

**CRIA Oriente**

**Cadena Tomate**

**VALIDACION DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA AL SUELO EN TOMATE  
DETERMINADO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.**

**Investigador Principal Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña  
Investigador Asociado Ing. Agr. Claudia Karina Castañeda Alarcón  
Investigador Auxiliar Tesista Manuel José Alberto Rodríguez Oliva**

**Chiquimula, junio de 2021**



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

## **Acrónimos**

CRIA	Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
USAC	Universidad San Carlos de Guatemala
CUNORI	Centro Universitario de Oriente
CUNZAC	Centro Universitario de Zacapa

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Origen del tomate	2
2.2 Importancia del cultivo de tomate	3
2.2.1 Economía y social	3
2.2.2 Alimenticia y nutricional	4
2.3 Generalidades del cultivo de tomate	5
2.3.1 Clasificación taxonómica	5
2.4 Factores que inciden en la producción de tomate	5
2.4.1 Desertificación	5
2.4.2 Contaminación del suelo	7
2.5 Importancia de la actividad microbiana en el suelo	8
2.5.1 Bacterias predominantes en la comunidad microbiana del suelo	9
2.6 Relación Suelo-Planta	10
2.7 Absorción de nutrientes	10
2.8 Síntomas de deficiencias de nutrientes	12
2.9 Requerimientos nutricionales del cultivo	12
2.10 Parcela de prueba	13
2.11 Proceso de validación de tecnología	14
III OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivos Específicos	16
IV HIPOTESIS	16
V METODOLOGIA	17
5.1 Localidad y época	18
5.2 Diseño Experimental	18
5.3 Tratamientos	18
5.4 Tamaño de la unidad experimental	18
5.5 Modelo Estadístico	19
5.6 Variables de respuesta	19

5.7 Análisis de la información	19
5.8 Manejo de la parcela de prueba	19
5.8.1 Modo de empleo de fertilización combinada con Bacter suelo	20
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
6.1 Parcelas de prueba establecidas y rendimientos en kg/ha	21
6.2 Análisis estadístico de rendimiento en kg/ha	21
6.3 Análisis de pre-aceptabilidad	22
6.4 Evaluación financiera del proceso de validación	24
VII CONCLUSIONES	25
VIII RECOMENDACIÓN	25
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
X ANEXOS	29

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Ubicación geográfica de localidades de la validación	17

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Clasificación taxonómica del cultivo de tomate	5
2	Resumen de las principales funciones de los nutrientes en la planta de tomate	11
3	Ubicación de las localidades de la validación de la fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.	18
4	Modo de empleo de Bacter Suelo en hortalizas	20
5	Listado de agricultores colaboradores, localidades y rendimientos en kg/ha, obtenidos en la validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.	21
6	Resultados de la prueba <i>t</i> de <i>Student</i> para muestras independientes en la validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula, para la variable de rendimiento en kilogramos por hectárea	22
7	Resumen de las respuestas obtenidas de los agricultores colaboradores a través de la boleta de pre-aceptabilidad de la tecnología validada.	23
8	Evaluación financiera de las parcelas de validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula	24

# **VALIDACION DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA AL SUELO EN TOMATE DETERMINADO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.**

**Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña <sup>1</sup>**

**Inga. Agr. Claudia Karina Castañeda Alarcón<sup>2</sup>**

**Manuel José Alberto Rodríguez Oliva<sup>3</sup>**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Entre las alternativas investigadas en el programa IICA CRIA para mejorar el rendimiento en la producción de tomate es combinar la fertilización química con productos orgánicos a base de microorganismos eficaces. Este fue el fundamento para realizar la validación de Fertilización química orgánica al suelo en tomate determinado en el departamento de Chiquimula. Los municipios seleccionados fueron Esquipulas, Ipala y Chiquimula en donde se seleccionaron las variables de rendimiento en kg/ha, análisis de preceptabilidad y financiero. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de t de Student comparando la parcela de validación con la del productor. El análisis de preceptabilidad fue realizada por productores que calificaron la tecnología validada. Los resultados obtenidos en la variable de rendimiento, la parcela de validación obtuvo el mayor rendimiento con 67101.4 kg/ha en comparación con la parcela del productor que obtuvo 51341.8 kg/ha, esto indica un incremento en la producción de 30.7% utilizando la tecnología validada. En el análisis de preceptabilidad el 100% de los productores consideran buena alternativa utilizar la tecnología validada, un 87% utilizara la tecnología validada en el siguiente ciclo y un 100% recomendará la tecnología validada a otros productores. En el análisis económico se determinó que la mejor relación beneficio costo fue para la parcela de validación con 1.59 comparada a la parcela del productor con un 1.52. Con estos resultados se puede determinar que la tecnología validada ayuda al productor a incrementar su producción y obtener mejor beneficio económico en el cultivo.

---

<sup>1</sup> Investigador Principal del CUNORI

<sup>2</sup> Investigador Asociado

<sup>3</sup> Investigador Auxiliar



# **VALIDATION OF CHEMICAL-ORGANIC FERTILIZATION TO THE SOIL IN TOMATO DETERMINED IN THE DEPARTMENT OF CHIQUIMULA.**

## **EXECUTIVE SUMMARY**

Among the alternatives investigated in the IICA CRIA program to improve the yield in tomato production is to combine chemical fertilization with organic products based on effective microorganisms. This was the fundament for the validation of organic chemical fertilization to the soil in tomato determined in the department of Chiquimula. The selected towns were Esquipulas, Ipala and Chiquimula where the yield variables in kg / ha, pre-acceptability and financial analysis were selected. For the statistical analysis, the Student's t test was used, comparing the validation plot with that of the farmer. The pre-acceptability analysis was performed by farmers who rated the validated technology. The results obtained in the yield variable, the validation plot obtained the highest yield with 67101.4 kg / ha compared to the farmer's plot that obtained 51341.8 kg / ha, this indicates an increase in production of 30.7% using the validated technology. In the pre-acceptability analysis, 100% of the farmers consider a good alternative use the validated technology, 87% will use the validated technology in the next cycle and 100% will recommend the validated technology to other farmers. In the economic analysis, it was determined that the best cost-benefit ratio was for the validation plot with 1.59 compared to the farmer's plot with 1.52. With these results it can be determined that the validated technology helps the farmer to increase their production and obtain better economic benefits in the crop.

## I. INTRODUCCIÓN

Con los resultados obtenidos de la investigación EFECTO DE LA COMBINACION DE FERTILIZACIÓN QUIMICA-ORGANICA AL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA, 2017 se pudo determinar que la mejor relación beneficio costo se obtuvo al combinar Fertilización química con Bacter Suelo comparado con la fertilización tradicional utilizada por los productores. Con los resultados obtenidos del Bacter suelo se pudo determinar que se puede tener una reducción del 30% de la cantidad total de elementos aplicados en la fertilización, debido a la acción de los microorganismos eficaces, logrando buen efecto en la calidad de fruta.

El objetivo principal de esta validación fue establecer parcelas de prueba de fertilización química-orgánica utilizando el producto Bacter suelo que contiene microorganismos eficaces en el programa de fertilización en tomate determinado, con productores de la región oriente para lograr mejores rendimientos, buena calidad de fruto y aceptable beneficio costo.

