 son evidentes las diferencias en cuanto a beneficios netos, para tener una perspectiva meticulosa y poder recomendar algún o algunos tratamientos se generó el análisis marginal

6.2.4.2- Análisis marginal

El análisis marginal se dividió en: Análisis de dominancia, curva de beneficios netos, tasa de retornos marginal, tasa de retornos mínimos aceptables y análisis de residuos.

El análisis marginal se inició realizando el análisis de dominancia, para generar este cotejo se ordenaron los tratamientos de manera ascendente de acuerdo con los costos que varían. El cálculo se presenta en el Cuadro 35.

El Cuadro 35 da a conocer los tratamientos dominados: A, B, D y F. Estos han sido dominados debido a que sus beneficios netos son menores o iguales a algún tratamiento que presenta costos que varían más bajos. Además, el Cuadro 35 define que el tratamiento más barato después del testigo absoluto es el tratamiento E (microorganismos de montaña), mientras tanto, el tratamiento más caro es el tratamiento F (testigo químico).

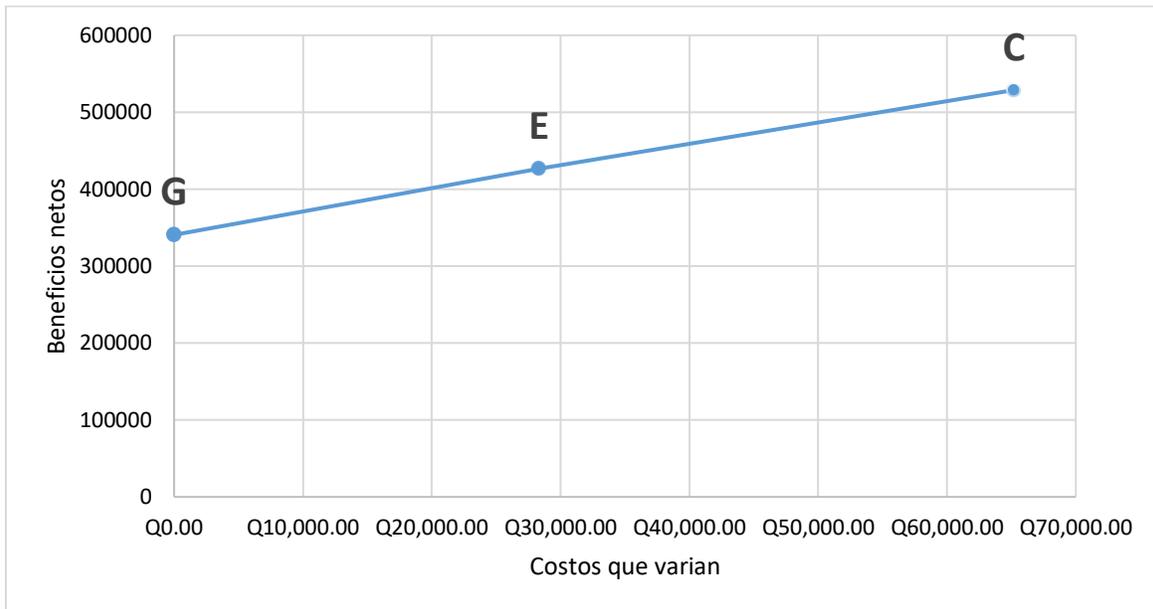
Cuadro 35: Análisis de dominancia de la localidad Llano Grande.

Tratamiento	Costos que varían Q/ha	Beneficios netos Q/ha	
G	0.00	340 625.63	
E	28 333.05	426 595.48	
A	63 916.54	395 640.27	Dominado.
B	65 204.79	399 911.31	Dominado.
C	65 204.79	528 820.44	
D	69 069.54	258 778.82	Dominado.
F	80 562.99	336 084.58	Dominado.

Aunque el análisis de dominancia ha eliminado a algunos de los tratamientos aún no se puede dar una recomendación definitiva, pues se deben de analizar las diferencias entre los tratamientos no dominados.

Para determinar las diferencias entre los tratamientos que no fueron dominados se realizó la curva de beneficios netos, la cual se muestra en la Gráfica 12.

Según la Gráfica 12, la curva de beneficios netos expresa que la pendiente más elevada se encuentra entre el tratamiento E y el tratamiento C, mientras, la pendiente entre el tratamiento G y el tratamiento E es menos elevada. Sin embargo, para revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es necesario calcular la tasa de retorno marginal, la cual se presenta en el Cuadro 36.



Gráfica 12: Curva de beneficios netos de la localidad Llano Grande.

Cuadro 36: Tasa de retorno marginal de la localidad Llano Grande.

Tratamiento	Costos que varían Q/ha	Costos que varían marginales Q/ha	Beneficios netos Q/ha	Beneficios netos marginales Q/ha	Tasa de retorno marginal Q/ha
G	0.00		340 625.63		
E	28 333.05	28 333.05	426 595.48	85 969.85	303.43%
C	65 204.79	36 871.74	528 820.44	102 224.95	277.24%

La tasa de retorno marginal expresa el porcentaje de ganancia al cambiar de un tratamiento a otro, por ende, según el Cuadro 36, al cambiar del tratamiento G al tratamiento E el agricultor podría obtener un 303.43% de retorno, es decir por cada quetzal invertido en el tratamiento E recibirá Q1.00 más Q3.03. Y respecto a la tasa de retorno marginal entre el tratamiento C y el tratamiento E representaría un 277.24% adicional, o sea, en el cambio de tratamiento E por el tratamiento C se esperaría ganar Q1.00 más Q2.77. Ahora bien, para determinar si los retornos son suficientes para recomendar el cambio de un tratamiento a otro es necesario obtener la tasa de retorno mínima aceptable.

La tasa de retorno mínima aceptable fue calculada de acuerdo con los métodos de capital del mercado formal y la tasa de retorno mínima aproximada, esto se presenta a continuación.

- A. *Capital del mercado formal:* en caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, al iniciar el cultivo de tomate, la municipalidad de dicho lugar apoya a los agricultores con un crédito con el 0% de interés, pero, los

agricultores deben de comprometerse en obtener un 100% más, para poder pagar el crédito y que este sirva como capital semilla. Entonces, la primera tasa de retorno mínima aceptable se determina del 100%.

- B. *Tasa de retorno mínima aproximada:* se estima que para que el agricultor pueda adoptar nuevas tecnologías se necesitaría una tasa de retorno mínima del 25%.

Debido a lo anterior, la tasa de retorno mínima para la localidad en estudio será de 125%, la cual supera a la aconsejada por el CIMMYT (1988) que es del 50% al 100%.

Ahora bien, se tienen todos los elementos para realizar el análisis marginal, el cual se presenta en el Cuadro 37.

Cuadro 37: Análisis marginal de la localidad Llano Grande.

