



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Planeación Urbana y Regional



"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FERTILIZANTES
QUÍMICOS Y ORGÁNICOS EN EL SUELO, CASO DE ESTUDIO:
CULTIVO DE JITOMATE EN INVERNADERO TIPO TÚNEL"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A :

KARINA GÓMEZ PATIÑO

DIRECTORES:

Dra. en C. A. y R. N. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

Ing. ISRAEL GUSTAVO REYES REYES

Toluca de Lerdo, Estado de México; Octubre del 2013.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a la Dra. en C. A. y R. N. Julieta G. Estrada Flores por su apoyo incondicional en todo el proceso del trabajo, por hacerlo suyo, por sus consejos y dedicación de principio a fin.

Al Ing. Israel G. Reyes Reyes, por sus aportaciones, sugerencias y consejos que ayudaron a consolidar el tema de investigación.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) por las facilidades otorgadas, en especial a las laboratoristas Ma. De Lourdes Maya Salazar y Laura E. Martínez Contreras por su apoyo en la etapa de laboratorio.

Al señor Cruz y a Octavio Inclán, por su tiempo, consejos y sobretodo apoyo en la fase de campo.

A Angélica Gil Flores, por el apoyo incondicional brindado a lo largo del trabajo de investigación, porque este trabajo no hubiera salido adelante sin tu ayuda.

A *las lobas*, que fueron mi familia durante esos 4 años de carrera, que me ayudaron a forjar mi carácter que hoy me permite vencer obstáculos hasta lograr mis metas y ayudaron a consolidarme como una profesionista.

A mis maestros, Balam Ortiz, Emma Carmona, José Juan, Adriana Guerrero, Marco Antonio Barranco, Rogelio Colín, Alejandra Colín, Ricardo Farfán, por mencionar algunos, que han sido pilares en mi formación académica y personal, gracias por sus consejos y enseñanzas.

Dedicatoria

A mi mamá, la Sra. Susana Manuela Patiño García, por todo el apoyo que me ha brindado en cada uno de mis proyectos, por dejarme soñar, por motivarme a continuar y no perecer, por ser un ejemplo de fortaleza y por todo el amor que le tengo.

A mi papá, el Sr. Delfino Gómez Melchor, por su apoyo y trabajo incansable para lograr verme como una profesionista, por el ejemplo que me ha dado de luchar hasta conseguir mis metas; con todo mi amor.

A mis hermanos, Iván, Emilio, Jorge, Ricardo, Alfredo y Daniela que han sido un verdadero ejemplo a seguir, por su apoyo, comprensión y consejos, por creer en mí y estar siempre a mi lado. Esto va para ustedes.

A Daniel, Giovanna y a mis pequeños polluelos, que son mi motivación de cada día la razón de luchar, de no dejarme vencer y por todo el amor que les tengo.

A mis cuñadas, Lore y Bety, sobre todo a ti que te has preocupado tanto por mí, por mi formación y desarrollo profesional.

A mis tíos Alfredo Patiño, Gerardo Patiño, Delfino Patiño, Arturo Patiño, Bertha Patiño, Lucy Patiño, Marcela Gonzáles, Virginia Gómez y a todos mis primos, que sé que cuento con ellos, con mucho cariño para ustedes.

A mis amigos, Flor, Cristian, Aldo, Lety, Monse, Esme, Angélica, Giovanni, Víctor, Carlos Aldi, Elena, Josué, Quino, Beto y a los que faltan por mencionar pero que han estado presentes en mi vida, porque no me dejaron vencer y motivaron a continuar, por quererme y aceptarme como soy.

Índice

Índice de cuadros	VI
Índice de imágenes	VI
Índice de gráficas	VI
Resumen	1
Summary	2
Introducción	3
Justificación	5
Planteamiento del problema	6
Hipótesis	8
OBJETIVOS	9
<i>Objetivo General</i>	9
<i>Objetivos particulares</i>	9
1.- MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	10
1.1 <i>Antecedentes</i>	10
1.2 <i>Historia de la Agricultura</i>	13
1.2.1 <i>Inicios del uso de fertilizantes industriales</i>	13
1.3 <i>Origen de la Agricultura Orgánica</i>	15
1.3.1 <i>Características de la Agricultura Orgánica</i>	16
1.3.2 <i>Ventajas de la agricultura orgánica</i>	17
1.3.3 <i>Producción orgánica en México</i>	17
1.4 <i>Marco Legal</i>	18
1.4.1 <i>Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos</i>	19
1.4.2 <i>Ley Agraria</i>	20
1.4.3 <i>Ley de desarrollo rural sustentable</i>	20
1.4.4 <i>Ley de productos orgánicos</i>	20
1.4.5 <i>Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995</i>	20

2.- MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1 Selección del lugar.....	22
2.2 Diseño experimental	22
2.3. Cultivo de Jitomate.....	24
2.3.1. Análisis del suelo previo a la siembra	24
2.3.2 Preparación de la tierra.....	25
2.3.4 Transplante	26
2.3.5 Distanciamiento, densidad y arreglo espacial	26
2.3.6 Riego	27
2.3.7 Fertilización.....	27
2.3.8 Prácticas culturales.....	28
2.3.8.1 Tutorio	28
2.3.8.2 Poda	29
2.3.8.3 Control de Malezas	29
2.3.8.4 Manejo Integral de Plagas	29
2.3.9 Cosecha.....	30
2.3.10 Análisis del jitomate	30
2.3.11 Muestreo del suelo al finalizar el ciclo.....	31
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1 Calidad física y química del suelo	32
3.2 Análisis Estadístico del Fruto	45
3.2.1 Cosecha Total.....	45
3.2.2 Análisis Físicos del Fruto	46
3.2.3 Análisis Bromatológico.....	47
4.- Conclusiones	51
5.- Recomendaciones	52
Literatura Citada.....	53
Anexos	58

Índice de cuadros

Cuadro 1: Contenido de nutrientes totales	32
Cuadro 2: Análisis físico y químico.....	38
Cuadro 3: Bases intercambiables.....	41
Cuadro 4: Textura	43
Cuadro 5: Valores promedio para las variables peso de fruto, longitud y diámetr. 46	
Cuadro 6: Humedad y Ceniza del fruto	47
Cuadro 7: Análisis nutricional del fruto	48

Índice de imágenes

Imagen 1: Diseño experimental.....	22
Imagen 2: Análisis de laboratorio	24
Imagen 3: Preparación del terreno	25
Imagen 4: Plántula de Jitomate	26
Imagen 5: Arreglo espacial.....	26
Imagen 6: Elaboración del bocashi	27
Imagen 7: Tutorio de las plantas de jitomate.....	29
Imagen 8: Manejo integral de plagas	30
Imagen 9: Frutos cosechados	30
Imagen 10: Análisis del fruto	31

Índice de gráficas

Gráfica 1: Concentración inicial y final de Nitrógeno	33
Gráfica 2: Concentración inicial y final de Fósforo	34
Gráfica 3: Concentración inicial y final de Potasio.....	35
Gráfica 4: Porcentaje de humedad inicial y final.....	37
Gráfica 5: Porcentaje de materia orgánica contenida en el suelo	40
Gráfica 6: Número de individuos totales de jitomate por tratamiento	45

Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló en un invernadero tipo túnel en el municipio de Zinacantepec Estado de México, en el periodo verano-invierno (2012-2013). El objetivo fue evaluar el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las características del suelo y en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de invernadero, para ello se compararon seis tratamientos: T1 la planta se fertilizó con bocashi, T2 la planta fue tratada con fertilizante químico en tres etapas crecimiento (12-11-18), floración (15-3-20) y producción (KNO_3), T3 fue la planta testigo, los siguientes tratamientos se establecieron para observar la interacción de los fertilizantes en el suelo sin la planta de jitomate, T4 recibió fertilizante orgánico tipo bocashi, T5 fertilizante químico y por ultimo T6 el suelo testigo. Para evaluar el efecto de los fertilizantes en el fruto se tomó en cuenta peso y tamaño del fruto así como contenido de grasa, proteína y fibra.