La metodología utilizada para validar Fertilización química orgánica con Bacter suelo en tomate, consistió en el establecimiento de cinco parcelas de prueba en un área total de 300 m<sup>2</sup>, con cinco productores del departamento de Chiquimula con la tecnología de Bacter suelo comparada con el manejo de fertilización tradicional del productor, en las que se cuantificaron las variables de rendimiento de fruto de tomate y nivel de pre-aceptabilidad de la tecnología por parte del productor. Las parcelas de prueba se establecieron en el mes de noviembre y diciembre de 2020 y se concluyó en mayo de 2021, en el departamento Chiquimula.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Origen del tomate

El centro de origen del tomate (*Solanum lycopersicum*) es la región andina de Perú, Ecuador, Bolivia, el norte de Chile y las islas Galápagos, donde se encuentran materiales cultivados y silvestres adaptados a una amplia variedad de condiciones climáticas y geográficas (FOBOMADE, 2014). Fue domesticado por los Aztecas en México, único país donde se cultivaba antes de la colonización española, en donde era conocido como xīctomatl, fruto con ombligo. Debido a esa palabra azteca "tomatl" los conquistadores españoles lo llamaron "tomate" (Dávila, 2016). El ancestro común de las formas domesticadas es el *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme, que crece espontáneamente en las regiones tropicales y subtropicales de América (FOBOMADE, 2014).

Existen evidencias arqueológicas que demuestran que el tomate fue cultivado y usado por los pueblos originarios mesoamericanos, donde se consumían tomates de distintas formas y tamaños, incluyendo tomates verdes, rojos y amarillos. Durante el siglo XVI fue introducido el tomate en España e Italia, siendo Sevilla el primer lugar al que llegó en 1540, que es uno de los principales centros de comercio internacional. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Origen del tomate... s.f).

El género comprende nueve especies, ocho de las cuales se han mantenido dentro de los límites de su lugar de origen. Durante el periodo precolombino se avanzó bastante en la domesticación del cultivo. Numerosos textos del siglo XVI hacen referencias a la diversidad que encontraron los primeros europeos en el nuevo mundo. Posteriormente en Europa su evolución fue mucho más intensa a partir del desarrollo científico. Hasta entonces el proceso de mejora se realizó de forma intuitiva con la noción de que los descendientes se parecen a sus padres, pero sin una clara comprensión de las leyes de la genética. A partir del trabajo de sucesivas generaciones de agricultores se fueron produciendo distintas variedades en diferentes ambientes y en base a los gustos de diferentes poblaciones humanas (Cubero, citado por Gonzales, s.f).

## **2.2 Importancia del cultivo de tomate**

### **2.2.1 Economía y social**

El cultivo de tomate en Guatemala tiene una trascendencia económica y social muy importante, ya que una parte considerable de la población económicamente activa se encuentra relacionada directa o indirectamente con la producción o comercialización de este cultivo. Es una importante fuente de empleos para las familias, quienes prestan su mano de obra en todas y cada una de las fases del cultivo (Importancia Económica de la Producción... 2009).

Actualmente, es la hortaliza más producida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Debido a que su demanda es alta, lo es también su cultivo, producción y comercio. De acuerdo con estimaciones realizadas por la Food and Agriculture Organization – FAO-, en el año 2006, se considera que en el mundo son 23 países los que producen 127 millones de toneladas de tomate, siendo China y Estados Unidos los mayores productores (Importancia Económica de la Producción... 2009).

Durante el año 2011 el cultivo de tomate empleó 2,693,628 jornales, equivalente a 9,624 empleos permanentes. La producción nacional de tomate se encuentra distribuida entre los siguientes departamentos: Jutiapa (20%), Baja Verapaz (20%), Chiquimula (11%), Guatemala (8%), Zacapa (7%), El Progreso (6%), Alta Verapaz (6%), Jalapa (5%), y los demás departamentos de la República suman el 17% restante. El 72.1% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en siete departamentos: Jutiapa (20.2%), Baja Verapaz (17.3%), Chiquimula (8.9%), Guatemala (7.1%), Alta Verapaz (6.5%), El Progreso (6.1%) y Jalapa (6%), (DIPLAN-MAGA, citado por Deguate, 2014).

La principal procedencia y destino del comercio exterior de tomate es, en importaciones Honduras y en exportaciones Estados Unidos y principalmente El Salvador.

El sector productivo tomatero se ve afectado por el insuficiente desarrollo en sus relaciones de intercambio con la industria, ya que existe un alto grado de desvinculación entre las actividades primarias, de transformación, distribución. La organización y capacitación de los productores han sido insuficientes, en general son necesarios para mejorar su capacidad de negociación en sus transacciones comerciales (Importancia Económica de la Producción... 2009).

### **2.2.2 Alimenticia y nutricional**

Los cultivos más importantes relacionados a la seguridad alimentaria son: el maíz, el frijol, el arroz y el trigo. Según ENCOVI (2006) en el 75% de los hogares de Guatemala solamente se ingieren cinco productos: tortilla de maíz, frijol, huevos, tomate y pan dulce. En cuanto a verduras y hortalizas, las usadas por más del 50% de los hogares del área urbana y rural son: tomate, cebolla, papas, hierbas y hortalizas para ensaladas. La cantidad diaria per cápita de consumo de tomate a nivel nacional es de 33 gramos promedio (Menchú y Méndez, 2011).

El mayor consumo de vegetales se da en la región metropolitana y el menor en la región norte y en Petén. Las verduras más consumidas son: tomate, cebolla, papas y güisquil. Forma parte de la dieta cotidiana de la población guatemalteca, principalmente en el área urbana del país, donde es muy utilizado para la elaboración de salsas, sopas, ensaladas y sofritos, además contienen una gran cantidad de vitaminas entre las que destacan las vitaminas A, B, C, E y K, también contienen licopeno, que es un carotenoide y un antioxidante, a un costo razonable de mercado (Menchú y Méndez, 2011).

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías, derivadas en el 74% de los carbohidratos complejos que lo componen. De hecho, 100 gramos de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua, su contenido acuoso supera el 94% y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico (Candel, s.f).

Es una fuente importante de ciertos minerales como el potasio y el magnesio que lo convierten en un excelente diurético. Asimismo, contiene sodio, calcio, hierro, cobre, magnesio, manganeso y zinc. De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la C. Presenta también carotenoides como el licopeno, pigmento que da el color rojo característico al tomate. La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora del organismo humano. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C (Candel, s.f).

Un tomate mediano, 148 gramos, puede suplir entre 20 y 40 % de las necesidades diarias de vitaminas A y C, respectivamente. El contenido de vitaminas es afectado por el grado

de madurez en cosecha y por el tipo de material genético. Es así que la diferencia en contenido de vitamina C entre tomate verde maduro y rojo maduro es de 10 a 15 %. La diferencia entre cultivares puede ser entre el 40 y el 70% dependiendo del año (Fernández, 2012).

También presenta un aporte importante de fitosteroles, que reducen los niveles de colesterol en la sangre al inhibir parcialmente la absorción del colesterol en el intestino. Por último, posee un antibiótico, la tomatina, con propiedades antibacterianas, antimicóticas y antiinflamatorias (FEN...s.f)

## 2.3 Generalidades del cultivo de tomate

### 2.3.1 Clasificación taxonómica

En el siguiente cuadro se presenta la clasificación taxonómica del cultivo de tomate.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del cultivo de tomate.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>Solanum lycopersicum</i>

**Fuente:** ITIS (2020)

## 2.4 Factores que inciden en la producción de tomate

### 2.4.1 Desertificación

La desertificación es el proceso de degradación del terreno que conduce a la pérdida de humedad y destrucción de la cubierta vegetal, lo que ocasiona la erosión del suelo y la escasez de agua. La desertificación es el proceso de degradación de un territorio, convirtiéndolo en zona árida o semiárida. Este proceso ocurre por la destrucción de la cubierta vegetal, la erosión del suelo y la falta de agua (Guía Urbana, 2007).