Tratamientos	Tasa de retorno marginal	Tasa de retorno mínima	
G	303.43%		
E		125%	Aceptable
E	277.24%		
C			Recomendado

El Cuadro 37 expresa que al cambiar del tratamiento G al tratamiento E, se obtendría una tasa de retorno marginal del 303.43% algo muy por encima de la tasa de retorno mínima que es del 125%, sin embargo, el tratamiento C determina un 277.24% adicional, lo que según el análisis marginal hace que se convierta en el mejor tratamiento en cuanto al margen neto de ganancias por cada Q1.00 de inversión. Sentado lo anterior, se explican las razones por las cuales respecto al análisis económico el mejor tratamiento es el C, pues, aunque el tratamiento E tiene una tasa de retorno marginal muy atractiva, si se escogiera este tratamiento se limitaría a beneficios menores, sin embargo, al elegir el tratamiento C la inversión de los últimos Q36 871.74, significaría obtener beneficios de 277.24% más.

Para verificar los datos del análisis marginal, se presenta en el Cuadro 38 un análisis de residuos.

Cuadro 38: Análisis de residuos de la localidad Llano Grande.

Tratamiento	Total, de costos que varían Q/ha	Beneficios netos Q/ha	Retorno requerido Q/ha	Residuos Q/ha
G	0.00	340 625.63	0.00	340 625.63
E	28 333.05	426 595.48	35 416.31	391 179.17
C	65 204.79	528 820.44	81 505.99	447 314.44

Con el análisis de residuos del Cuadro 38, se llega a la misma conclusión que con el análisis marginal, pues el residuo mayor es el del tratamiento C, por lo tanto, es el que genera las mayores ganancias.

6.2.4.3- Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se realizó para determinar si la recomendación soportará los cambios de precio. Específicamente para el cultivo de tomate los riegos que se corren en cuanto al cambio de precios pasan más por la variabilidad de precio del tomate en el mercado, que la variabilidad del precio de los insumos necesarios para su cultivo, debido a ello el análisis de sensibilidad se calculó respecto al precio de campo del tomate. El análisis se presenta en el Cuadro 39.

Cuadro 39: Análisis de sensibilidad respecto al precio de campo del tomate en la localidad Llano Grande.

		CASO 1 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q3.05 Frutos de segunda; Q2.50 Frutos de tercera; Q1.95			CASO 2 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q7.46 Frutos de segunda; Q6.91 Frutos de tercera; Q6.36 (Precios durante la investigación)		
		G	E	C	G	E	C
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	38 222.65	44 441.64	65 522.10	38 222.65	44 441.64	65 522.10
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	5 252.54	11 914.49	11 880.92	5 252.54	11 914.49	11 880.92
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	3 759.92	7 460.12	4 931.86	3 759.92	7 460.12	4 931.86
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	112 756.83	131 102.84	193 290.21	281 318.74	327 090.47	482 242.69
Beneficios de campo de frutos de segunda	Q/ha	12 606.11	28 594.79	28 514.22	35 769.83	81 137.71	80 909.10
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	6 955.84	13 801.22	9 123.94	23 537.07	46 700.35	30 873.44
Beneficios brutos de campo	Q/ha	132 318.78	173 498.85	230 928.37	340 625.63	454 928.53	594 025.23
Total, Costos que varían	Q/ha	0.00	28 333.05	65 204.79	0.00	28 333.05	65 204.79
Beneficios netos	Q/ha	132 318.78	145 165.80	165 723.58	340 625.63	426 595.48	528 820.44

		CASO 3 Precio de campo por kg: Frutos de primera; Q15.18 Frutos de segunda; Q12.97 Frutos de tercera; Q11.87			Tasas de retorno marginal
		G	E	C	
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	38 222.65	44 441.64	65 522.10	Caso 1: De G a E 45.34% De G a C 51.23%
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	5 252.54	11 914.49	11 880.92	
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	3 759.92	7 460.12	4 931.86	Caso 2: De G a E 303.43% De E a C 277.24%
Beneficios de campo de frutos de primera	Q/ha	576 397.63	670 179.93	988 073.34	
Beneficios de campo de frutos de segunda	Q/ha	67 600.25	153 339.55	152 907.50	Caso 3: De G a E 687.32% De E a C 680.28%
Beneficios de campo de frutos de tercera	Q/ha	44 254.20	87 805.61	58 047.99	
Beneficios brutos de campo	Q/ha	688 252.08	911 325.09	1 199 028.83	
Total, Costos que varían	Q/ha	0.00	28 333.05	65 204.79	
Beneficios netos	Q/ha	688 252.08	882 992.04	1 133 824.03	

En el Cuadro 39 respecto a la variabilidad de precios, en el Caso 2 y el Caso 3, el tratamiento que genera las mayores ganancias sin lugar a dudas sigue siendo el C. Sin embargo, en el Caso 1 en el cambio del tratamiento G al E, se tiene una tasa de retorno marginal del 45.34% la cual no alcanza siquiera la tasa de retornos mínimos aceptables que es del 125%, por lo tanto, bajo las condiciones del Caso 1 el tratamiento E no es recomendable. En cuanto al cambio del tratamiento E al tratamiento C no se debe calcular debido a que se ha comprobado que E no es conveniente, por lo tanto, se calcula la tasa de retorno marginal de G a C la cual resulta siendo 55.23%, esta no cubre ni la mitad de la tasa de retornos mínimos aceptables, por lo tanto, el tratamiento C bajo las condiciones del Caso 1 tampoco es recomendable. Cabe recordar que los productores de tomate en su mayoría tienen parcelas pequeñas de cultivo, lo cual significaría ganancias muy bajas para un tiempo de aproximadamente cinco meses, por lo tanto, es de vital importancia la creación de políticas y estrategias que permitan a los agricultores manejar precios estables, pues bajo

las condiciones del Caso 1, el cultivo de tomate en la localidad de Llano Grande no es rentable.

Ahora bien, Acosta (2012), sugiere realizar estudios económicos para verificar si los beneficios obtenidos por MM cubren la inversión para producir y aplicar productos microbiales, a través, del presente estudio se determina que la producción y aplicación de productos microbiales es rentable bajo las condiciones de la localidad de Llano Grande.

7- CONCLUSIONES.

El tratamiento bokashi de gallina presentó el mayor rendimiento, y junto al tratamiento de microorganismos de montaña fueron los que produjeron los frutos de tomate con la mejor calidad nutricional en ambas localidades, debido a que presentaron altas cantidades de proteínas, minerales y fibra, y bajas cantidades de carbohidratos y grasas. Mientras los rendimientos más bajos para ambas localidades los presentó el testigo absoluto y el tratamiento de bokashi de lombriz. Además, el peor tratamiento respecto a la calidad nutricional para las localidades dentro de la investigación fue el testigo químico por el alto contenido de grasa y carbohidratos, además, por la baja cantidad de minerales que este posee.

Para ambas localidades respecto a la cantidad de frutos por planta, el tratamiento de bokashi de gallina y microorganismos de montaña fueron los que presentaron las mayores cantidades, mientras el testigo absoluto fue el que produjo el menor número de frutos por planta. Asimismo, los tratamientos no presentaron variabilidad estadística respecto a los días a comienzo de la cosecha, por lo tanto, se determinó que los distintos tipos de fertilización no incidieron en la precocidad del cultivo.

El tratamiento con la mayor rentabilidad económica fue el tratamiento de bokashi de gallina para ambas localidades experimentales. Para productores a quienes se les dificulta de sobremanera conseguir capital para el cultivar tomate la mejor opción es el tratamiento de microorganismos de montaña ya que es de bajo costo económico y el segundo en obtener las mayores ganancias.