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) en las características del suelo, excepto en nitrógeno ($P=0.017$) entre tratamientos en humedad ($P=0.009$) al iniciar y al finalizar el experimento. El jitomate es diferente en peso ($P=0.006$), longitud ($P=0.031$), diámetro ($P=0.036$), grasa ($P=0.024$) y proteína ($P=0.004$).

El uso del fertilizante orgánico tipo bocashi es una medida viable en la producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) ya que a la larga tendrá impactos positivos en el suelo donde se desarrolle el cultivo, tiene un mejor rendimiento que el fertilizante químico en el número de frutos y de son de mayor tamaño.

Palabras claves: fertilizante orgánico tipo bocashi, fertilizante químico, jitomate, suelo.

Summary

The place work of investigation was developed in a greenhouse tunnel type in Zinacantepec, Estado de México, in the summer - winter seasons (2012-2013). The aim was to evaluate the effect of the organic and inorganic fertilizers in the soil characteristics and in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivation in conditions of greenhouse; six treatments were compared for this propose. T1 plant was fertilized with bocashi, T2 plant was treated by chemical fertilizer in three stages, growth (12-11-18), flowering (15-3-20) and production (KNO_3), T3 was the witness plant. The following treatments were established to observe the interaction and the effect of the fertilizers in the soil without the plant of tomato, T4 organic fertilizer received bocashi type, T5 chemical fertilizer and finally T6 the witness soil. Indicators such as weight, fruit size as well as content of fat, protein and fiber were taken into consideration to evaluate the effect of the fertilizers in the fruit.

Differences ($P > 0.05$) were not found in terms of characteristics of the soil, except in nitrogen ($P=0.017$) between treatments in dampness ($P=0.009$) on having initiated and on having finished the experiment. The tomato is different in weight ($P=0.006$), length ($P=0.031$), diameter ($P=0.036$), fat ($P=0.024$) and protein ($P=0.004$).

The use of the organic fertilizer bocashi type is a viable measure in the production of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) since eventually it will have positive impacts on the soil where the agriculture is developed, it had a better performance than using a chemical fertilizer which hand a low production of tomato and size was considerably out of standards as well.

Key words: organic fertilizer bocashi type, chemical fertilizer, tomato, soil.

Introducción

El suelo como factor esencial en la productividad agrícola, es el sustrato más común para el crecimiento y la nutrición balanceada de las plantas. Se generan además en él, múltiples estímulos de carácter ambiental que afectan la fisiología de las raíces, provocando variaciones químicas y físicas del suelo (contenido de humedad, densidad aparente, pH, CIC, temperatura, etc.) pero sobre todo en las biológicas; dentro de dicha asociación se conocen relaciones complejas entre la planta, los microorganismos y el suelo aledaño, cuando alteramos algún factor al adicionar fertilizantes sintéticos y agroquímicos, el laboreo, la eliminación de nichos naturales en el paisaje rural, la ampliación de áreas agrícolas, el monocultivo rompe el equilibrio natural del suelo afectando las relaciones y se afectan las poblaciones, la multiplicación y su distribución en el sistema generando pérdida de fertilidad y la erosión de suelos (Matamoros-López, 2003).

En México alrededor del 85% de los cultivos son tratados con fertilizantes químicos; se entiende por fertilizante a toda sustancia que se añade a la tierra con objeto de aumentar las reservas alimenticias utilizadas por las plantas (Sánchez-Nava, 2007). Existen 16 elementos químicos alimentarios para las plantas, conocidos como los que se requieren para obtener el máximo desarrollo de las mismas. De éstos, 13 provienen de la tierra, los otros 3 (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno) se obtienen del aire y del agua. Los elementos de la tierra que necesitan las plantas pueden hallarse en forma insoluble que éstas no los pueden utilizar. El nitrógeno y otros elementos químicos que se hallan en la materia orgánica no pueden ser aprovechados por las plantas hasta que la materia orgánica se descomponga y los elementos se liberen en forma inorgánica (Manual de Fertilizantes, 1990).

Lo más recomendable es el uso de fertilizante orgánicos, mejor conocidos como abonos orgánicos, que son aquellos materiales derivados de las actividades del campo como residuos de cultivos, de árboles y arbustos, deyecciones y estiércoles animales; previo a su aplicación deben pasar por una descomposición

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

biológica, para que en forma y dosis adecuadas mejoren las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, ésta es la forma más natural de fertilizarlo; y posee ventajas como la fertilidad, evitan la formación de costras superficiales, mejoran las condiciones de las cosechas, los cultivos son menos vulnerables a plagas o enfermedades, los nutrientes son liberados lentamente lo que evita pérdida por lixiviación y los costos son bajos.

En general, el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados (Armenta *et al.*, 2001), los cuales han probado afectar negativamente al medio ambiente (Gallardo *et al.*, 2009), dando como resultado la degradación del suelo expresado en la contaminación, compactación, salinización y erosión. Ante la preocupación de la degradación por contaminación con agroquímicos, la agricultura de monocultivo y la deforestación, el recurso suelo se une a las 21 temáticas ambientales prioritarias (TAP) propuestas por la ONU para trabajar en pro de la conservación de suelos.

Para fines de esta investigación se ha optado por evaluar el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las características del suelo y en el cultivo de jitomate en condiciones de invernadero, en el Municipio de Zinacantepec; puesto que es un producto de gran importancia para la vida del mexicano, tanto en su dieta diaria como para su comercio y que mejor que poderlo cultivar en túnel, donde se pueden adaptar las características climáticas idóneas para su producción.

Justificación

La importancia del presente trabajo fue evaluar los efectos en el suelo por el uso de un fertilizante orgánico y uno inorgánico en un cultivo de jitomate con la finalidad de cubrir directamente una de las 21 temáticas ambientales prioritarias (TAP) propuestas por la ONU que son la manifestación evidente de la crisis ambiental en la que estamos inmersos. La temática suelo surge ante la preocupación de la degradación por contaminación con agroquímicos, la agricultura de monocultivos y la deforestación; la desertificación consiguiente, entre otros (SEMARNAT, 2011). Indirectamente están ligadas temáticas como la biodiversidad, contaminación y salud humana. Al incrementar la disponibilidad de nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos se introducen al suelo fertilizantes, en su mayoría químicos que resultan dañinos a largo plazo no solo para el ambiente si no para el hombre. Es por ello que se requiere una alternativa, el uso de fertilizantes orgánicos.

Es importante encontrar el equilibrio en la producción de nuestros alimentos sin poner en riesgo la calidad del ambiente y las necesidades de la población, para ello se plantea la posibilidad de dejar de lado todo agroquímico e implementar nuevas técnicas, o bien, técnicas ancestrales como lo es el uso de abonos orgánicos, que al ser naturales y reintegrarse al suelo brindan una mejor estructura química y biológica, por tanto una mayor productividad ya que estos se encargan de nutrir el suelo para que éste a su vez realice el trabajo de nutrir los cultivos.

Ésta propuesta se enfoca, en un primer momento a la recuperación del sentido originario de la existencia como una con-vivencia, en relación hombre naturaleza (González-Carmona y Panchí-Vanegas, 2010).

Planteamiento del problema

La agricultura de la revolución verde ha deteriorado los recursos naturales afectando también la salud de los trabajadores agrícolas y consumidores. El efecto social de este deterioro se traduce en pobreza y como consecuencia en el abandono de las tierras cultivables y emigraciones a las ciudades.

En la actualidad ya no se trata de sólo explotar materias primas o bienes primarios, sino que los mismos campesinos ahora se venden con base en una mayor eficiencia empresarial, por lo mismo las explotaciones agrícolas en la actualidad están dominadas por requerimientos tecnológicos internacionalmente estandarizados (Macías-Macías, 2003). Sin tomar en cuenta que las plantas solamente requieren la presencia de luz, temperatura, aire, agua, nutrientes y microorganismos, los cuales a excepción de la luz, el suelo los proporciona. Por tanto el suelo, como lo menciona Ruiz-Figueroa (1996), es el recurso natural del que el hombre obtiene casi la totalidad de sus alimentos, la sobreexplotación ha llevado a la degradación del mismo, éste es un fenómeno acentuado y alarmante, que se expresa en las diferentes formas de degradación de la tierra como la erosión, salinización, lixiviación, degradación física y biológica, contaminación y pérdidas de tierra; en el caso de la agricultura han sido consecuencia del uso excesivo de agroquímicos, tal situación ha puesto en riesgo la producción del campo.