La desertificación consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre, así como la interacción entre factores físicos, biológicos, políticos, sociales y culturales. Afecta al medio de vida de millones de personas, entre los que se encuentran buena parte de los pobres que viven en las tierras secas (Green Facts, 2005).

Es un proceso de pérdida progresiva de la productividad y de la cubierta vegetal del suelo. Se diferencia del concepto genérico de degradación de la tierra porque el fenómeno de la desertificación se restringe a las tierras secas y es irreversible a largo plazo, mientras que la degradación de la tierra puede acontecer en cualquier tipo de ecosistemas y hace referencia a procesos en el corto plazo (Tapia, 2014).

Por lo general, la desertificación comienza con la destrucción de la cubierta vegetal, usualmente se trata de zonas fértiles donde se practicaba agricultura secuencial, y que se vieron obligadas a la explotación intensiva por el aumento de la población, lo que produjo un agotamiento del terreno. Esto constituye la segunda etapa, cuando la tierra deja de ser fértil y ha perdido la cubierta vegetal, es entonces que el agua y el viento, erosionan rápidamente el suelo, hasta llegar a la roca (Guía urbana, 2007), esto conlleva problemas socioeconómicos, entre los cuales están el aumento de la inseguridad alimentaria y de las migraciones por la misma causa, entre otras limitaciones al desarrollo y daños al ecosistema. Si la tierra está gravemente dañada, deja de proporcionar una serie de funciones y servicios ecológicos de vital importancia para la sociedad y el desarrollo, y la recuperación de esas tierras degradadas resulta ser muy costosa (CIAD, 2016).

La contaminación del suelo generalmente aparece al producirse una ruptura de tanques de almacenamiento subterráneo, aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas, filtraciones de rellenos sanitarios o de acumulación directa de productos industriales, la cual produce una baja en el medio ambiente ya que los suelos se hacen infértiles. Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues

de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo (Vera, 2002).

#### **a. Causas de la desertificación**

- El uso constante de los suelos en la agricultura intensiva, sin periodos de descanso.
- Explotaciones de la tierra en las que no se consideran o se implementan prácticas de conservación.
- Explotación humana que sobrecarga la capacidad natural del ecosistema, y que propicia el descuido y abandono de la tierra y la migración de los pobladores.
- El empleo excesivo o indebido de fertilizantes inorgánicos causa el empobrecimiento del suelo, disminuyendo su fertilidad y alterando sus propiedades químicas y físicas.

#### **2.4.2 Contaminación del suelo**

Es una degradación de la calidad del suelo asociada a la presencia de sustancias químicas que están fuera de lugar o en concentraciones superiores a las normales, provocando cambios perjudiciales y reduciendo su potencialidad, acabando con sus propiedades químicas y físicas. Los contaminantes se extienden sobre extensas superficies debido al viento y a la lluvia. Los insumos agrícolas, como fertilizantes, herbicidas, e incluso los antibióticos contenidos en el estiércol animal, son también importantes contaminantes potenciales y plantean problemas especiales debido a las fórmulas químicas, que se modifican constantemente impactando a los suelos (FAO, citado por Ovando, 2017).

La población humana crece en forma abismante, el aumento demográfico ha representado un desafío en relación con los recursos alimenticios, lo cual ha implicado una utilización más intensiva de los suelos, con el fin de obtener un mayor rendimiento agrícola. En la agricultura, la gran amenaza son las plagas, y en el intento por controlarlas se han utilizado distintos productos químicos, como plaguicidas, los cuales han provocado un desequilibrio, contaminando suelos, alimentos y animales. suelos (FAO, citado por Ovando, 2017).



El uso de fertilizantes químicos en concentraciones altas o constantes es uno de los causantes de la contaminación de los suelos y del agua. Al mismo tiempo, el uso de cantidades demasiado pequeñas de fertilizantes disminuye los nutrientes del suelo, con lo cual contribuye a su degradación. suelos (FAO, citado por Ovando, 2017).

El hecho de plantar una sola especie en tierras sin descanso, sin la utilización de abono deteriora el suelo. La escasa utilización de técnicas de conservación del suelo y de fertilizantes orgánicos, facilitan la erosión y desertificación. suelos (FAO, citado por Ovando, 2017).

La contaminación de los suelos causa la pérdida de valor de este, desvalorizando, debido a las restricciones de su uso, provocando una pérdida económica para sus propietarios. suelos (FAO, citado por Ovando, 2017).

#### **a. Rol biogeoquímico de los microorganismos del suelo**

Los microorganismos del suelo funcionan como agentes biogeoquímicos para la conversión de compuestos orgánicos complejos en compuestos inorgánicos simples y elementos constitutivos, esto se llama mineralización. Estos microorganismos del suelo están envueltos en los ciclos de nitrógeno, carbono, azufre y fósforo. También están envueltos en los ciclos de hierro, manganeso, mercurio, selenio, zinc y potasio (DanTec, s.f).

#### **b. Biorremediación**

Es la utilización de organismos para degradar o remover contaminantes de un ambiente específico. Este proceso incluye la modificación de este ambiente para acelerar los procesos biológicos con o sin añadir microorganismos específicos (DanTec, s.f).

### **2.5 Importancia de la actividad microbiana en el suelo**

Dada la población y diversidad de microorganismos en los suelos agrícolas, no sería una sorpresa que los microorganismos ejecuten una variedad de funciones, algunas de extrema importancia para la salud del suelo y las plantas. Estas actividades son extremadamente importantes para el normal funcionamiento de las plantas. Sin embargo, los microorganismos pueden ser afectados de manera drástica por los ambientes químicos, físicos y biológicos, por factores como el pH, la fertilidad, la disponibilidad y el

contenido de materia orgánica, el contenido de residuos, la temperatura, la porosidad del suelo, la variedad de cultivos, etc (DanTec, s.f).

Como resultado, todas las prácticas de manejo (por ejemplo: la preparación, la quema, la exposición del suelo al sol, uso de fertilizantes amoníacos, etc.) que afectan estos factores también afectan las actividades microbianas de una o varias maneras. Cuando el proceso microbiano es afectado en forma negativa, generalmente se ven efectos indirectos que reducen la salud y el vigor de las plantas. Cuando se afecta en forma positiva, éste se manifiesta mejorando el vigor de la planta, la tolerancia al estrés y la resistencia a las plagas (DanTec, s.f).

La producción agrícola sustentable requiere de estrategias que aseguren un crecimiento sano de las plantas y un rendimiento rentable. El uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal permite mejorar las diversas formas de fertilización química al suelo, e incluso en pesticidas químicos, para que, el suelo, la planta, y el agricultor se beneficien (DanTec, s.f).

### **2.5.1 Bacterias predominantes en la comunidad microbiana del suelo**

De todos los microorganismos del suelo, las bacterias son las que se encuentran en las más grandes poblaciones y son tal vez las más diversas en cuanto al número de especies y su comportamiento (DanTec, s.f).

Durante la transformación del carbono natural, se originan numerosos subproductos que generan grandes cambios químicos que pueden ocurrir en el suelo como resultado del crecimiento y de la transformación del alimento por parte de las bacterias. Por eso se dice que las bacterias son los microorganismos más significativos en el desarrollo del suelo (DanTec, s.f).