La calidad nutricional de los frutos de tomate se ve afectada por los fertilizantes o abonos utilizados durante el cultivo.

Los microorganismos permiten que se asimilen nutrientes del suelo que anterior al trabajo de los mismos, no estaban disponibles para las plantas.

Los productos orgánicos elaborados de manera adecuada con base en recursos locales generan buena rentabilidad y alta productividad. El bokashi de gallina y los microorganismos de montaña son tecnologías contextualizadas al occidente de Guatemala

con beneficios múltiples: produce altos rendimientos, alta rentabilidad, mejora la calidad nutricional de los frutos y las propiedades químicas del suelo. Además, estas tecnologías contribuyen con la agricultura climáticamente inteligente y con algunos de los objetivos del desarrollo sostenible pues promueven mejoras en la nutrición y la agricultura sostenible, son medidas para mitigar o adaptarse al cambio climático y sus efectos, promueven el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchan contra la desertificación, detienen e invierten la degradación de las tierras y frenan la pérdida de diversidad biológica.

Los suelos de las localidades experimentales están dentro de los rangos adecuados de nutrientes para la producción de tomate.

8- RECOMENDACIONES

Para ambas localidades si se tiene acceso o se cuenta con capital se debería de aplicar el tratamiento bokashi de gallina, de lo contrario, si es muy difícil el acceso al capital, los agricultores deberían de utilizar el tratamiento de microorganismos de montaña.

Para las localidades del estudio se recomienda que los abonos orgánicos se apliquen a los 17 días después de haber sido elaborados, debido a que en este tiempo la temperatura del bokashi es igual a la del ambiente. Para tener mayor certeza se podrían utilizar termómetros de alcohol para monitoreo.

Se deben de validar los tratamientos de bokashi de gallina y microorganismos de montaña, de resultar favorables en más localidades serían buenas opciones de uso de materia orgánica para el cultivo de tomate, reduciendo el excesivo uso de agroquímicos y contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Además, sería de vital importancia que se pudiera evaluar un tratamiento donde se combinará el bokashi de gallina y microorganismos de montaña líquidos. De igual manera, se recomienda que los agricultores, estudiantes y profesionales en agricultura se atrevan a proponer y experimentar con tratamientos de materia orgánica que disminuyan la dependencia de insumos externos y aprovechen los recursos que se encuentran dentro de la finca.

El testigo absoluto presentó una buena calidad nutricional del fruto de tomate, rendimientos y márgenes de ganancias nada despreciables, por lo que se le debería de poner bastante atención e invertir en investigaciones que promuevan formas de cultivo alternativas como el método Fukuoka.

Respecto a la calidad nutricional, se deben de realizar estudios posteriores a profundidad para determinar a través de diseños experimentales las diferencias nutricionales en fruto de tomate que causan los tratamientos de nutrición vegetal.

En la localidad de Llano Grande el uso de macrotúneles favorece la propagación de enfermedades fúngicas y elevación de temperaturas hasta 48 °C. Por este motivo, se deben de evaluar las estructuras respecto al área donde fueron ubicadas y proponer nuevos diseños estructurales que contribuyan a mejorar las condiciones ambientales para el cultivo de tomate. Además, para el cultivo de tomate en ambas localidades es necesario investigar y proponer controles fitopatológicos amigables con el ambiente a base de los mismos microorganismos utilizados en este trabajo y variantes de ellos que ya se han probado en otros lugares.

La difusión de la presente investigación debe de extenderse a las zonas de producción de tomate bajo condiciones de macrotúnel con ambientes similares a las localidades evaluadas, promoviendo la participación voluntaria del agricultor en la validación del tratamiento de bokashi de gallina y microorganismos de montaña.

Las dependencias correspondientes deben de promover políticas que favorezcan precios estables para el tomate durante todo el año, ya que el precio en el mercado varía demasiado, causando riesgos de pérdida y por ende afectando seriamente a los productores al comprometer la calidad de vida de los mismos y sus familias.

El proyecto de macrotúneles en la mayor parte del departamento de San Marcos se realizó en 2013, y desde ese año las personas en las localidades donde se realizaron los experimentos no han rotado cultivos, lo que contribuye en la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que se deberían de realizar planes multianuales de cultivo para evitar pérdidas mayores.

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. Costa Rica. CATIE. 100p.
- Ayuntamientos San Sebastián de los Reyes. s.f. Manual básico para hacer compost. Consultado 22 jul. 2016. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/252648184-manual-de-compostaje.pdf>
- 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.
- Azurdia, C. 2013. Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Ed. C Barrios. Guatemala, CONAP. 29 p.

- 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.
- Bejo. 2012. Semillas de hortalizas. Sacatepéquez, Guatemala. 45 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) 2003. Taller de abonos orgánicos. Eds. G Meléndez; G Soto. Turrialba, Costa Rica. 18 p.
- Cepeda, JM. 1999. Química de suelos. 2 ed. Ciudad de México, México. Trillas. 167 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. Ciudad de México, México. 79 p.
- Constán Aguilar, C. 2014. Biofortificación con potasio en plantas de tomate cherry: estudio de la producción y calidad de frutos en cosecha y postcosecha. Tesis Dr. Fisiología Vegetal, Granada, España. Universidad de Granada. 279 p.
- Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, MX. s.f. Abonos orgánicos. Texcoco, México. 8 p.
- DISAGRO (Distribuidora de Agroquímicos, S.A., Guatemala) 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., Costa Rica) s.f. Guía de la tecnología de EM. San Juan de Tibás. Costa Rica. APNAN. 36 p.
- Estrada, J. 2006. Comparación del rendimiento de siete híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill), en finca Santa Teresa, Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Tesis Lic. Antigua Guatemala, Guatemala, USAC. 32 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 16 jul. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). s.f. Propiedades químicas. (En línea) Consultado 11 sep. 2016. Disponible en: [http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/Portal de suelos de la fao](http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/Portal%20de%20suelos%20de%20la%20fao)
- Fuentes, W; González, O. 2007. Estimación de la mineralización neta de nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales y a pleno sol en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), en el

- Pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo. Tesis Lic. Carazo, Nicaragua, UNA. 97 p.
- Galeano Fernández, J. 2000. Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo bocashi, para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Palín, Guatemala, USAC. 78p.
- Garrido Valero; S. s.f. Interpretación de análisis de suelos. Madrid, España. Ministerio de Agricultura y Alimentación. 40 p.
- Gómez Patiño, K. 2013. Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: Cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel. Tesis Lic., en Ciencias Ambientales. Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México. 62 p.
- Gonzalez, T. 2010. Diagnostico Socioeconomico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Tesis Lic. Esquipulas Palo Gordo, Guatemala, USAC. 160 p.
- INCAP/OPS (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/Organización Panamericana de la Salud). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2da., edición. Ciudad de Guatemala, Guatemala. INCAP. 126 p.
- Instituto de Formación Profesional, Guatemala. 2013. Producción especializada de tomate bajo condiciones controladas de invernadero. (En línea). Tacaná, Guatemala. Consultado 3 ago. 2016. Disponible en: https://issuu.com/santiagopeiro/docs/proyecto_actividad_obligatoria_fina
- IPNI, (Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, Argentina) 2011. Las Bases: Potasio, Magnesio y Calcio. (En línea) Balcarce, Argentina. Consultado 1 de oct. 2016. Disponible en: www.ipni.net/lasc
- Leblanc, H; Cerrato, M; Vélex, L. 2004. Comparación del contenido nutricional de bokashis elaborados con desechos de fincas del Trópico Húmedo de Costa Rica. Las Mercedes de Guácimo, Costa Rica. Universidad EARTH 159 p.
- MAGA, Guatemala (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2014. Perfil comercial tomate. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 9 p.
- Martínez, B; Rodríguez, S. 2010. Evaluar la aplicación de 4 fuentes de materia orgánica en el cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) en dos localidades de la provincia Cotopaxi. Tesis Lic. Latacunga, Ecuador, Universidad Técnica de Cotopaxi. 141 p.
- Martínez, M; Pantoja, A; Román, P. 2013. Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. Santiago de Chile, Chile, FAO. 108 p.