Ante tal problemática, la agricultura orgánica ofrece alternativas viables de producción adecuadas a cada zona, para recuperar y conservar los recursos, así como la independencia a insumos industrializados, dando como resultado un mejoramiento en la calidad de vida.

Tras la importancia del Jitomate en la dieta del mexicano por su alto contenido de vitaminas y minerales, su versatilidad, tanto en el consumo fresco del fruto, como de manera industrial, por ser la hortaliza más cultivada a nivel mundial y porque México es considerado el principal centro de domesticación, se abordó su

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

producción con la peculiaridad de ser tratado con un fertilizante químico y otro orgánico poder determinar el efecto de los fertilizantes en el suelo y ver como se ve beneficiado, se desarrolló en un túnel en Zinacantepec, Estado de México, para evitar bajas temperaturas y la incidencias de plagas y enfermedades.

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Hipótesis

El uso de abono orgánico en comparación con la fertilización química, mejora las características físicas y químicas del suelo, consecuentemente el rendimiento y calidad del cultivo de jitomate bajo invernadero tipo túnel.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de dos tipos de fertilizantes sobre las características del suelo y en el cultivo de jitomate en condiciones de invernadero, en el Municipio de Zinacantepec.

Objetivos particulares

- Evaluar la calidad del suelo antes y después de la aplicación de un fertilizante industrial y uno orgánico (bocashi) en el cultivo de jitomate, por medio de un análisis físico y químico que determine humedad, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, densidad aparente y textura del suelo, así como la cantidad de macronutrientes contenido en el suelo (N, P, K).
- Evaluar la eficiencia de un fertilizante industrial y uno orgánico (bocashi) por medio del número de frutos por planta, tamaño, peso, longitud y diámetro por individuo.
- Identificar el tipo de fertilizante que mejora la producción del jitomate de invernadero y que no afecta la calidad del suelo.

1.- MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes

Los trabajos que a continuación se enuncian tienen una característica en común, son alternativos, el mismo cultivo (jitomate), es tratado con distintos sustratos orgánicos, los resultados son positivos elevando la calidad de la cosecha y de todo el proceso de producción comparándolo con un tratamiento químico y por ende reduciendo el impacto negativo en el ambiente.

Cano *et al.* (2004) dio a conocer la producción orgánica de jitomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. El primer experimento se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna durante 2001–2002 en el ciclo otoño-invierno, para evaluar el desarrollo de jitomate bola en un medio de crecimiento que se derivó de la mezcla arena-vermicomposta a diferentes niveles, bajo condiciones controladas. Las mezclas de vermicomposta-arena se recombinaron con los híbridos de jitomate bola Andre y Adela. El segundo experimento se llevó a cabo durante el otoño-invierno del 2002-2003 y se estableció en el Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP).

Los resultados obtenidos también superan en rendimiento a los reportados por Rodríguez-Fuentes (2002), en el cual evaluó genotipos de jitomate en invernadero, y reportó un rendimiento para el genotipo Andre de 91.7 ton/ha. Por otro lado, en este experimento se encontraron rendimientos similares a los obtenidos por Aguilar (2002), quien reporta para el genotipo Andre 173.7 ton/ha mientras que en este experimento se obtuvo 170.5 ton/ha. con el nivel 12.5 % de vermicomposta.

Los resultados muestran diferencias para todas las fuentes de variación, incluyendo la triple interacción, es decir, que existe un efecto conjunto entre las tres variables, en donde el testigo fue el de mayor rendimiento con 78.32 t ha⁻¹.

Lo anterior implica que se puede producir orgánicamente y se deben ajustar las cantidades de vermicomposta y riego para elevar los rendimientos. Cabe señalar que no hubo gasto en fertilizantes y no hubo contaminación por ellos, además, del

sobrepeso que se genera por la venta de un producto cultivado orgánicamente, que puede alcanzar al menos un 40%.

Por otro lado Capulín-Grande *et al.* (2005) manejaron la producción de jitomate con estiércol líquido de bovino, acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. Los estiércoles líquidos, comúnmente conocidos como purines, se obtienen a partir de excrementos de ganado mayor y menor. Son excrementos de animales, diluidos en el agua, que se obtienen al realizar la limpieza de sus alojamientos. Estos materiales se barren, se recogen o se arrastran con agua para almacenarlos en depósitos donde se guardan hasta que son usados (Simpson, 1986). La utilización del estiércol en fresco y específicamente de la fracción líquida (purines), aplicada al suelo directamente o por medio del fertirriego, ya sea en riego por goteo o hidroponía para la nutrición de cultivos, es una práctica que ofrece varias ventajas, ya que el estiércol contiene todos los nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal. Este material líquido es muy manejable pues contiene sólo 5 a 7% de material sólido. Además, permite la reutilización de los nutrientes, ya que más de 50% de éstos se acumulan en el agua y ayudan a reducir la contaminación que pudieran generar estos materiales en los cauces naturales y depósitos de agua.

La fracción líquida del estiércol, usada como solución nutritiva, es una fuente importante de nutrientes para las plantas en hidroponía; sin embargo, requiere de un acondicionamiento previo para abatir su pH y su alta salinidad reflejada en su elevada conductividad eléctrica (CE). El ensayo, en una primera fase, consistió en probar el uso de ácidos cítrico y fosfórico para reducir el pH del extracto líquido de estiércol bovino (ELEB) con dos valores de CE (1.8 y 3.6 dS m⁻¹). En la segunda fase, se usaron ácido nítrico, ácido fosfórico y la mezcla de ambos para abatir el pH del ELEB. Además, el ELEB se complementó en su contenido nutricional con nitrato de calcio, sulfato de potasio y Fe-EDTA. Los resultados, en la primera fase, muestran superioridad del ácido fosfórico como acidulante, debido a una mayor altura, rendimiento, número de frutos y contenido de clorofila. En la segunda fase, aunque no hubo diferencias entre acidulantes para altura de

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

plantas, número de frutos y peso unitario del fruto, el mejor acidulante fue la mezcla de ácidos nítrico y fosfórico (relación 2:1), obteniéndose con ella los mayores valores en rendimiento, número de inflorescencias, número de entrenudos y diámetro del fruto.

Rodríguez-Dimas *et al.* (2008) realizaron un estudio de producción de jitomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato bajo condiciones de invernadero, evaluaron dos híbridos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Big Beef y Miramar, en tres sustratos: S1 vermicomposta mas arena, en proporción 1:1 (v:v) mas micronutrientos quelatizados; S2 vermicomposta mas arena, sin micronutrientos; y el testigo S3 arena más solución nutritiva inorgánica, se encontró que el uso de la vermicomposta+ arena+ quelato puede ser una opción viable para producir jitomate orgánico en invernadero.

En 2010 se realizó un nuevo trabajo bajo condiciones de invernadero, donde se evaluaron diferentes sustratos: aserrín de pino, composta de estiércol de ovino, tierra agrícola y tezontle rojo; en el crecimiento, y rendimiento del jitomate. La mezcla aserrín-composta afectó en mayor respuesta las variables altura 4.61 m, grosor del tallo 2.1 cm, frutos de mayor peso 107.8 g, y rendimiento por planta de 4 kg y 25 kg/m². Sin embargo, el número de flores y de racimos fue mayor en el sustrato aserrín, por lo que la mezcla aserrín-composta puede ser una opción viable para producir jitomate en invernadero (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

La producción de jitomate no sólo se presenta bajo condiciones de invernadero, también en cielo abierto. Villegas-Cota *et al.* (2004) analizaron ambas condiciones, concluyeron que es mejor en invernadero, puesto que la planta se ve menos afectada al estrés o bien a ser atacado por alguna plaga. El jitomate de invernadero puede ser más caro debido al mantenimiento requerido, pero la inversión puede recuperarse ya que la calidad obtenida puede ser mayor comparada con los de cielo abierto.