Las bacterias en el suelo transforman los nutrientes para promover directamente el crecimiento de la planta. Estos organismos juegan un papel clave en el mantenimiento del delicado balance entre la materia acumulada y la materia degradada. Numerosas bacterias son eficientes fijadoras de nitrógeno. Pueden tomar el nitrógeno de la atmósfera y convertirlo para que la planta lo pueda usar. Estas contribuyen

sustancialmente para que los agricultores economicen en fertilizantes nitrogenados (DanTec, s.f).

Gran parte del control biológico que ejercen las bacterias se puede encontrar particularmente en la materia orgánica o en el “compost”. De hecho, la aplicación de este último ha sido usada como alternativa efectiva contra los hongos. Es importante la utilización de microorganismos benéficos para reducir la fertilización química (DanTec, s.f).

## **2.6 Relación Suelo-Planta**

Las plantas en su ambiente natural tienen que vivir, sin casi ninguna excepción, en asociación con el suelo, una asociación conocida como relación suelo-planta. El suelo provee cuatro necesidades básicas de las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte (DanTec, s.f).

Se considera que un suelo ideal debe de tener las siguientes condiciones: 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire o espacio poroso. El tipo y cantidad relativa de minerales, más los constituyentes orgánicos del suelo, determinan las propiedades químicas del suelo (DanTec, s.f).

## **2.7 Absorción de nutrientes**

El nitrógeno y el potasio se absorben inicialmente en forma lenta y se incrementa la rapidez de su absorción durante las etapas de floración. El potasio se tiene un aumento de absorción durante el desarrollo del fruto, mientras el aumento de absorción del nitrógeno ocurre principalmente después de la formación de los primeros frutos. El fósforo y nutrientes secundarios, calcio y magnesio, son requeridos en relativamente dosis constantes, a través de todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate (Haifa, 2014).

El nutriente prevalente que se encuentra en el desarrollo de la planta y en el fruto de tomate es el potasio, seguido por el nitrógeno y calcio.

**Cuadro 2.** Resumen de las principales funciones de los nutrientes en la planta de tomate.

Nutriente	Funciones
<b>Nitrógeno (N)</b>	Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento)
<b>Fósforo (P)</b>	División celular y formación de estructuras de transferencia de energía.
<b>Potasio (K)</b>	Transporte de azúcares, control estomático, cofactor de muchas enzimas, reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades.
<b>Calcio (Ca)</b>	Forma parte de la pared celular y reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades.
<b>Azufre (S)</b>	Síntesis de aminoácidos esenciales como cistina y metionina.
<b>Magnesio (Mg)</b>	Forma parte central de la molécula de la clorofila.
<b>Hierro (Fe)</b>	Síntesis de la clorofila.
<b>Manganeso (Mn)</b>	Participa en los procesos de la fotosíntesis.
<b>Boro (B)</b>	De pared celular. Germinación y elongación del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares.
<b>Zinc (Zn)</b>	Síntesis de auxinas.
<b>Cobre (Cu)</b>	Influencia en el metabolismo de nitrógeno y carbohidratos.
<b>Molibdeno (Mo)</b>	Componente de enzimas nitrogenadas.

**Fuente** (Haifa Pioneering the Future, 2014).

### **Nitrógeno**

Es el nutriente principal responsable en el desarrollo del área foliar y debe estar, presente desde las primeras fases de desarrollo de la planta hacia delante. El nitrógeno aplicado como fertilizante debe estar inmediatamente disponible para la planta e idealmente en la forma de nitrato, porque es la forma que la planta prefiere absorber (Haifa, 2014).

### **Potasio**

El rol del potasio en tomate se relaciona directamente con la calidad y producción. El aumento de los niveles de potasio mejora el comportamiento de la planta.

Los roles esenciales del potasio se encuentran en la síntesis de la proteína, los procesos fotosintéticos y el transporte de azúcares de las hojas o las frutas. Un buen suministro de potasio sustentará, desde el principio la función de la hoja en el crecimiento de la fruta y contribuirá al efecto positivo en el rendimiento y en el alto contenido de sólidos solubles (más azúcares) en la fruta en el momento de la cosecha. La acción del potasio en la síntesis de la proteína refuerza la conversión del nitrato absorbido en proteínas,

contribuyendo a una mejor eficiencia del fertilizante nitrogenado proporcionado (Tjalling, 2006).

## **Calcio**

Es un componente esencial de la pared celular y la estructura de la planta. Es el elemento responsable de la firmeza del fruto de tomate. Retrasa la senescencia en hojas, por lo tanto, está alargando la vida útil y productiva de la hoja y la cantidad total de asimilados producidos por las plantas (Haifa, 2014).

### **2.8 Síntomas de deficiencias de nutrientes**

El tomate es especialmente sensible a excesos o deficiencias de ambos macros y micronutrientes. Las deficiencias más comunes, afectan a otros nutrientes, la deficiencia de potasio y calcio afectan la calidad del fruto, la deficiencia de magnesio está presente en suelos ácidos en presencia de altos niveles de potasio y deficiencias de boro, hierro y manganeso (Haifa, 2014).

### **2.9 Requerimientos nutricionales del cultivo**

Dependiendo de la variedad de tomate a sembrar y del tipo de manejo, así serán las demandas nutricionales; sin embargo, en forma general, los requerimientos nutricionales del cultivo, en kg/ha, son:

- ✓ **Nitrógeno (N):** 150
- ✓ **Fósforo (P):** 200
- ✓ **Potasio (K):** 275
- ✓ **Calcio (Ca):** 150
- ✓ **Magnesio (Mg):** 25
- ✓ **Azufre (S):** 22

El orden de extracción de nutrientes por la planta de tomate en forma decreciente es K, N, Ca, S, Mg y P (CENTA, 2016).

## **2.10 Parcela de prueba**

Uno de los pasos claves en la generación, prueba y validación de tecnología, es la conducción de parcelas de prueba, áreas de tamaño semi comercial en las cuales el agricultor pone a prueba la tecnología del ICTA, bajo sus propias condiciones.

El aspecto importante en esta etapa de trabajo dentro del Sistema Tecnológico del ICTA, es que el propio agricultor ejecuta el trabajo y el técnico del ICTA actúa únicamente en calidad de asesor, y al final, recaba la opinión del agricultor en cuanto a la factibilidad de uso de la nueva tecnología. El ICTA toma muy en cuenta la opinión del agricultor y la promoción de la nueva tecnología dependerá de su adopción o rechazo por parte del agricultor (ICTA, 1981).

La dimensión de la parcela de prueba varía según sea el tamaño de las unidades de producción de la región. De los resultados que se obtienen en los ensayos de finca, se selecciona la práctica que contribuya al mayor incremento en rendimiento con el menor riesgo económico posible; se debe seleccionar el menor número de variables y que estas prácticas no impliquen un cambio total de los hábitos del agricultor o mayor inversión de tiempo.

La parcela de prueba puede tener un sólo componente: variedad, dosis de fertilización, distancias, entre otros y los técnicos de la región, de acuerdo con su experiencia, decidirán la conveniencia de poner más de una o de separarlas con una sola alternativa de producción.

Es importante establecer desde un principio en qué va a consistir la relación de trabajo, dejando claro dos puntos principales:

- Que el agricultor es el responsable de ejecutar la parcela de prueba; y
- Que el agricultor pondrá lo insumos que tenga o pueda conseguir.