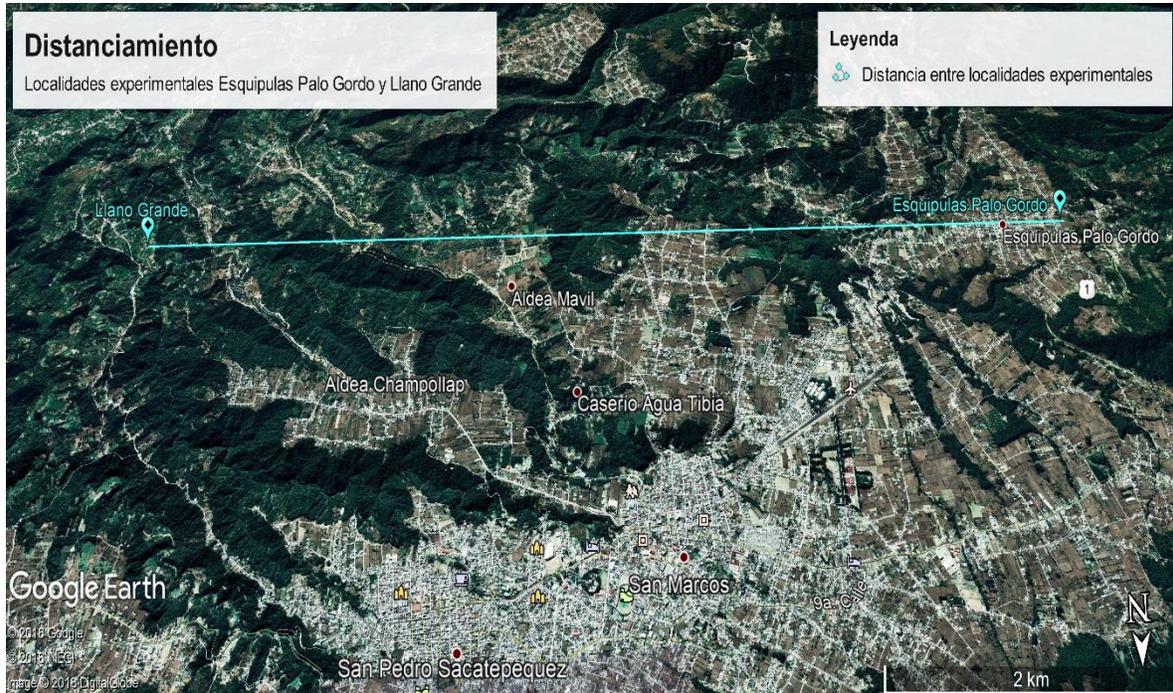
- Menchú Méndez, (2011). Análisis de la situación alimentaria en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. INCAP. 57 p.
- Ministerio de Agricultura, Chile. s.f. Agricultura orgánica nacional. (En línea). Chile. Consultado el 18 jul. 2016. Disponible en http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org_nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf
- Municipalidad Auxiliar de Llano Grande. 2008. Diagnóstico de aldea Llano Grande, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Llano Grande, Guatemala. 28 p.
- Naciones Unidas. 2016. Agenda 2030 y los Objetivos del desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. América Latina y el Caribe. Cepal. 48 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.
- Plaster, E. 1999. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Eds. M, Pérez; T, Gómez. España, Paraninfo. 419p.
- Ramos, D; Terry, E; Soto, F; Cabrera, j. 2014. Bocashi abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Bocas del Toro, Panamá, Ministerio de Educación Superior de Cuba. 8 p.
- Red Nacional de Grupos Gestores, GT. 2016. Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate. Ed. M, González. Quetzaltenango. 63 p.
- 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. 318p.
- Restrepo Salazar, E. 2007. Estudios básicos para iniciar la producción de cultivares de tomate *Solanum lycopersicum* L. con resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantis* (Guenée). Tesis Dr. Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 111p.
- Rodríguez Dimas, N; Cano Ríos, P; Figueroa Viramontes, U; Favela Chávez, E; Moreno Reséndez, A; Márquez Hernández, C; Ochoa Martínez, E; Preciado Rangel, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. México, Chapingo. 326 p.

- Rosales Villegas, M. 2008. Producción y calidad nutricional en frutos de tomate Cherry cultivados en dos invernaderos mediterráneos experimentales: Respuestas metabólicas y fisiológicas. Tesis Dr. Fisiología Vegetal, Granada, España. Universidad de Granada. 212 p.
- Schmelkes, C. 2006. Manual para presentación de anteproyectos e informes de investigación. Ciudad de México, México. Universidad de Oxford. 205 p.
- Scrimshaw, N; Squibb, R. 1953. El problema nutricional de la proteína y su relación con la agricultura. Ciudad de Guatemala, Guatemala. INCAP e Instituto Agropecuario Nacional de Guatemala. 7 p.
- Silva, M. s.f. Microorganismos eficientes: solución a problemas ambientales. (en línea). Consultado 16 nov 2016. 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. Santiago de Chile, Chile. SQM. 83 p.
- Véliz Pinto, HR. 2014. efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila; Guastatoya, El Progreso. Tesis Lic. Guastatoya, Guatemala, USAC. 78 p.

ANEXOS

Anexo 1: Distanciamiento de las localidades experimentales.

Mapa 1: Distanciamiento entre localidades experimentales; cabecera municipal de Palo Gordo y aldea Llano Grande de Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de Google Maps, 2018.

Las localidades experimentales estuvieron ubicadas en dos municipios del departamento de San Marcos: en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo y en caserío Llano grande de San Pedro Sacatepéquez. El Mapa 1, demuestra la distancia entre ambas localidades, siendo esta de 8.53 kilómetros en línea recta, además, el perfil de elevación de la localidad de Llano Grande es de 1 960 msnm y de la localidad de Esquipulas Palo Gordo es de 2 490 msnm, sin embargo, a pesar de la distancia y las diferencias de altura (que incide directamente en la temperatura) los resultados fueron parecidos en ambas localidades.

Anexo 2: Tratamiento de microorganismos de montaña.

Cuadro 1: Tratamiento de microorganismos de montaña activados.