A partir de esta revisión, el presente trabajo adquiere un sustento real; ya se comprobó que el jitomate con sustratos orgánicos es viable, y a su vez que el jitomate de invernadero es sostenible, por tanto al hacer una fusión de ambas características se logró tener una mejor producción y calidad en el jitomate orgánico de invernadero.

1.2 Historia de la Agricultura

Desde tiempos remotos, la humanidad encontró en la actividad agrícola su principal fuente de abasto y subsistencia, con base en complejas relaciones socio-ambientales y en diferentes formas de organización social. Desde hace por lo menos diez mil años nace la agricultura, como respuesta de los cazadores-recolectores a la satisfacción de una necesidad, el alimento, puesto que la recolección no era suficiente y la caza demasiado peligrosa (Rojas-Canales y Pons-Gutiérrez, 1996). Sin duda la agricultura ha sido uno de los mejores descubrimientos del hombre y sin saberlo de momento, se descubrió la base de la humanidad, al inicio era muy simple; sin embargo, con el paso del tiempo la técnica fue mejorando hasta llegar a la que ahora se conoce, una agricultura industrializada; y pensar que todo tiene su origen desde que el hombre aparece y tienen contacto con la naturaleza, descubre y aprende de las plantas, las que pueden ser comestibles o bien, las que tienen otro tipo de efecto como medicinales o alucinógenas (Hernández-Xolocotzi, 1985).

1.2.1 Inicios del uso de fertilizantes industriales

Según los historiadores, el hombre utilizó al estiércol como uno de los primeros abonos, los huesos de animales, las cenizas de madera, los desperdicios vegetales, el guano, el pescado, la cal y la marga (tipo de roca sedimentaria), también fueron utilizados. En el transcurso del tiempo, el hombre empleó todos aquellos materiales que, de una u otra manera, consideró que podían servir para aumentar los rendimientos de la tierra. Como la demanda de productos agrícolas iba aumentando con una celeridad asombrosa, estos abonos fueron insuficientes, lo que obligó al hombre a buscar métodos para crear sustancias que pudieran

emplearse como fertilizantes, y así suplir la escasez de abonos naturales que se tenía. De esta manera nació la industria de los fertilizantes, que inició aproximadamente a mediados del siglo XIX, época en que los químicos Justus Von Liebig (alemán) y Thomas Green Glemson (estadounidense) demostraron que existía la necesidad imperiosa de suministrar Nitrógeno, Fósforo y Potasio a las plantas para poder obtener óptimos frutos en las cosechas. En México no fue hasta el año 1943 cuando el Gobierno ordenó a Nacional Financiera promover la creación de una empresa que se dedicara a desarrollar técnicamente, y en exclusividad, la explotación del guano en forma sistemática, y que propagará su empleo en la agricultura, pero no funcionó, por lo que esta empresa se abocó a la construcción de plantas para producir fertilizantes químicos (Sánchez-Nava, 2007).

Rudolf Steiner, observó en Europa el descenso del valor nutritivo y de los rendimientos de las cosechas y atribuyó este descenso al uso reciente de fertilizantes y pesticidas químicos. También notó un aumento en el número de cultivos afectados por las enfermedades y plagas. Comprendió que los fertilizantes empleados no eran alimentos completos para las plantas sino simples nutrientes físicos en forma de sales solubles. Inicialmente sólo se utilizaba Nitrógeno para estimular el crecimiento, más tarde, se inició el uso de Fósforo y Potasio para fortalecer a las plantas y reducir las enfermedades y las plagas [...] éste intento pudo haber sido exitoso si los fertilizantes no hubieran causado varios cambios químicos en el suelo dañando la estructura, matando a los microorganismos benéficos y reduciendo enormemente su capacidad para poner en disposición de las plantas los nutrientes que ya había en el suelo y aire (Jeavons, 1991).

La Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO- 1995 define a la agricultura convencional como un “Sistema de producción agrícola en el que se utilizan métodos, técnicas e insumos que pueden provocar contaminación y degradación del suelo, agua, biodiversidad y medio ambiente, así como el uso de productos químicos de síntesis industrial.”

1.3 Origen de la Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica se inicia en Europa en la década de los cuarenta, después de la segunda guerra mundial; se comienza a difundir por consumidores y médicos preocupados por los efectos de los alimentos en la salud humana, argumentando que el aumento del cáncer se debe a la utilización de productos químicos usados en la agricultura.

En 1980 la Comunidad Europea acepta la agricultura orgánica como un sistema viable en la producción de alimentos de origen vegetal y animal, sujeto a una normatividad que especifica el procedimiento de producción. En este sistema está prohibido el uso de fertilizantes de síntesis químicas y pesticidas. Es el único sistema de producción que utiliza holísticamente los recursos naturales agua, suelo, planta, animal, hombre y medio ambiente.

La Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO- 1995, por la que se establece las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, define a la agricultura orgánica como un “Sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimento de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta; mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en ésta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial”.

A partir de ello y de acuerdo con Ruiz-Figueroa (1996) se define a la agricultura orgánica como el sistema alternativo de producción de alimentos que excluye desde los insumos de producción como los fertilizantes y pesticidas de síntesis química, a los reguladores de crecimiento o fitohormonas y al monocultivo; en cambio, favorece al reciclaje de nutrientes mediante el composteo de los esquilmos agrícolas, estiércoles y deyecciones de los animales y el control

biológico mediante el manejo de las poblaciones de insectos. La agricultura orgánica no es un paquete tecnológico ni de fines productivistas, es un sistema basado en la prevención y control natural de factores adversos a la producción de alimentos, se diferencia de otras cosas de la agricultura convencional en que pondera los valores culturales de los productores agrícolas y sus conocimientos tradicionales que favorezcan la conservación de recursos naturales; llegando así a la práctica de una agricultura sostenible, donde se hace uso de los recursos para satisfacer las necesidades básicas.

Un sistema de agricultura sostenible se puede definir como, aquel que garantiza por largo tiempo una producción basada en la calidad del medio ambiente y en los recursos naturales de los que depende la agricultura; debe ser económicamente viable y socialmente aceptable, en la que involucrará la calidad de vida de los agricultores y a la sociedad en general, algunos otros factores importantes son físicos como el clima, el suelo y la topografía; biológicos, socioeconómicos y políticos (Ruiz-Figueroa, 2001).

1.3.1 Características de la Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica se sustenta en una visión integral que abarca aspectos económicos, ecológicos, técnicos, sociales y culturales; este conjunto de medidas permite obtener una tasa de uso de los recursos sin la degradación como el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

La agricultura orgánica va en busca de alimentos libres de contaminantes químicos, ya que se visualiza en sistemas de producción especializados utilizando los insumos naturales de tierras de calidad, prácticas de labranza y la conservación de suelos manteniendo un alto reciclaje de los elementos utilizados. La finalidad de la agricultura orgánica es alcanzar una productividad sostenible, controlar las plagas mediante una mezcla de formas de vida dependientes, reciclando los residuos vegetales y minerales, seleccionando los cultivos apropiados, bajo una rotación tecnificada, regímenes de riego y otras prácticas culturales (Garza-González, 1996).

1.3.2 Ventajas de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica fue reconocida, en el Encuentro Bio2001, por más de 100 empresarios como “la oportunidad comercial del futuro”; las principales características de la agricultura orgánica son: la posibilidad de cuidado y prolongación que se le brinda al medio ambiente y de igual forma, los productos que ofrece son totalmente naturales, porque no se utilizan insumos químicos y poseen todos los nutrientes necesarios para el cuerpo humano. En la producción sólo se hace uso de abonos orgánicos y se tiene un especial cuidado con la tierra por medio de la rotación de cultivos para evitar el desgaste y la erosión de los terrenos. La agricultura orgánica o ecológica supera las formas de producción convencional, las cuales se han caracterizado por deteriorar el medio ambiente debido a la utilización indiscriminada de químicos y, por lo mismo, sus productos no poseen los nutrientes suficientes para el bienestar del cuerpo humano. Por estas razones, la agricultura orgánica es una de las mejores opciones de negocio para los productos agrícolas.