Donde quiera que será posible, es recomendable que el agricultor siembre cierta extensión de su terreno con el mismo cultivo, de manera que al final puedan hacerse comparaciones en términos de rendimiento y de costos de producción.

El técnico debe visitar al agricultor unos días antes de la siembra para aclarar dudas pendientes y conjuntamente tomar muestras de suelos y llevar la hoja de “manejo previo”.

Durante la siembra y desarrollo del cultivo, el técnico deberá estar presente y explicarle al agricultor las innovaciones introducidas, las razones de las modificaciones y la ventaja de éstas. Siempre hay que tener cuidado de efectuar la siembra en la misma época en que el agricultor la acostumbra, pues en muchos lugares es un factor crítico que hay que considerar seriamente.

Llegada la época de la cosecha, el técnico deberá seleccionar al azar dentro de la finca del agricultor, la parcela comparativa, demarcarla e indicar al agricultor que tanto la cosecha de esta área como de la parcela de prueba, deberá ponerla por separado en el campo, para hacer las determinaciones y comparaciones respectivas.

De nuevo se hace énfasis en que el técnico debe supervisar la cosecha, desde el principio hasta el final y evitar que, por descuido o ignorancia, el agricultor mezcle el producto cosechado, dando lugar a la obtención de datos falsos (ICTA, 1981).

### **2.11 Proceso de validación de tecnología**

Al igual que cualquier proceso de investigación, la validación de tecnologías puede realizarse para una tecnología en o para varias, que pueden o no estar ligadas entre sí. Por ejemplo, la validación de una tecnología simple puede consistir en validar una nueva variedad de maíz. Evidentemente la introducción de una o varias tecnologías producirá efectos de mayor o menor grado en otros aspectos de la finca; por esta razón, el entendimiento de las diversas relaciones que rigen el sistema finca es fundamental para lograr una intervención exitosa (Radulovich & Karremans, 1993).

En el proceso de validación de una nueva tecnología, es el productor quien maneja la tecnología y los técnicos –investigadores– solamente observan y anotan. No es exageración decir que el productor es uno de los investigadores en la validación, y obtener sus impresiones y preferencias sobre la nueva tecnología es fundamental en la consolidación de los datos obtenidos por otros medios. El ensayo de validación utiliza prácticas experimentales sencillas, un ensayo de esta naturaleza no es para determinar

la rigurosidad científica de las diferencias significativas entre tratamientos, sino que determinar las suficientes evidencias prácticas para despejar la hipótesis planteada.

En cualquier ensayo de campo se requiere hacer un análisis estadístico que obliga a organizar los datos agronómicos y económicos obtenidos en campo, y permita una mayor seguridad al momento de interpretar los resultados, sobre todo en cuanto a la pregunta crucial si la tecnología nueva o introducida supera o no la tecnología local en aspectos previamente definidos.



### III OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo General

Validar la tecnología del programa IICA CRIA de fertilización química combinada con Bacter suelo para mejorar el rendimiento en kilogramos por hectárea de los productores de tomate de la región oriente.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Comparar el rendimiento (kg/ha) en tomate de las parcelas de validación con fertilización combinada con Bacter suelo® aplicada al suelo y la fertilización tradicional del productor.
- Determinar el nivel de pre-aceptabilidad de los productores con relación al rendimiento mostrada por el cultivo por la fertilización combinada con Bacter suelo® comparada con la fertilización tradicional del productor.

### IV HIPOTESIS

**Ho.** La parcela de prueba de fertilización y Bacter suelo no presentan diferencias en cuanto al rendimiento total en kilogramos por hectárea de tomate comparada con la fertilización del productor.

## V METODOLOGIA

La validación se desarrolló con la metodología de parcelas de prueba. Las parcelas fueron manejadas por el productor de cada localidad ubicadas en los municipios de Esquipulas, Ipala y Chiquimula del departamento de Chiquimula en las cuales se evaluaron la tecnología proporcionada.

Se establecieron diez parcelas de prueba de fertilización química-orgánica al suelo en tomate determinado en los municipios de Esquipulas, Ipala y Chiquimula del departamento de Chiquimula en las cuales los investigadores del programa IICA CRIA orientaron al productor con la tecnología validada.



Fuente Wikipedia (2021)

**Figura 1.** Ubicación geográfica de localidades de la validación

Las actividades que se desarrollaron en la validación fueron

- a. Tamaño de la parcela de prueba: el área de la parcela de prueba fue de 300 m<sup>2</sup>, la cual se colocó junto a la parcela que utilizará el productor.
- b. Numero de variables: Se evaluó solo una variable que fue rendimiento de fruto en kilogramos por hectárea.
- c. De los colaboradores: Fueron los productores de los municipios de Esquipulas, Ipala y Chiquimula del departamento de Chiquimula que son representativos de la producción de tomate de la región oriente.

## 5.1 Localidad y época

Las localidades fueron ubicadas en el departamento de Chiquimula en los municipios de Esquipulas, Ipala y Chiquimula. La época comprendió los meses de noviembre 2020 a mayo de 2021.

**Cuadro 3.** Ubicación de las localidades de la validación de la fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.

No.	Localidad	Altitud (msnm)	Grados decimales	
			Latitud	Longitud
1	Chiquimula, Chiquimula	344	14.801826	-89.525806
2	Chiquimula, Chiquimula	344	14.801826	-89.525806
3	Esquipulas, Olopita	907	14.580484	-89.333438
4	Esquipulas, Olopita	907	14.580484	-89.333438
5	Esquipulas, Atulapa	915	14.562423	-89.308426
6	Esquipulas, Atulapa	915	14.562423	-89.308426
7	Ipala, Ipala	869	14.607382	-89.60222
8	Ipala, Ipala	869	14.607382	-89.60222
9	Ipala, San Isidro	808	14.583131	-89.670866
10	Ipala, San Isidro	808	14.583131	-89.670866

## 5.2 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de parcelas pareadas en el cual se midió el comportamiento de rendimiento en kilogramos por hectárea.

## 5.3 Tratamientos

- Fertilización química orgánica (Bacter Suelo)
- Fertilización local del productor

## 5.4 Tamaño de la unidad experimental

Todas las parcelas de prueba que se establecieron contaron con un área experimental de 300 m<sup>2</sup>.

### 5.5 Modelo Estadístico

Se utilizó la prueba t de Student para parcelas pareadas. Se realizó un muestreo no probabilístico.

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

Donde:

t = valor de t de Student.

d = promedio de las diferencias de rendimiento entre fertilización química orgánica y fertilización local.

S<sub>d</sub> = error estándar de las medias de las diferencias entre rendimiento.

### 5.6 Variables de respuesta

- Rendimiento total del fruto expresado en kilogramos por hectárea.
- Determinación de pre-aceptabilidad (Opinión del agricultor sobre la nueva tecnología): al final de la validación a cada agricultor se le proporcionó una boleta para calificar la aceptación de la tecnología evaluada.

### 5.7 Análisis de la información

Se realizó por medio del método estadístico Prueba T (para observaciones apareadas) o prueba Friedman (para observaciones apareadas).

El análisis de pre-aceptabilidad se analizó de acuerdo con las respuestas proporcionadas por el productor colaborador midiendo el impacto que generó la tecnología proporcionada.

### 5.8 Manejo de la parcela de prueba

La parcela de prueba fue manejada con la tecnología utilizada por el productor colaborador, al finalizar se pasó una boleta de aceptabilidad de la tecnología evaluada.