1ra. Parte: Materias primas e insumos para preparar madre sólida de microorganismos	
Insumos	Cantidad
Broza descompuesta	1.0 qq
Afrecho de maíz	12.0 kg
Panela	10.0 L
Leche	1.5 L
<p>Modo de preparación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezclar los sólidos en una proporción de 1:1 y homogenizar bien. • Mezclar la panela con los líquidos en una proporción de 1:1 y que quede bien diluida sin grumos. • Humedecer la mezcla sólida con la mezcla líquida hasta quede homogéneo y se hace la prueba del puño que da el grado adecuado de humedad. Apretar en el puño sin que caiga agua y compacte • Adicionar capas finas y compactar para eliminar la mayor cantidad de aire posible. • Dejar en reposo 22 días en un lugar fresco y oscuro protegido contra los roedores. 	
2da. Parte: Materias primas e insumos para preparar madre líquida de microorganismos.	
Insumos/Para 20 litros	Cantidad
Madre sólida	1.0 kg
Panela	1.0 L
Leche	0.5 L
Agua sin cloro	Completar el volumen dejando un espacio de 5 cm sin llenar
Modo de preparación: mezclar y dejar fermentar por 15 días.	
3ra. Parte: Materias primas e insumos para preparar microorganismos activados (EMA).	
Insumos/ 20 litros	Cantidad
Madre líquida	1L
Panela	1L
Agua sin cloro	Completar el volumen dejando un espacio de 5 cm sin llenar.
Modo de preparación: mezclar y dejar en reposo para usar del	

día 5 en adelante.
Aplicación al cultivo de tomate.
Para la aplicación de madre líquida al cultivo de tomate se utilizó a una dosis al 5 %, o sea, 1 L de madre líquida diluido en 19 L de agua sin cloro.

Fuente: Montejo Sierra, 2016.

La recomendación original para la elaboración del tratamiento de microorganismos de montaña, fue utilizar melaza, sin embargo, en la región occidental de Guatemala la melaza es difícil de conseguir y para transportarla se generan costos muy altos. Debido a lo anterior se cambió la melaza por panela, ya que tienen una composición similar. Para la preparación de la panela en líquido se siguieron las recomendaciones de Jairo Restrepo (2007), donde menciona que se debe de usar un litro de agua por cada kilogramo de panela para sustituir la melaza.

El Cuadro 1 del Anexo 2, presenta el tratamiento de microorganismos de montaña, este tratamiento presenta tres pasos: madre sólida, madre líquida y activación de microorganismos. La madre sólida y la madre líquida solo se prepararon una vez durante el experimento, ya que de la madre líquida se extrajo el material y luego se volvió a sellar herméticamente cada vez que se activaron los MM, por lo tanto, la fase que se realizó varias veces fue únicamente la activación de microorganismos. Este tratamiento fue recomendado por el M.Sc. cubano Iván Lenin Montejo Sierra, de acuerdo a la experiencia de dicho tratamiento, utilizándolo en distintas partes de Latinoamérica.

Montejo Sierra, IL. 26 ene. 2017. Activación de Microorganismos de Montaña (correo electrónico). La Habana, Cuba, Estación Experimental Indio Hatuey de la Universidad de Matanzas.

Anexo 3: Testigo químico.

Cuadro 2: Tratamiento del testigo químico.

No.	Fecha de aplicación	Producto	Dosis/macrotúnel
1	Antes del trasplante	Cal agrícola 15-15-15	5 kg 2.5 kg
2	1DDT	Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
3	8 DDT	Nitrato de calcio	1.5 kg
		Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
4	16DDT	Extra Fortan	10 g/5 L de agua
		Nitrato de potasio	1.5 kg
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua
5	24DDT	Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
		Extra Fortan	10 g/5 L de agua
		Nitrato de calcio	1.5 kg
6	32DDT	Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
		Nitrato de potasio	1.5 kg
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua
7	40DDT	Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
		Granfol-k	25 ml/5 L de agua
		Extra Fortan	10 g/5 L de agua
		Nitrato de calcio	1.5 kg
8	48DDT	Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
		Nitrato de potasio	1.5 kg
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua
9	51DDT	Calcio boro	40 ml/5 L de agua
		Granfol-k	25 ml/5 L de agua
		Extra Fortan	10 g/5 L de agua
10	56DDT	Nitrato de calcio	1.5 kg
		Bayfolan Forte	25 ml/5 L de agua
		Calcio boro	40 ml/5 L de agua
11	64DDT	Granfol-K	25 ml/5 L de agua
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua
		Calcio boro	40 ml/5 L de agua
12	72DDT	Granfol-k	25 ml/5 L de agua
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua
13	80DDT	Granfol-k	25 ml/5 L de agua
		Hidrocomplex	20 ml/5 L de agua

Fuente: Arreaga, A; Fuentes, B. 2016.

El Cuadro 2 del Anexo 3, refleja el tratamiento que normalmente se utiliza en caserío Llano Grande y en Esquipulas Palo Gordo del departamento de San Marcos. Por lo tanto, este tratamiento fue tomado como testigo químico.

Arreaga, A; 12 dic.2016. Fertilización de tomate en macrotúneles (entrevista). San Marcos, Guatemala. Asociación de Productores de Tomate de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Fuentes, B. 3 ene. 2017. Fertilización de tomate en macrotúneles (entrevista). San Marcos, Guatemala. Asociación de Damas Solidarias Productoras de Tomate de caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Anexo 4: Análisis de suelos.

Cuadro 3: Análisis de suelos de la localidad Esquipulas Palo Gordo.

Parámetros y elementos	Valores	Rango adecuado para el cultivo de tomate según Soluciones Analíticas S.A. (2018)
pH	5.58	5.50 - 7.20
Concentración de sales (dS/m)	0.69	0.2 - 0.8
Materia orgánica (%)	3.68	2.0 - 4.0
C.I.C.e. (meq/100 ml)	9.4	5.0 - 15.0
Saturación K (%)	17.24	4 - 6
Saturación Ca (%)	70.71	60 - 80
Saturación Mg (%)	12.06	10 - 20
Saturación Al+H (%)	0.00	< 20
P (ppm)	15.80	30 - 75
K (ppm)	635.10	150 - 300
Ca (ppm)	1 336.00	1000 - 2000
Mg (ppm)	136.70	100 - 250
S (ppm)	38.20	10 - 100
Cu (ppm)	2.70	1 - 7
Fe (ppm)	48.80	40 - 250
Mn (ppm)	9.40	10 - 250
Zn (ppm)	5.70	2 - 25
Al (ppm)	< 8.00	< 20% Sat. Al.

Según el Cuadro 3 del Anexo 4, en general las condiciones del suelo de la localidad experimental de Esquipulas Palo Gordo fueron aceptables para el cultivo de tomate, sin embargo, el pH estaba en el límite de rango adecuado debido a su acidez y el fósforo se presentó en bajas cantidades.

Cuadro 4: Análisis de suelos de la localidad Llano Grande.