1.3.3 Producción orgánica en México

En México existen 76 zonas de producción orgánica distribuidas en 22 estados, de los cuales destacan Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Querétaro y Jalisco, ya que juntos reúnen 92% de la superficie orgánica nacional, calculada en más de 23 mil hectáreas certificadas bajo un esquema de producción sustentable. Aunque es una actividad en franca expansión, ya que proporciona beneficios económicos cercanos a los 34 millones de dólares en divisas; genera cerca de 3.7 millones de jornales anuales, además de incrementar considerablemente los ingresos de los pequeños productores por la venta de sus productos, lo que propicia en su conjunto la renovación de la agricultura tradicional (López-González y Mijangos-Leal, 2001).

Hasta ahora, en México se cultivan poco más de 30 productos orgánicos, entre los que destacan 19 mil ha. destinadas al café; 2,387 ha. de hortalizas, plantas medicinales, olorosas, y hierbas (tomate, chile, calabaza, pepino, chícharo,

albahaca, berenjena, damiana, yame, jengibre); el ajonjolí abarca 563 ha.; la manzana 380 ha. y el plátano 300 ha. Otros productos con menor superficie son: litchi, cacao, vainilla, zarzamora, cacahuate, jamaica, piña, aguacate, caña de azúcar, cereza y estropajo. También es relevante la producción de miel, sal, leche y sus derivados y algunos cárnicos. La producción orgánica se concentra en diez estados de la República: Baja California, Baja California Sur, Colima, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Estado de México, Sinaloa, Tlaxcala y Yucatán. La mayor parte de la producción se envía a los Estados Unidos y el resto a Canadá, Japón, Inglaterra y Alemania (López-González y Mijangos-Leal, 2001).

La producción de una zona agrícola depende fundamentalmente de la fertilización, desde el punto de vista de la nutrición de cultivo, la producción económica de rendimientos altos sostenibles debe conseguirse mediante un balance en lo que entra y lo que sale del sistema, en la agricultura convencional la salida de nutrientes es mucho mayor que el de las entradas y esto ha agotado la fertilidad natural del suelo, en la agricultura orgánica se busca lo opuesto, que el suelo no se agote, si no por el contrario que se mantenga siempre con una reserva nutrimental. No debe verse al suelo como caja negra sino como un sistema biológico donde los microorganismos son vitales para la fertilidad del suelo (Ruiz-Figueroa, 1996).

1.4 Marco Legal

El auge de los productos orgánicos surge en la Unión Europea y más tarde en Estados Unidos; la expansión fue tal que se veía un futuro eminente en el mercado de los productos orgánicos; acorde con la expansión se comenzó a regular el mercado y sus productos. Los productos orgánicos, son aquellos productos libres de sustancias químicas, que pasan por un proceso de certificación, donde instituciones especializadas avalarán la calidad del producto.

México no fue la excepción y se unió a la producción orgánica y firmo tratados comerciales para la exportación de sus productos orgánicos tanto a Estados Unidos como a la Unión Europea; para poder estar al nivel de los países pioneros

México se da a la tarea de elaborar leyes y normas para acreditar la certificación y así poder entrar en competencia al mercado de los productos orgánicos.

A continuación se enuncian en orden jurídico las distintas reglamentaciones para regular los productos orgánicos y la actividad agropecuaria en la República Mexicana.

1.4.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el principal documento del sistema jurídico político de nuestro país, fundamento de las leyes y los reglamentos vigentes; base de las instituciones públicas y reguladora de los derechos y obligaciones del individuo.

Artículo 3º fracción II inciso b: atenderá a la comprensión de nuestros problemas; enseñar a las nuevas generaciones el aprovechamiento de los recursos naturales.

Artículo 4º: toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

Artículo 25 párrafo sexto: se establece el postulado del cuidado del medio ambiente con motivo de la regulación del uso de los recursos productivos por los sectores social y privado.

Artículo 26: El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprime solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación. Se trató así de concertar acciones que fueran congruentes entre sí para, de esta forma, aprovechar los recursos sustentables del país evitando su sobreexplotación.

Artículo 27: la nación tendrá derecho de imponer la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de

apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Artículo 73: se refiere a la idea de la prevención y control de la contaminación ambiental, con un concepto ambiental dentro del rubro de salubridad general, dentro del ámbito de competencia de la Secretaría de Salud.

1.4.2 Ley Agraria

La presente ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia agraria y de observancia general en toda la República. Esta ley hace presente el desarrollo y la formación de los ejidos y de las comunidades así como el fomento y desarrollo agropecuario en la República Mexicana.

1.4.3 Ley de desarrollo rural sustentable

La presente Ley es reglamentaria del artículo 27 Constitucional y es de observancia en toda la República. Sus disposiciones son de orden público y están dirigidas a promover el desarrollo rural sustentable del país y proporcionar un medio ambiente adecuado.

1.4.4 Ley de productos orgánicos

La presente Ley tiene entre sus objetivos establecer los requerimientos mínimos de verificación y certificación orgánica para un sistema de control, estableciendo las responsabilidades de los involucrados en el proceso de certificación para facilitar la producción y/o procesamiento y el comercio de productos orgánicos, a fin de obtener y mantener el reconocimiento de los certificados orgánicos para efectos de importaciones y exportaciones.

1.4.5 Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las bases para la certificación de los procesos de producción y procesamiento de productos

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

orgánicos, por lo que resulta aplicable a los productos agrícolas vegetales que lleven indicaciones referentes a la producción orgánica.

Entendiéndose por certificación el procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

Así mismo, se muestra y se explican las diferentes formas de tratar un cultivo orgánico para que no se vea afectado por plagas, se contamine con productos químicos y se logre la certificación para el comercio de dichos productos vegetales.

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

En la imagen 1 se muestra el arreglo espacial que ocupó cada uno de los tratamientos.

En este caso se consideraron 6 tratamientos con 10 repeticiones cada uno con 60 unidades experimentales. Para especificar el tratamiento en cada unidad experimental se sorteó ocupando trozos de papel marcados (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

Dónde:

Tratamiento 1. Planta y Bocashi

Tratamiento 2. Planta y Fertilizante Químico

Tratamiento 3. Planta Testigo

Tratamiento 4. Bocashi

Tratamiento 5. Fertilizante Químico (FQ)

Tratamiento 6. Suelo Testigo

Las condiciones iniciales del suelo y después de la aplicación del abono y fertilizante se usaron como bloques. Para el diseño experimental de bloques al azar se utilizó el siguiente modelo general lineal:

$$Y = \mu + T_i + B_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y= Variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto debido al tratamiento ($i= 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

B_{ij} = Efecto debido al bloque ($j=1,2$)

E_{ij} = Efecto debido al error residual

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y se expresaron en medias con su respectivo error estándar. Cuando existieron diferencias entre medias ($P < 0.05$) se aplicó la prueba de Tukey.

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Para realizar estos análisis se utilizó el Modelo General Líneal del paquete estadístico de MINITAB VI4 (2000).

2.3. Cultivo de Jitomate

2.3.1. Análisis del suelo previo a la siembra

Para realizar los análisis previos se muestreó el suelo, el cual consistió en tomar una muestra representativa de cada unidad experimental del tratamiento correspondiente (T1, T2, T3, T4, T5, T6), apartando los primeros 3 cm y extrayendo el suelo de los primeros 20 cm, se mezcló homogéneamente completando alrededor de 1500 gr. de suelo por tratamiento, las muestras se empacaron y etiquetaron para trasladarse, una vez en el laboratorio se dejaron secar al aire y tamizaron para proceder a hacer los análisis correspondientes.

Los análisis se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEMex, y como base se usó la metodología expuesta en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Las variables determinadas fueron pH (AS-02), densidad aparente (método de la probeta), contenido de humedad (AS-05), contenido de materia orgánica (AS-07), determinación de textura (AS-09), capacidad de intercambio catiónico (AS-12) y nitrógeno total (AS-25); mientras que para el caso de fósforo y potasio se realizaron en las instalaciones del ICAMEX con el extracto de Melich.

Imagen 2: Análisis de laboratorio



Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de suelos, ICAR, 2012.