El cultivar de tomate utilizado fue de acuerdo con la preferencia por el productor de la localidad el cual tiene que ser de crecimiento determinado, con fruto para comercialización en mercado local de Guatemala.

Tipo: Saladette determinado, tamaño de la fruta intermedia, alargado.

Días de trasplante hasta cosecha: 75-120

### 5.8.1 Modo de empleo de fertilización combinada con Bacter suelo

En el siguiente cuadro se describe el modo de empleo de Bacter suelo en hortalizas.

**Cuadro 4.** Modo de empleo de Bacter Suelo en hortalizas.

Cultivo	Modo de aplicar	Dosificación
Hortalizas en general (chile, tomate, cebolla, zanahoria, remolacha, etc)	Sistema de riego por goteo o microaspersión.	Aplicar 1 a 3 litros de la mezcla por manzana, a intervalos de 2 a 3 días.
	Con mochila de asperjar (drech).	Aplicar 25 litros de la mezcla en el agua que se utiliza para la aplicación al pie de la mata con una frecuencia de 5 a 7 días de intervalo por manzana.

(DanTec S.A, s.f.)

Bacter-Suelo se puede mezclar con cualquier tipo de fertilizante, líquido o sólido sin que ninguno de éstos se vea afectado.

## VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Parcelas de prueba establecidas y rendimientos en kg/ha

En total se establecieron 10 parcelas de prueba en el departamento de Chiquimula en los municipios de Esquipulas, Ipala y Chiquimula de las cuales se obtuvieron datos válidos para el estudio. La información generada sobre los agricultores colaboradores, las localidades y los rendimientos expresados en kg/ha, se presenta en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Listado de agricultores colaboradores, localidades y rendimientos en kg/ha, obtenidos en la validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.

No.	Localidad	Productor	Rendimiento kg/ha	
			Validación	Productor
1	Chiquimula, Chiquimula	CUNORI	57006	50304
2	Chiquimula, Chiquimula	CUNORI	66774	63821
3	Esquipulas, Olopita	Samuel Antonio Alarcón	51424	32992
4	Esquipulas, Olopita	Samuel Antonio Alarcón	50457	30659
5	Esquipulas, Atulapa	Manuel Alejandro Vega Fernández	61142	34824
6	Esquipulas, Atulapa	Manuel Alejandro Vega Fernández	57363	35485
7	Ipala, Ipala	Eli Jacinto Martínez	73939	67018
8	Ipala, Ipala	Eli Jacinto Martínez	74000	67285
9	Ipala, San Isidro	Lester de Jesús Tobar Cardona	89576	65424
10	Ipala, San Isidro	Lester de Jesús Tobar Cardona	89333	65606

### 6.2 Análisis estadístico de rendimiento en kg/ha

El estudio contempló como variable de respuesta el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea, por lo que se hizo una comparación de la fertilización química orgánica al suelo validada con el programa de fertilización convencional del productor. Los resultados obtenidos de rendimiento en kg/ha se analizaron con prueba de t de Student, en el Cuadro 6 se presentan los datos obtenidos del análisis estadístico.

**Cuadro 6.** Resultados de la prueba *t* de *Student* para muestras independientes en la validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula, para la variable de rendimiento en kilogramos por hectárea.

Obs (1)	Obs (2)	N	Dif. Medias	Media (1)	Media (2)	Dif. DE	Valor T	Valor p (Bilateral)
Validación	Productor	10	15759.6	67101.4	51341.8	8896.01	5.6	<b>0.0003</b>

Fuente: InfoStat

De acuerdo con el resultado del análisis estadístico por medio de la **prueba de t** con un nivel de significancia de 0.05 para la variable rendimiento en kg/ha, utilizando como herramienta el programa InfoStat, se determina que hay diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos evaluados, dado que se obtuvo un *valor de t* (bilateral) de 0.0003 con medias de rendimiento de 67101.4 kg/ha para la fertilización química orgánica validada y de 51341.8 kg/ha para la fertilización del productor. Indicando a la vez que la fertilización química orgánica validada presenta rendimientos superiores con respecto a la fertilización convencional del productor, lo cual representa un incremento en la producción del 30.7% utilizando el programa validado de la fertilización química orgánica al suelo.

### 6.3 Análisis de pre-aceptabilidad

Se realizó a través de la boleta de pre-aceptabilidad (ver anexo 4), que se utilizó al final del ciclo de la parcela de validación con los productores colaboradores, con el propósito de conocer el primer impacto de la tecnología aplicada, en este caso fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.

Con base a la información generada por quince productores que observaron las parcelas de prueba de validación, se tienen las respuestas a siete preguntas básicas de pre-aceptabilidad. Los resultados se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Resumen de las respuestas obtenidas de los agricultores colaboradores a través de la boleta de pre-aceptabilidad de la tecnología validada.

Pregunta		Niveles de respuesta
1	¿Cómo califica la fertilización química orgánica propuesta por el CRIA?	Excelente: 20%; buena: 80%; regular: 0%
2	¿Qué problemas o desventajas presentó para usted la fertilización química orgánica probada en su sistema de cultivo?	-Se dificulta la aplicación cuando el cultivo está protegido con agribom. -Incrementa el costo de mano de obra por la aplicación. -Incrementa la inversión en el programa de fertilización.
3	¿Qué ventajas observa en la fertilización química orgánica probada por el CRIA?	- La hoja cambio con la aplicación - Tallo más grueso - Mejoro el desarrollo del cultivo - Mejor rendimiento - Hizo más suelto el suelo - Desarrollo mas brotes en la planta - Plantas con bastante floración
4	¿Cumple la fertilización química orgánica probada por CRIA sus expectativas en rendimiento del cultivo?	Si = 100% No = 0%
5	¿Haría modificaciones a la fertilización química orgánica probada por CRIA?	Si = 7% (aplicarlo al sistema de riego) No = 93%
6	¿Le recomendaría la fertilización química orgánica probada a otro productor?	Si = 100% No = 0%
7	¿Utilizará la fertilización química orgánica de CRIA para su próximo ciclo de cultivo?	Probablemente si = 13% Definitivamente si = 87% Probablemente no = 0 Definitivamente no = 0



De acuerdo a lo expresado por los productores, la fertilización química orgánica al suelo es calificada como excelente por un 80% y buena por un 20%. Un 100% considera que el método validado cumple con sus expectativas de rendimiento en la época evaluada al compararlo con lo obtenido en la parcela del productor; el 93% expresa que no haría ningún cambio en la forma de aplicar mientras que el 7% manifiesta que cambiaría la forma de aplicar realizándola a través del sistema de riego. El 100% de los productores recomendaría la metodología validada, el 87% implementará el método de fertilización hidrosoluble en el próximo ciclo y un 13% probablemente si lo implementaría.

#### 6.4 Evaluación financiera del proceso de validación

Para este análisis se tomó en cuenta la media de rendimiento de la parcela de validación y la del productor considerando ingresos por ventas y egresos. En el Cuadro 8 pueden verse los montos obtenidos para obtener la relación beneficio costo de la tecnología validada en comparación con la tecnología del productor.

**Cuadro 8.** Evaluación financiera de las parcelas de validación de fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula.