Parámetros y elementos	Valores	Rango adecuado para el cultivo de tomate según Soluciones Analíticas S.A. (2018)
pH	6.58	5.50 - 7.20
Concentración de sales (dS/m)	0.48	0.2 - 0.8
Materia orgánica (%)	1.00	2.0 - 4.0
C.I.C.e. (meq/100 ml)	9.00	5.0 - 15.0
Saturación K (%)	5.45	4 - 6
Saturación Ca (%)	77.26	60 - 80
Saturación Mg (%)	17.29	10 - 20
Saturación Al+H (%)	0.00	< 20
P (ppm)	261.20	30 - 75
K (ppm)	190.20	150 - 300
Ca (ppm)	1 383.00	1000 - 2000
Mg (ppm)	185.70	100 - 250
S (ppm)	29.20	10 - 100
Cu (ppm)	5.10	1 - 7
Fe (ppm)	200.80	40 - 250
Mn (ppm)	51.30	10 - 250
Zn (ppm)	13.70	2 - 25
Al (ppm)	< 8.00	< 20% Sat. Al.

Según el Cuadro 4 del anexo 4, el suelo en las condiciones de la localidad Llano Grande es bueno para el cultivo de tomate, sin embargo, el porcentaje de materia orgánica fue muy bajo y el fósforo se encontró en cantidades muy altas.

Anexo 5: Análisis de suelos anterior al cultivo y post cultivo.

Cuadro 5: Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad Esquipulas Palo Gordo.

Parámetros y elementos	Antes del cultivo	Suelo después del cultivo				Rango adecuado (Soluciones Analíticas, 2018)
		Tratamiento				
		C	E	F	G	
pH	5.58	6.96	6.44	6.15	5.9	5.50-7.20
Concentración de sales (dS/m)	0.69	1.27	1.13	0.79	0.74	0.2-0.8
Materia orgánica (%)	3.68%	5.55%	5.95%	4.68%	4.93%	2.0-4.0
C.I.C.e. (meq/100 ml)	9.40	32.50	26.80	14.30	14.20	5.0-15.0
Saturación K (%)	17.24	12.68	13.47	14.31	10.33	4-6
Saturación Ca (%)	70.71	71.29	69.86	74.12	75.24	60-80
Saturación Mg (%)	12.06	16.03	16.67	11.57	14.43	10-20
Saturación Al+H (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 20
P (ppm)	15.80	94.50	72.90	31.40	22.50	30-75
K (ppm)	635.10	1 608.00	1 408.00	799.80	573.50	150-300
Ca (ppm)	1 336.00	4 635.00	3 744.00	2 125.00	2 142.00	1000-2000
Mg (ppm)	136.70	625.20	536.00	199.10	246.40	100-250
S (ppm)	38.20	90.70	63.00	56.80	46.40	10-100
Cu (ppm)	2.70	3.70	3.30	2.80	2.60	1-7
Fe (ppm)	48.80	55.90	77.20	48.00	51.10	40-250
Mn (ppm)	9.40	20.90	28.20	11.90	13.50	10-250
Zn (ppm)	5.70	26.30	19.70	8.30	10.00	2-25
Al (ppm)	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 20% Sat. Al.

Nota: C = bokashi de gallina, E = microorganismos de montaña, F = testigo químico y G = testigo absoluto.

El Cuadro 5 del Anexo 5, hace referencia al análisis de suelo realizado antes del cultivo de tomate y a los análisis de suelo realizados después de la cosecha del tomate, donde fueron aplicados los tratamientos de materia orgánica (bokashi de gallina y microorganismos de montaña) que obtuvieron los mejores resultados en la investigación y los tratamientos manejados como testigos (químico y absoluto), con la finalidad de evaluar la influencia de los distintos tratamientos al suelo.

Los tratamientos orgánicos mejoraron el pH del suelo, pasando de suelos moderadamente ácidos a suelos neutros de acuerdo con la clasificación de Cepeda (1999), esto por supuesto, mejora las condiciones para el cultivo y lo pone en la posición más adecuada respecto a la disponibilidad de nutrientes, según la Figura 1 de este Anexo.

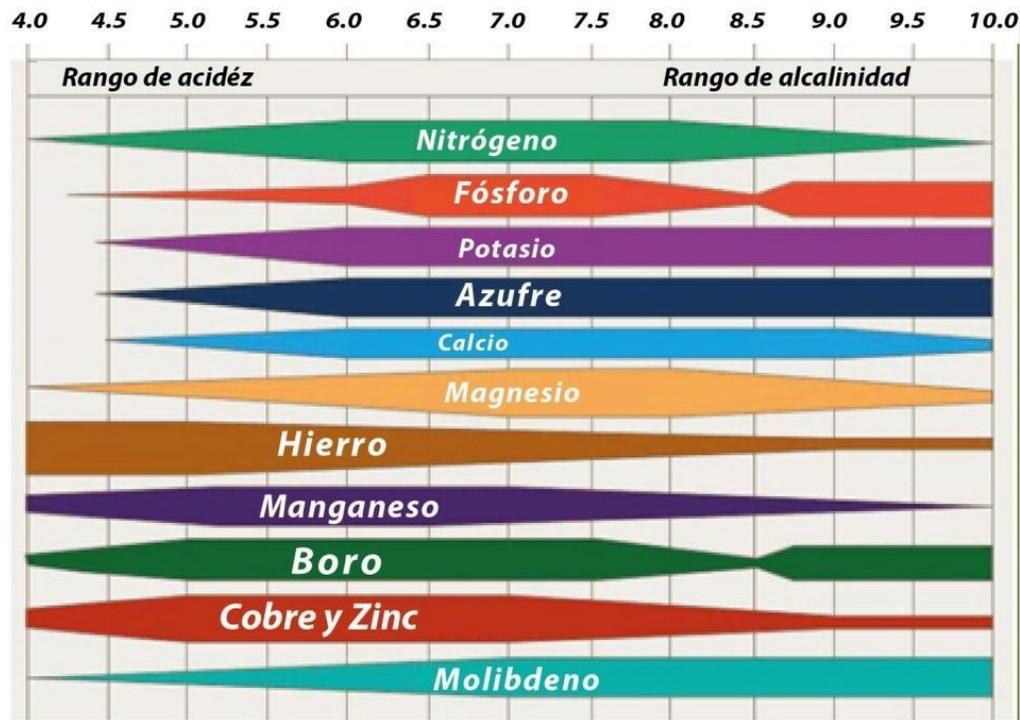


Figura 1: Disponibilidad de nutrientes del suelo, según pH. Tomado de USDA (1942-1947) adaptado por Plaster (2000)

Lógicamente los tratamientos orgánicos aumentaron el pH y en alto porcentaje la cantidad de materia orgánica de los suelos, lo que influyó proporcionalmente en el gran aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. De acuerdo con la clasificación de suelos según la CIC de Carrido Valera (s.f.) con la aplicación de los tratamientos de materia orgánica los suelos pasaron de muy pobres a suelos medios. El testigo químico también aumento la capacidad de intercambio catiónico en el suelo, sin embargo, fue en proporción baja pasando de ser un suelo muy pobre a un suelo pobre, similar al testigo absoluto. Esto pone en evidencia lo mencionado por Plaster (2000): los

coloides de humus son capaces de aumentar en 100 % la capacidad de intercambio catiónico respecto a las arcillas.

Los cuatro tratamientos aumentaron en cierto grado la concentración de sales, sin embargo, de 2 a 0 dS/m, de acuerdo con Plaster (1999) y su clasificación de la salinidad de suelos, se establece que estas concentraciones no tienen efectos de importancia.