2.3.2 Preparación de la tierra

Se preparó el túnel para el experimento, en primer término se deshirió, barbechó y regó para prepararlo hacia el transplante de la plántula, posteriormente se trazaron las unidades experimentales que consistieron en cuadros de 50x50 cm con un pasillo en medio de 50 cm para facilitar las prácticas culturales. Finalmente se rellenaron bolsas negras de polietileno con una capacidad de 20 kg para dar paso a la siembra.

Imagen 3: Preparación del terreno



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

2.3.3 Semilleros

El 2 de mayo del 2012 se preparó una bandeja de 125 casillas con 3 centímetros de tamaño por celda, que contenían la mitad tierra y el resto se llenó de sustrato de coco molido para favorecer la germinación de las semillas de *Lycopersicon esculentum* Mill. Se cubrió la charola con una bolsa de plástico para evitar la pérdida de semilla y ayudar a controlar la temperatura. Una vez que germinaron (10 días después) se retiró la bolsa pero no fue hasta el 23 de mayo cuando las cuatro hojas verdaderas aparecieron (Imagen 4).

Imagen 4: Plántula de Jitomate



Fuente: Elaboración propia con base a la germinación de la semilla, 2012.

2.3.4 Transplante

Cundo las plantas alcanzaron en el semillero una altura de 10 a 15 cm. y su tallo tuvo más de 0.5 cm. de diámetro se realizó el transplante, el 25 de junio por la tarde (7 pm) para evitar el menor estrés de la planta, a su vez se aprovechó la fase creciente de la luna, puesto que motiva el crecimiento de las plantas.

2.3.5 Distanciamiento, densidad y arreglo espacial

El túnel se dividió en 60 unidades de 50 cm cada una, espacio suficiente para que una planta de jitomate se desarrolle libremente, así mismo el túnel contó con un pasillo de 50 cm. que permitió realizar las prácticas culturales con mayor agilidad (Imagen 5).

Imagen 5: Arreglo espacial



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

2.3.6 Riego

Las plantas se regaron cada tercer día humedeciendo completamente el suelo, durante 75 días. Posteriormente el riego se realizó de forma directa introduciendo una botella de plástico de 1 litro llena de agua y enterrándola de manera invertida en cada planta con la finalidad de proporcionar agua de manera constante a las plantas (Red permacultura, 2009).

2.3.7 Fertilización

En el experimento se utilizaron dos tratamientos con fertilizaciones diferentes, orgánico tipo bocashi y químico, el primero consistió en 4 reabonados de 125 gr. de abono orgánico tipo bocashi por planta de acuerdo con Restrepo-Rivera (2007), el cual fue elaborado en el mismo lugar el 14 de junio.

El fertilizante orgánico tipo bocashi se elaboró de acuerdo al método empleado por Restrepo-Rivera (2007): 2 costales de estiércol de caballo, 2 costales de cascarilla de café, 1 costal de ceniza, 2 litros de melaza, 2 litros de leche, 1 barra de levadura (250gr) y suficiente agua, se mezclaron todos los materiales y revolvieron dos veces por semana para disminuir la temperatura, hasta que se completó la fermentación (Imagen 6).

Imagen 6: Elaboración del bocashi



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

La forma de preparar el bocashi es variada y se ajusta a las condiciones y a los materiales que cada campesino dispone, es decir, no existe una única receta o

fórmula para hacer los abonos; lo más importante es el entusiasmo y la disponibilidad del tiempo para ser creativo Restrepo-Rivera (2007).

El fertilizante químico consistió en tres etapas: crecimiento (12-11-18), floración (15-3-20) y producción (KNO_3). El cual fue aplicado de acuerdo a las recomendaciones de la vendedora de insumos agrícolas, puesto que es el mismo proceso que siguen los agricultores. Se colocaron 7 gr de fertilizante en perla. La aplicación total fue la siguiente: 3 aplicaciones del primer fertilizante, 5 aplicaciones del fertilizante para floración y por último 4 aplicaciones del fertilizante de producción.

2.3.8 Prácticas culturales

Las prácticas culturales, también conocidas como prácticas agronómicas indispensables, son aquellas actividades que se deben desarrollar a lo largo del ciclo de vida de la planta, para evitar plagas, malezas y así tener un buen control de la producción.

2.3.8.1 Tutoreo

Esta actividad consistió en colocar un sostén a las plantas para el mejor manejo del cultivo y mayor aprovechamiento de los frutos evitando que la planta se maltrate por el peso de los mismos. Esta técnica constó en enredar verticalmente cada planta, para ello se utilizó rafia de polietileno la cual se amarro alrededor del tallo de la planta desde su parte inferior, es decir, unos centímetros arriba del suelo. Fue importante verificar cada 8 días y/o cada vez que fue necesario reacomodarla (Imagen 7).

Imagen 7: Tutoro de las plantas de jitomate



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

2.3.8.2 Poda

La poda se realizó cada vez que fue necesario y consistió en la eliminación de los brotes de crecimiento nuevos, en las intersecciones de cada ramificación, para manejar solo los brotes seleccionados y lograr que la planta tuviera un mejor rendimiento concentrándose en nutrir las flores y más tarde los frutos y no al follaje.

2.3.8.3 Control de Malezas

Se deshierbó cada vez que fue necesario, para evitar que la hierba atrajera hospederos y depredadores, así mismo evitar una pelea de nutrientes con la maleza y la planta de jitomate.

2.3.8.4 Manejo Integral de Plagas

A lo largo del experimento se consiguió un enfoque del manejo integrado de plagas para lograr mantener a la plaga en niveles bajos y así se evitó daños. Para controlar la mosquita blanca (*Bemisia tabasi*) que se presentó en una etapa del ciclo agrícola se utilizó una infusión de cebolla y chiles. Para el control de caracoles y babosas se utilizaron contenedores pequeños con cerveza como trampas (Imagen 8).

Imagen 8: Manejo integral de plagas



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

2.3.9 Cosecha

Se realizaron siete cortes en total, el primero se llevó a cabo el 19 de noviembre del 2012 con pocos frutos recolectados; sin embargo, al siguiente corte el número de frutos fue en aumento y los cortes se realizaron cada quince días aproximadamente, para permitir la maduración del fruto. El último corte fue el 11 de enero del 2013 (Imagen 9).

Imagen 9: Frutos cosechados



Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, 2012.

2.3.10 Análisis del jitomate

La realización del análisis del fruto permitió comparar el resultado de someter a las plantas a distintos tratamientos con respecto a la producción y calidad de los frutos, éste se dividió en dos partes los físicos y químicos o bien bromatológicos. En los primeros se determinó el peso y tamaño del fruto, midiendo su longitud y diámetro (Imagen 10). Mientras que en los análisis bromatológicos se determinó proteína, grasa, fibra, materia seca y humedad de los frutos de acuerdo con la metodología empleada por Tejada de Hernández (1985).

Imagen 10: Análisis del fruto



Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de Bromatología ICAR, 2013.

2.3.11 Muestreo del suelo al finalizar el ciclo

En el muestreo final del suelo, se analizaron las mismas características que en el análisis previo, ya mencionadas, para identificar si existieron variaciones en las características físicas y químicas del suelo después del cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sus distintos tratamientos (T1, T2 y T3) y los efectos de los fertilizantes en el suelo (T4, T5, T6).

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Calidad física y química del suelo

Los resultados de los análisis químicos se presentan en el Cuadro 1. A pesar de la aplicación de los fertilizantes (orgánico e inorgánico) no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos; ya que no presentó el suelo una variación entre sus características iniciales y finales en los macronutrientes (N, P, K, C orgánico, Ca y Mg).