<b>Ingresos/Ha</b>	<b>Validación</b>	<b>Productor</b>
Rendimiento kg/ha	57006	50304
Rendimiento ajustado (10%)	51824	45731
Precio Promedio Q/kg	Q4.00	Q4.00
Ingreso total/Ha	Q207,294.55	Q182,923.64
<b>Costos/Ha</b>	<b>Validación</b>	<b>Productor</b>
Pilón	Q12,500.60	Q12,500.60
Cosecha (mano de obra)	Q2,700.00	Q2,040.00
Clasificación frutos (mano de obra)	Q600.00	Q480.00
Total, de costos variables	Q15,800.60	Q15,020.60
Costos fijos	Q100,330.80	Q91,657.80
Total	Q116,131.40	Q106,678.40
Imprevistos (5%)	Q5,806.57	Q5,333.92
Intereses (1.5%)	Q8,709.86	Q8,000.88
Costo Total/Ha	Q130,647.83	Q120,013.20
<b>Análisis Financiero</b>	<b>Validación</b>	<b>Productor</b>
Ingresos	Q207,294.55	Q182,923.64
Utilidad Bruta	Q191,493.95	Q167,903.04
Utilidad Neta	Q76,646.72	Q62,910.44
<b>Relación Beneficio/costo</b>	<b>1.59</b>	<b>1.52</b>

## VII CONCLUSIONES

- La tecnología validada de fertilización química orgánica al suelo en tomate supera en rendimiento en kg/ha comparado con la fertilización del productor, obteniéndose con la validación un 30.7% más de producción, por lo que la propuesta de tecnología proporcionada a los productores colaboradores del departamento de Chiquimula mejora las condiciones de cultivo y la calidad de vida de las familias.
- La pre-aceptabilidad con los productores del departamento de Chiquimula reflejo en un 87% la aceptación de utilizar la tecnología validada para el próximo ciclo de cultivo mientras que el 13% restante probablemente lo utilizarían, el 100% de los productores calificaron los efectos en la planta del uso de la validación como buena y excelente y recomendarían a otros productores el uso de fertilización química orgánica al suelo.
- En la evaluación financiera se consideró la relación beneficio costo en la cual se obtuvo mejor B/C con la validación con un 1.59 mientras que el productor obtuvo una relación B/C de un 1.52.

## VIII RECOMENDACIÓN

- Incluir en el programa de fertilización del productor el producto orgánico Bacter Suelo para que obtenga mejores rendimientos.
- Realizar pruebas utilizando el producto Bacter Suelo aplicado vía fertirriego en cada fertilización que el productor realice.
- Socializar los resultados con productores de la región oriente para el uso de la tecnología validada de Fertilización química orgánica al suelo en tomate para obtener mejores rendimientos en el cultivo.

## IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Candel, MM. Cultivo de tomate (en línea, sitio web). Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: <http://www.mcandel.es/productos/tomate>

CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.). 2016. La desertificación del suelo (en línea). México. Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: <http://www.ciad.mx/rss/1555-la-desertificacion-del-suelo.html>

.DanTec S.A. (Distribuciones agrícolas Nicaragua y tecnología). Tratamiento de suelos desertificados por contaminación por agroquímicos, utilizando la tecnología bacter. Nicaragua.

Deguate.com.2014. Producción de tomate en Guatemala (en línea, sitio web). Consultado 10 agosto 2020 Disponible en: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-tomate-en-guatemala.shtml>

Fernández Lozano, A. 2012. Componentes de calidad en el tomate (en línea). Revista Énfasis. Consultado 11 agosto 2020. Disponible en: <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/65722-componentes-calidad-el-tomate>

FOBOMADE (Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo). 2014. Bolivia: centro de origen y diversidad de innumerables cultivos (en línea, sitio web). Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: [http://www.biodiversidadla.org/Portada\\_Principal/Documentos/Bolivia\\_centro\\_de\\_origen\\_y\\_diversidad\\_de\\_innumerables\\_cultivos\\_\\_Aportes\\_en\\_el\\_Ano\\_Internacional\\_de\\_la\\_Agricultura\\_Familiar](http://www.biodiversidadla.org/Portada_Principal/Documentos/Bolivia_centro_de_origen_y_diversidad_de_innumerables_cultivos__Aportes_en_el_Ano_Internacional_de_la_Agricultura_Familiar)

Green Facts. 2005. Desertificación de los suelos (en línea). Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion/desertificacion-greenfacts-level2.pdf>

Guía Urbana.2007. La desertificación del suelo (en línea, sitio web). Consultado 11 agosto 2020. Disponible en: <http://www.guia-urbana.com/contaminacion/la-desertificacion-del-suelo.php>

Haifa Pionering the Future. 2014. Recomendaciones nutricionales para tomate (en línea). Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: [http://www.haifa-group.com/thai/files/Languages/Spanish/Tomate\\_2014.pdf](http://www.haifa-group.com/thai/files/Languages/Spanish/Tomate_2014.pdf)

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala). 1981 Metodología de difusión, adopción y comprobación de tecnología. IICA. Guatemala ICTA. 58 p. (En línea) consultado 11 agosto 2020. Disponible en <https://books.google.com.gt/books?id=UdUOAQAAIAAJ&pg=PA85&lpg=PA85&dq=icta+1981&source=bl&ots=REha7xC98i&sig=ACfU3U3P40d8OcJVrqDQyzq-yvQ6PEVFPg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjt2p2moM3nAhWhxVkkHR5dDzMQ6AEwCHoECAoQAQ#v=onepage&q=icta%201981&f=false>

ITIS (Integrated Taxonomic Information System). 2020. *Solanum lycopersicum* taxonomic serial no. 521671 (en línea). Estados Unidos de América. Consultado 11 agosto 2020. Disponible en [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=521671#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=521671#null)

Menchu, MT; Mendez, H. 2011. Analisis de la situación alimentaria en Guatemala. INCAP. 54p. Organización panamericana de la salud.

Ovando, N. Alai (América latina en movimiento). 2017. Contaminación de los suelos por productos químicos (en línea, sitio web). Consultado 10 agosto 2020. Disponible en: <http://www.alainet.org/es/articulo/186630>

Radulovich , R., & Karremans, J. (1993). Validacion de tecnologias en sistemas agricolas. En R. Radulovich, & J. Karremans, *Validacion de tecnologias en sistemas agricolas*. Turrialba, Costa Rica: Artes Finales. 103 p. (En línea) Consultado 11 agosto 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo\\_Radulovich/publication/44503825\\_Validacion\\_de\\_tecnologias\\_en\\_sistemas\\_agricolas\\_Ricardo\\_Radulovich\\_Jan\\_A\\_J\\_Karremans/links/55b28f8608aed621ddfe10cc.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Radulovich/publication/44503825_Validacion_de_tecnologias_en_sistemas_agricolas_Ricardo_Radulovich_Jan_A_J_Karremans/links/55b28f8608aed621ddfe10cc.pdf)

Tapia, L. Ministerio del Ambiente Ecuador. 2014. Desertificación y degradación de la tierra (en línea). Consultado 11 agosto 2020. Disponible en: [http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/am\\_045\\_aan\\_ddts\\_0104141.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/am_045_aan_ddts_0104141.pdf)

Tjalling Holwerda H. SQM (The WorldWide Bussines Formula). Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. Australia. University of Adelaide, Australia. 83p.