El porcentaje de saturación de la base potasio, disminuyó en los suelos después de la aplicación de los tratamientos, en comparación con el análisis antes del cultivo. Los microorganismos proporcionados por ambos tratamientos de materia orgánica facilitaron la disponibilidad de potasio y calcio, lo cual permitió que el porcentaje de saturación de esos iones se conserve dentro del rango adecuado para el cultivo de tomate. Lo anterior hace que cobre vital importancia el tratamiento de microorganismos de montaña y el bokashi de gallina.

El porcentaje de saturación de magnesio se redujo en mayor cuantía donde se aplicó el tratamiento químico, mientras en los tratamientos orgánicos aumentó en comparación con el análisis de suelo antes del establecimiento del cultivo.

Respecto a los nutrientes: fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, hierro, manganeso y zinc, los tratamientos orgánicos presentaron mayores cantidades que el tratamiento químico. Es importante mencionar 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. Lo anterior recae en la importancia de los microorganismos para contribuir en la disposición de nutrientes para los vegetales.

Es evidente que el suelo donde no se aplicó ningún tratamiento y se cultivó tomate, tuvo cambios importantes no solo en la disminución de nutrientes sino también en el aumento de algunos, esto se puede explicar por la aplicación de algunos controles fitopatológicos que aportan pequeñas cantidades de nutrientes y, además, los análisis de suelos examinan únicamente los nutrientes en la solución del suelo y no los adsorbidos en la fase sólida. Asimismo, en el suelo donde se aplicaron microorganismos de montaña los cuales contienen cantidades muy bajas o nulas de nutrientes (ver Cuadro 9 del Anexo 7) aumentaron la cantidad de los mismos incluso superando al tratamiento químico, esto hace suponer, que los suelos tienen altas cantidades de nutrientes, sin embargo, no todos los nutrientes se encuentran en la solución del suelo ya que algunos se encuentran adsorbidos y adsorbidos por la fase sólida del suelo, por lo tanto, se debería de poner mayor atención en acelerar la disponibilidad natural de los nutrientes, donde la mejor opción es la incorporación de microorganismos de montaña.

Cuadro 6: Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad Llano Grande.

Parámetros y elementos	Antes del cultivo	Suelo después del cultivo				Rango adecuado (Soluciones Analíticas, 2018)
		Tratamiento				
		C	E	F	G	
pH	6.58	7.31	7.25	7.00	7.19	5.50-7.20
Concentración de sales (dS/m)	0.48	0.99	0.59	0.22	0.32	0.2-0.8
Materia orgánica (%)	1.00	3.58	2.68	1.13	1.90	2.0-4.0
C.I.C.e. (meq/100 ml)	9.00	23.60	19.50	9.10	9.20	5.0-15.0
Saturación K (%)	5.45	7.31	4.52	5.18	5.87	4-6
Saturación Ca (%)	77.26	75.11	77.75	74.82	71.68	60-80
Saturación Mg (%)	17.29	17.58	17.73	20.00	22.46	10-20
Saturación Al+H (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 20
P (ppm)	261.20	438.60	277.10	220.80	154.80	30-75
K (ppm)	190.20	672.60	344.30	184.60	209.90	150-300
Ca (ppm)	1 383.00	3 545.00	3 038.00	1 367.00	1 315.00	1000-2000
Mg (ppm)	185.70	497.90	415.80	219.20	247.20	100-250
S (ppm)	29.20	83.20	40.30	30.70	14.00	10-100
Cu (ppm)	5.10	4.00	3.20	3.80	3.90	1-7
Fe (ppm)	200.80	181.60	140.60	183.80	174.40	40-250
Mn (ppm)	51.30	56.20	43.80	41.90	43.60	10-250
Zn (ppm)	13.70	26.80	18.90	14.30	13.30	2-25
Al (ppm)	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 8.00	< 20% Sat. Al.

Nota: C = bokashi de gallina, E = microorganismos de montaña, F = testigo químico y G = testigo absoluto.

El Cuadro 6 del Anexo 5, muestra el análisis de suelo realizado antes del cultivo de tomate y los análisis de suelo post-cultivo donde fueron aplicados los tratamientos de materia orgánica que presentaron los mejores resultados dentro de la investigación (bokashi de gallina y microorganismos de montaña), y los tratamientos utilizados como testigos (químico y absoluto), esto para evaluar la influencia de los distintos tratamientos al suelo de la localidad Llano Grande.

Los tratamientos orgánicos aumentaron el pH del suelo, pero según la clasificación de Cepeda (1999), los rangos de pH entre 6.5 y 7.5 se consideran neutros e ideales para la agricultura en general. Además, como se mencionó en la localidad anterior, el pH neutro determina la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo (ver Figura 1 del Anexo 6)

Al igual que en la localidad anterior los tratamientos orgánicos aumentaron el pH, además, llevaron los niveles de materia orgánica a los rangos adecuados según Soluciones Analíticas S.A. (2018). El aumento de pH y materia orgánica influyó proporcionalmente en el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. De acuerdo con la clasificación de suelos según la CIC de Carrido Valera (s.f.) con la aplicación del tratamiento de bokashi de gallina pasó de ser un suelo muy pobre a un suelo medio, mientras con el tratamiento de microorganismos de montaña pasó de ser un suelo muy pobre a un suelo pobre, mientras tanto la aplicación de químicos no tuvo mayor incidencia en la CIC, pues el suelo después de su aplicación siguió siendo un suelo muy pobre. Esto pone en evidencia lo mencionado por Plaster (2000): los coloides de la humificación de la materia orgánica son capaces de aumentar en 100 % la CIC respecto a las arcillas.

Respecto a la concentración de sales, se presentó el mismo fenómeno que en la localidad anterior, el cual ya fue explicado.

En relación al porcentaje de saturación de potasio, en donde se aplicó bokashi de gallina aumento el porcentaje y en donde se aplicó microorganismos de montaña dicho porcentaje disminuyó, y esto debido a que el primer tratamiento posee y provee al suelo de mayor cantidad de nutrientes, mientras el tratamiento de microorganismos de montaña solubiliza nutrientes disponibles en el suelo. Respecto a los porcentajes de saturación de calcio y magnesio se mantuvieron estables.

En cuanto a los nutrientes: fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, manganeso y zinc, los tratamientos orgánicos presentaron mayores cantidades que el tratamiento químico. Los suelos donde se utilizaron abonos orgánicos únicamente fueron superados en la cantidad de hierro por el testigo químico, además, el mismo testigo superó al tratamiento de microorganismos de montaña en la cantidad de cobre.

Con los datos anteriores es importante recalcar de nuevo la significativa actividad de ciertos microorganismos para contribuir en la disposición de nutrientes para los vegetales, sobre todo porque el suelo donde se aplicó el tratamiento de microorganismos de montaña (tratamiento con muy bajas o nulas cantidades de nutrientes) incremento la solubilidad de los mismos en el suelo. Además, es innegable la imperiosa necesidad que presentan los suelos respecto a la materia orgánica adecuada, como fuente de fertilizante para suplir las carencias al extraer cosechas, como coloide para mejorar la CIC y evitar lixiviados, como mejorador del pH y como inóculo de microorganismos benéficos.