Cuadro 1: Contenido de nutrientes totales

	N	P	K	CO	Ca	Mg
Tratamiento						
1	0.20 ^a	275	645	4.1	5	1.2
2	0.27 ^{ab}	263	1105	4.2	5.3	1
3	0.27 ^{ab}	268	1153	4.3	5.2	1.3
4	0.22 ^a	243.3	983	4.5	5.4	1.9
5	0.33 ^b	261.1	1106	4.4	7	1.4
6	0.23 ^a	240.1	1409	3.5	4.6	1.3
<i>P</i>	0.017	ns	ns	ns	ns	ns
Promedio	0.3	259	1067	4.2	5.4	1.4
eem	0.01	15.6	142.8	0.4	0.5	0.2
Aplicación						
Estado inicial	0.27	260.3	1036	3.8	5.5	1.2
Después de la fertilización	0.24	256.8	1098	4.5	5.3	1.5
<i>P</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Promedio	0.3	259	1067	4.2	5.4	1.4
eem	0.02	27	247.4	0.8	0.9	0.4

N=Nitrógeno; P=Fósforo; K=Potasio; CO=Carbón orgánico; Ca=Calcio; Mg=Magnesio; ns=No significativo
1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo.; 4=Suelo fertilizado con bocashi; 5=Suelo fertilizado con químico; 6= Suelo testigo; eem=error estándar medio; *P*=diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

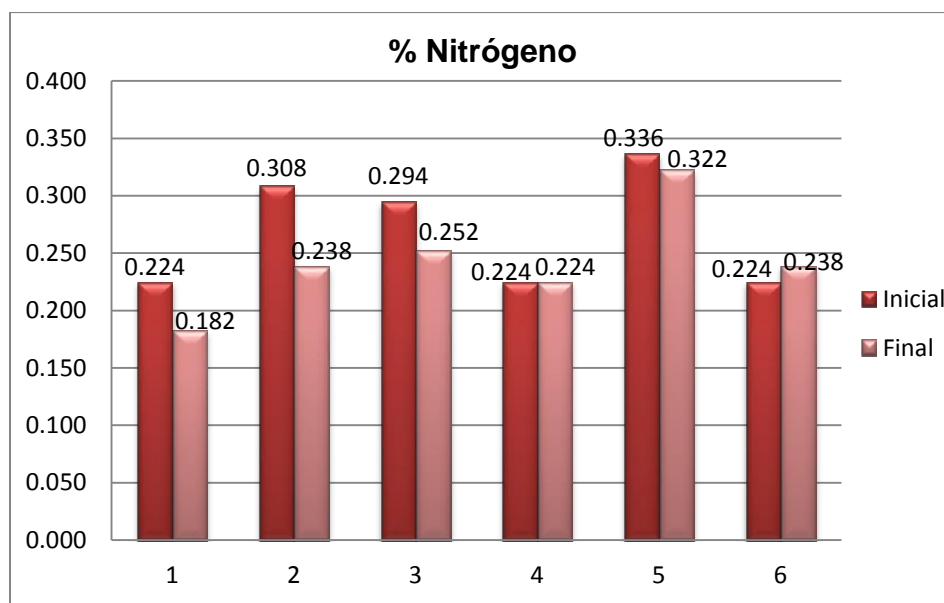
El contenido de nitrógeno presenta diferencias significativas ($P=0.017$) entre cada tratamiento, donde T5 (suelo abonado con FQ) posee mayor concentración, puesto que, al no tener planta que absorba el macronutriente se queda acumulado en el suelo. Aunque en el caso del fósforo hubo una acumulación de 261.1 ppm,

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$), al igual que con el resto de los nutrientes.

El nitrógeno es un elemento esencial en la nutrición vegetal, es absorbido por las raíces de las plantas para formar aminoácidos y proteínas vegetales, así como para su desarrollo y formación de tejidos (Fassbender, 1975), es por ello que los niveles de nitrógeno después de cada tratamiento con planta (T1, T2, T3) muestran un descenso, por el contrario los tratamientos sin planta, sólo presentan un descenso mínimo. El porcentaje de nitrógeno (Gráfica 1) se determinó a través del método AS-25 tal como lo explica la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Gráfica 1: Concentración inicial y final de Nitrógeno



Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

La mayor parte del nitrógeno se encuentra en los suelos en forma orgánica. Por lo general se presenta en cantidades relativamente pequeñas en forma de compuestos de amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-), que son formas asimilables (Rodríguez-Fuentes y Rodríguez-Absi, 2002).

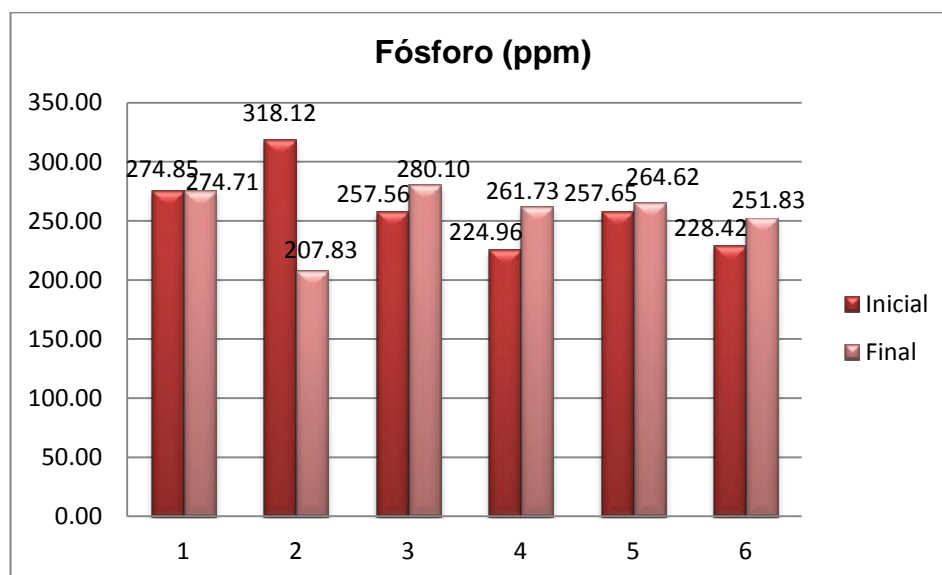
La textura del suelo y la cantidad de lluvia influyen en el movimiento del nitrógeno en el suelo. En los suelos arenosos, donde las fisuras verticales están ausentes,

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

los nitratos se distribuyen en la parte baja del perfil con la lixiviación (Fassbender, 1975). Como se muestra en el cuadro 3, la textura del suelo donde se llevó a cabo el experimento es Franco arenosa, la cual podría lavar sin dificultad el nitrógeno; sin embargo, el experimento al llevarse a cabo en un invernadero tipo túnel y aislar la precipitación no ocurre este efecto. Por el contrario los niveles de N presentes en el suelo van de altos (0.15-0.25) a muy altos (>0.25), de acuerdo con los niveles ponderados en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

En la gráfica 2, se muestran los resultados de fósforo, el método empleado para su determinación fue con el extracto de Melich en el laboratorio del ICAMEX (2013), de acuerdo a ello los resultados obtenidos indican que el suelo posee una concentración media de fósforo al inicio y al finalizar el experimento. El T2 (planta abonada con FQ) mostró una diferencia entre el contenido inicial y final, mientras que su homónimo, el T5, obtuvo una ligera alza en el contenido de fósforo aportado por el fertilizante químico y con la diferencia de no tener planta que nutrir, se acumuló. Por el contrario, en el T4 fueron agregadas 2501.333 ppm por medio del abono orgánico tipo bocashi, el cual tuvo un impacto en su contenido total final, ya que aumentó.