Vera Ortiz, J. 2012 Ecología y medio ambiente, la contaminación del suelo (en línea, sitio web). Consultado 8 agosto 2020. Disponible en: <http://yomavera.blogspot.com/2012/11/contaminacion-del-suelo.html>

## X ANEXOS

**Anexo 1.** Rendimientos finales de Validación de la fertilización química orgánica al suelo en tomate en el departamento de Chiquimula

Localidad	Validación kg/ha	Productor kg/ha	Cajas/ha	Cajas/ha	Incremento de la validación
1	57006	50304	2280	2012	13.32
2	66774	63821	2671	2553	4.63
3	51424	32992	2057	1320	55.87
4	50457	30659	2018	1226	64.57
5	61142	34824	2446	1393	75.57
6	57363	35485	2295	1419	61.65
7	73939	67018	2958	2681	10.33
8	74000	67285	2960	2691	9.98
9	89576	65424	3583	2617	36.92
10	89333	65606	3573	2624	36.17
<b>Media</b>	67101.4	51341.8	2684	2054	30.70

**Anexo 2.** Costos de producción en parcela de validación de tecnología.

<b>EGRESOS - VALIDACION</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub Total</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1. RENTA (valor de la tierra)</b>					Q2,000.00
Arrendamiento	1	Ha	Q2,000.00	Q2,000.00	
Cobertura cultivo	0		Q0.00	Q0.00	
<b>2. MECANIZACIÓN</b>					Q4,000.00
Preparacion del terreno				Q4,000.00	
<b>3. MANO DE OBRA</b>					Q11,220.00
Trazada y ahoyado	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Transplante	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Aplicación producto organico	20	jornales	Q60.00	Q1,200.00	
Control de plagas y enfermedades	32	jornales	Q60.00	Q1,920.00	
Tutorado con pita	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Control de malezas	8	jornales	Q60.00	Q480.00	
Cosecha	45	jornales	Q60.00	Q2,700.00	
Clasificacion de frutos	10	jornales	Q60.00	Q600.00	
<b>4. INSUMOS</b>					Q85,980.60
Mulch (acolchado)	7	rollos	Q450.00	Q3,150.00	
Manguera riego 12 mm	5	rollos	Q1,440.00	Q7,200.00	
Pilón	17858	pilón	Q0.70	Q12,500.60	
Pita	96	rollos	Q82.00	Q7,872.00	
Estacas	5480	estacas	Q1.25	Q6,850.00	
Fertilizantes hidrosolubles	1	kilos	Q22,482.00	Q22,482.00	
Regulador pH	1	litros	Q1,160.00	Q1,160.00	
Insecticidas	1	litro/kilo	Q9,868.00	Q9,868.00	
Fungicidas	1	litro/kilo	Q9,756.00	Q9,756.00	
Bacter Suelo	85.7	litros	Q60.00	Q5,142.00	
	0		Q0.00	Q0.00	
<b>5. SERVICIOS</b>					Q12,930.80
Mantenimiento sistema de riego				Q3,000.00	
Transporte de producto	2684.00	cajas	Q3.70	Q9,930.80	
<b>TOTAL</b>					Q116,131.40
Imprevistos (5%)					Q5,806.57
Intereses (1.5%)					Q8,709.86
<b>TOTAL EGRESOS</b>					<b>Q130,647.83</b>

**Anexo 3.** Costos de producción en parcela de productor.

EGRESOS - PRODUCTOR	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Sub Total	TOTAL
<b>1. RENTA (valor de la tierra)</b>					Q2,000.00
Arrendamiento	1	Ha	Q2,000.00	Q2,000.00	
Cobertura cultivo	0		Q0.00	Q0.00	
<b>2. MECANIZACIÓN</b>					Q4,000.00
Preparacion del terreno				Q4,000.00	
<b>3. MANO DE OBRA</b>					Q9,240.00
Trazada y ahoyado	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Transplante	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Aplicación producto organico	0	jornales	Q60.00	Q0.00	
Control de plagas y enfermedades	32	jornales	Q60.00	Q1,920.00	
Tutorado con pita	24	jornales	Q60.00	Q1,440.00	
Control de malezas	8	jornales	Q60.00	Q480.00	
Cosecha	34	jornales	Q60.00	Q2,040.00	
Clasificacion de frutos	8	jornales	Q60.00	Q480.00	
<b>4. INSUMOS</b>					Q80,838.60
Mulch (acolchado)	7	rollos	Q450.00	Q3,150.00	
Manguera riego 12 mm	5	rollos	Q1,440.00	Q7,200.00	
Pilón	17858	pilón	Q0.70	Q12,500.60	
Pita	96	rollos	Q82.00	Q7,872.00	
Estacas	5480	estacas	Q1.25	Q6,850.00	
Fertilizantes hidrosolubles	1	kilos	Q22,482.00	Q22,482.00	
Regulador pH	1	litros	Q1,160.00	Q1,160.00	
Insecticidas	1	litro/kilo	Q9,868.00	Q9,868.00	
Fungicidas	1	litro/kilo	Q9,756.00	Q9,756.00	
Bacter Suelo	0	litros	Q60.00	Q0.00	
	0		Q0.00	Q0.00	
<b>5. SERVICIOS</b>					Q10,599.80
Mantenimiento sistema de riego				Q3,000.00	
Transporte de producto	2054.00	cajas	Q3.70	Q7,599.80	
<b>TOTAL</b>					Q106,678.40
Imprevistos (5%)					Q5,333.92
Intereses (1.5%)					Q8,000.88
<b>TOTAL EGRESOS</b>					<b>Q120,013.20</b>



**Anexo 4.** Boleta de Evaluación de aceptación validación ICTA, establecida por el Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas.

<b>Tecnología probada</b>		<b>VALIDACION DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA AL SUELO EN TOMATE DETERMINADO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA</b>	<b>No. Boleta:</b>
<b>Coordenadas geográficas</b>		<b>Lat:            Long:</b>	<b>Responsable:</b>
<b>Nombre del Agricultor</b>			<b>Fecha:</b>
<b>Localización de la parcela</b>		<b>Comunidad: Departamento:</b>	<b>Municipio:</b>
1	¿Cómo califica la fertilización química orgánica propuesta por el CRIA?	<i>Observaciones:</i>	Excelente ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Muy malo ( )
2	¿Qué problemas o desventajas presentó para usted la fertilización química orgánica probada en su sistema de cultivo?		
3	¿Qué ventajas observa en la fertilización química orgánica probada por CRIA?		
4	¿Cumple la fertilización química orgánica probado por CRIA, sus expectativas en rendimiento del cultivo?	Sí___ No___ Por qué	
5	¿Haría modificaciones a la fertilización química orgánica probada por CRIA?	Sí___ No___ Por qué	
6	¿Le recomendaría la fertilización química orgánica probada a otro productor?	Sí___ No___ Por qué	
7	¿Utilizará la fertilización química orgánica de CRIA para su próximo ciclo de cultivo?	<i>Observaciones:</i>	Probablemente sí ( ) Definitivamente sí ( ) Probablemente no ( ) Definitivamente no ( )
8	Observaciones no consideradas en los incisos del 1 al 7 sobre la fertilización hidrosoluble probada por CRIA		

**Anexo 5. Aplicación de producto Bacter Suelo en parcelas de validación.**





**Anexo 6.** Desarrollo de cultivo localidad San Isidro, Ipala.





**Anexo 7. Desarrollo de cultivo localidad Ipala.**





**Anexo 8. Desarrollo de cultivo Localidad de Olopita, Esquipulas**



### Anexo 9. Desarrollo de cultivo localidad de Atulapa, Esquipulas





## Anexo 10. Desarrollo de cultivo localidad de Chiquimula





### Anexo 11. Cosecha