Anexo 6: Análisis de abonos orgánicos

Cuadro 7: Especificaciones de los análisis de abonos orgánicos elaborados en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

Especificación	Tratamientos de materia orgánica						
	Bokashi de vaca	Bokashi de cerdo	Bokashi de Gallina	Bokashi de lombriz	Microorganismos		
					MM activado	MM sólido	
pH	9.10	9.00	8.20	8.90	3.30	6.70	
Concentración de sales	dS/M	5.91	5.70	4.37	4.25	0.99	1.08
Materia orgánica	%	64.90	60.40	66.80	51.30	5.00	80.80
Relación carbono/nitrógeno		69.70	68.60	48.80	51.80	500.00	60.30
N	%	0.93	0.88	1.37	0.99	0.01	1.34
P2O5		0.63	0.84	1.29	0.81	0.00	0.21
K2O		2.67	2.40	1.96	1.81	0.01	0.49
Ca		2.57	3.13	2.43	3.90	0.01	1.82
MgO		0.58	0.70	0.66	0.59	0.00	0.33
B2O3	Ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	14.09
Cu		27.28	34.68	30.05	20.76	0.82	10.74
Fe		7 411.00	9 154.50	5 628.00	11 410.00	9.89	2929.00
Mn		390.30	437.05	361.80	481.60	0.76	276.60
Zn		105.80	120.95	173.85	70.86	1.97	0.00

El bokashi con mejor pH fue el de gallina, los otros bokashis presentaron pH demasiado alcalinos. Ahora, respecto a los microorganismos de montaña el MM sólido tuvo un pH muy cercano al neutro, mientras el de MM activados fue ácido, sin embargo, estos presentaron grandes resultados en el cultivo de tomate.

Las relaciones carbono/nitrógeno fueron altas, por lo que se aconsejaría incorporar mayores cantidades de estiércol. Respecto a los nutrientes: en cuanto a nitrógeno, fósforo y zinc, el bokashi de gallina tuvo las mayores cantidades, y en comparación únicamente con los otros tres tipos de bokashis este tuvo las menores cantidades de hierro, manganeso, mientras, el bokashi de vaca presentó las mayores cantidades de potasio. En cuanto al calcio y magnesio el bokashi de cerdo presentó las cantidades más altas. Es notable la baja cantidad de nutrientes de MM sólidos y activados.

Cuadro 8: Especificaciones de los análisis de abonos orgánicos elaborados en la localidad de Llano Grande.

Especificación		Tratamientos de materia orgánica					
		Bokashi de vaca	Bokashi de cerdo	Bokashi de Gallina	Bokashi de lombriz	Microorganismos	
						MM activado	MM sólido
pH		9.60	9.00	8.20	8.40	3.30	6.70
Concentración de sales	dS/M	7.06	5.11	5.60	3.77	0.99	1.08
Materia orgánica	%	55.10	53.00	43.70	54.90	5.00	80.80
Relación carbono/nitrógeno		77.60	57.00	36.10	52.80	500.00	60.30
N	%	0.71	0.93	1.21	1.04	0.01	1.34
P2O5		0.73	0.86	1.35	0.58	0.00	0.21
K2O		2.48	1.79	1.52	2.05	0.01	0.49
Ca		3.70	4.07	4.05	2.69	0.01	1.82
MgO		0.48	0.57	0.65	0.58	0.00	0.33
B2O3	Ppm	403.63	260.08	134.32	106.03	0.41	14.09
Cu		24.93	32.71	36.28	47.32	0.82	10.74
Fe		8 757.00	7 711.50	10 133.50	9 736.50	9.89	2 929.00
Mn		351.15	384.35	435.95	514.50	0.76	276.60
Zn		55.39	81.60	148.30	84.52	1.97	0.00

Al igual que en la localidad anterior, el Cuadro 8 demuestra que el tratamiento que presentó el mejor pH fue el de bokashi de gallina junto al de microorganismos de montaña. Ahora bien, en cuanto a nutrientes, el nitrógeno, el fósforo, el magnesio y el zinc presento mayores cantidades en el tratamiento de bokashi de gallina, asimismo, este mismo tratamiento presentó las menores cantidades de potasio en comparación a los otros tres bokashis. De nuevo se evidencia el bajo contenido de nutrientes de los MM sólidos y activados, sin embargo, esto refuerza la importancia vital de los microorganismos en suelos agrícolas pues presentaron muy buenos resultados en la producción de tomate.

Cuadro 9: Especificaciones de los análisis como abonos orgánicos de microorganismos de montaña.

Fase	Especificaciones.										
	pH	dS/M					%			Relación	
		Concentración de sales						Materia orgánica			carbono/nitrógeno
MM sólidos	6.70	1.08					80.80			60.30	
MM madre líquida	3.20	2.56					0.40			3.70	
MM activado	3.30	0.99					5.00			500.00	
Fase	Especificaciones										
	%					Ppm					
	N	P2O5	K2O	Ca	MgO	B2O3	Cu	Fe	Mn	Zn	
MM sólidos	1.34	0.21	0.49	1.82	0.33	14.09	10.74	2929.00	276.60	0.00	
MM madre líquida	0.11	0.00	0.02	0.04	0.01	19.02	4.46	17.43	4.61	1.68	
MM activado	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.41	0.82	9.89	0.76	1.97	

Los microorganismos que se aplicaron dentro del experimento en ambas localidades fueron los microorganismos de montaña sólidos y los microorganismos de montaña activados, mientras la madre líquida fue la materia prima para la activación. Según el Cuadro 9 del Anexo 6 y tomando en cuenta las cantidades que aporta con respecto a los abonos orgánicos y a los fertilizantes solubles o productos químicos, y los rendimientos que tuvo este tratamiento, se puede determinar que el efecto que tuvo en la producción fue gracias a la actividad microbiana que le facilita a las plantas la asimilación de los nutrientes que tiene el suelo, además, la activación si aumenta la cantidad y actividad de microorganismos, ya que la relación carbono/nitrógeno se eleva demasiado al pasar de una fase a otra, cambiando de 3.70 a 500 y también, aumenta la materia orgánica, pasando del 0.40% al 5%.

Anexo 7. Evidencia fotográfica de la investigación.



Fotografía 1: Identificación de localidades experimentales.



Fotografía 2: Muestreo de suelos.



Fotografía 3: Elaboración de locales para almacenamiento de abonos orgánicos.



Fotografía 4: Elaboración de abonos orgánicos tipo bokashi.



Fotografía 5: Fermentación de madre sólida de los MM.



Fotografía 6: Activación de MM.



Fotografía 7: Preparación de suelos.



Fotografía 8: Trasplante.



Fotografía 9: Microorganismos activados.



Fotografía 10: Limpieza y aplicación de viruta en macrotúneles.



Fotografía 11: Inicio de la producción.



Fotografía 12: Aparecimiento de hongos depredadores en donde se aplicaron MM.



Fotografía 13: Cosecha del tratamiento de bokashi de gallina.



Fotografía 14: Cosechas ordenadas por tratamientos para toma de datos.



Fotografía 15: Pesado de frutos por parcela.



Fotografía 16: Pesado y medido de frutos de manera individual de la parcela neta.



Fotografía 17: Alta productividad de tomate.



Fotografía 18: Preparación y envío de muestras de frutos de tomate a laboratorio.