Gráfica 2: Concentración inicial y final de Fósforo



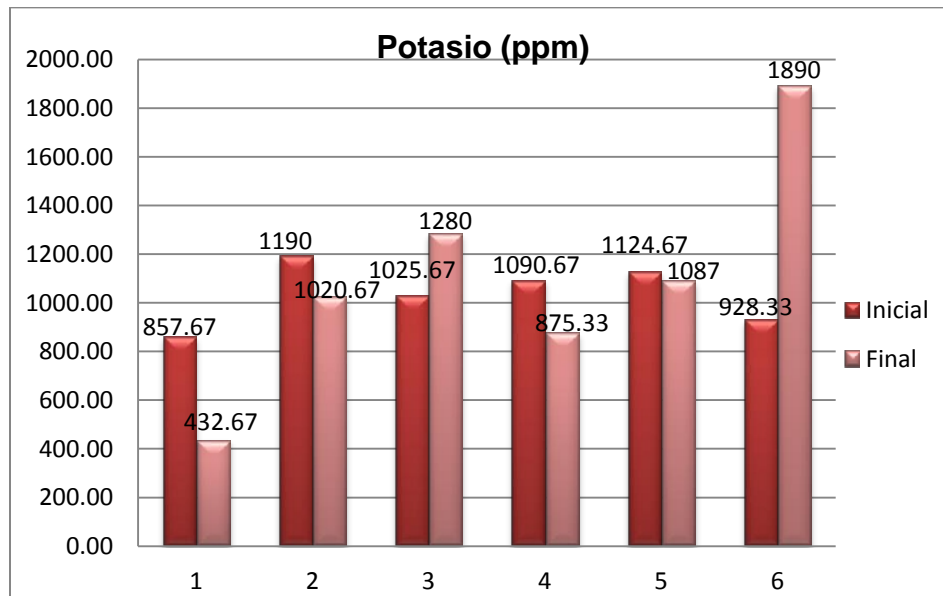
Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Generalmente el Fósforo se pierde por remoción en el cultivo, por lavado y por erosión; las pérdidas por lavado son insignificantes, las mayores pérdidas son por erosión (García-Fernández y García Del Caz, 1982). Para este caso lo anterior no es válido por las características propias del experimento, puesto que no hubo pérdida de fósforo, éste fue absorbido por las raíces por medio de los aniones fosfóricos de la solución del suelo. El fósforo es importante para la nutrición clorofílica, para el crecimiento de los vegetales, raíces, tallos, hojas, flores y frutos (García-Fernández y García Del Caz, 1982).

Por otro lado Mondragón-Sosa (2005) considera que por cada tonelada de jitomate producido, se extraen 5-3-8 kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. El elemento mayormente extraído es el potasio, seguido del nitrógeno y el fósforo.

Gráfica 3: Concentración inicial y final de Potasio



Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

Para cubrir las necesidades de la planta de cada tratamiento se emplearon fertilizantes que contenían en mayor proporción potasio, tanto en el caso de los químicos como en el orgánico. El contenido de potasio en el abono orgánico tipo bocashi fue de 17,154 ppm. Mientras que en las tres etapas de fertilizantes

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

químicos fueron de 12-11-18 para crecimiento, 15-3-20 floración y KNO_3 para producción. A pesar de ello, los resultados (Gráfica 3) revelan la deficiencia del nutriente en el suelo en comparación con su estado inicial. Sin embargo sigue siendo moderadamente alto (T1 final), alto (T4 final, T6 inicial) y muy alto (en el resto), de acuerdo al diagnóstico de fertilidad de suelos realizado mediante la técnica de Melich en el ICAMEX (2013).

La corteza terrestre contiene compuestos potásicos, que en términos medios suponen un 3.2% de K_2O y el 2.4% en estado simple. De ello que todos los suelos contienen dicho elemento nutritivo de las plantas en mayor o menor cantidad [...] En agricultura interesa el potasio denominado asimilable; los compuestos potásicos insolubles se convierten lentamente en asimilables por efecto de los microbios y de los agentes atmosféricos (García-Fernández y García Del Caz, 1982).

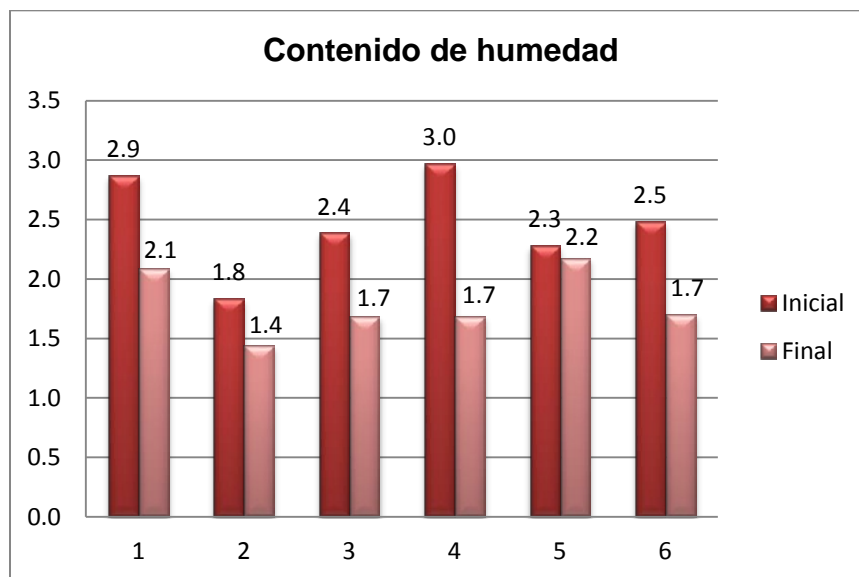
A la par se determinó la cantidad de carbón orgánico, calcio y magnesio. El porcentaje de carbón orgánico se determinó de acuerdo al método de Walkley y Black, el cual se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio (NOM-021-SEMARNAT-2000). La importancia de C en el suelo es el aporte de carbohidratos, grasas, proteínas y otros compuestos esenciales para la vida, hace posible tales transformaciones pues comparte cuatro enlaces covalentes con otros átomos adyacentes de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo o Azufre (Troeh y Thompson, 1988). Para este caso en particular el porcentaje de carbón orgánico aumentó de 3.8% a 4.5% sin generar diferencias significativas ($P>0.05$) al final del ciclo.

Para los parámetros de pH, humedad, densidad aparente, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 2) tampoco existe diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos, por lo que en este experimento y bajo estas condiciones para el suelo es lo mismo ser fertilizado con químicos u orgánicos, o bien permanecer ocioso. En cuestión de aplicación, es decir, entre el estado inicial y final del suelo únicamente hay diferencias en humedad ($P=0.009$), el porcentaje

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

contenido en el suelo se determinó de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000, los resultados se presentan en la gráfica 4. Se obtuvo una notable disminución al finalizar el experimento, sobre todo en el T4 que redujo la mitad de su contenido de humedad, a pesar de que el fertilizante orgánico tipo bocashi, que se le aplicó, tenía un 80.7% de humedad.

Gráfica 4: Porcentaje de humedad inicial y final



Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

De acuerdo con Labrador-Moreno (2001) el suelo puede ser considerado como un recipiente que almacena agua y que al mismo tiempo la pierde hacia capas más profundas y/o hacia la atmósfera. Esta tarea depende de la estructura granular del suelo, del óptimo contenido de materia orgánica y de una buena actividad microbiana; estas condiciones se traducen en una mejora en la infiltración y de la circulación, una equilibrada aireación, la optimización de la nutrición hídrica de la planta, la disminución de la evaporación y de la compactación y una mayor retención de humedad. Por ende el bajo porcentaje de humedad del suelo al finalizar el experimento responde a la falta de materia vegetal que conserve la humedad y al suelo franco arenoso que permite la filtración. Al inicio del experimento el terreno estaba cubierto por pastos y maleza, días después de ser

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

desmontados se realizó el muestreo para los análisis previos, lo cual indica que existe relación en el descenso de humedad, obteniendo una diferencia significativa ($P=0.009$) al termino del experimento.

Cuadro 2: Análisis físico y químico

	pH	Humedad	DA	MO	CIC
Tratamiento					
1	7.8	2.5	0.95	7	19.8
2	7.6	1.6	0.9	7.3	20.4
3	7.7	2.03	0.96	7.5	17.2
4	7.2	2.3	0.9	7.8	18.4
5	7.1	2.1	0.9	7.6	21.6
6	7.2	2.1	0.9	6.1	20.2
<i>P</i>	ns	ns	ns	ns	ns
Promedio	7.4	2.1	0.9	7.2	19.6
Eem	0.13	0.12	0.02	0.7	1.6
Aplicación					
Estado inicial	7.3	2.5 ^a	0.9	6.6	18.5
Después de la fertilización	7.5	1.8 ^b	0.9	7.9	20.7
<i>P</i>	ns	0.009	ns	ns	ns
Promedio	7.4	2.1	0.9	7.2	19.6
eem	0.22	0.2	0.03	1.2	2.9

pH=Potencial de Hidrógeno; DA=Densidad aparente; MO=Materia Orgánica; CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico; 1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo.; 4=Suelo fertilizado con bocashi; 5=Suelo fertilizado con químico; 6= Suelo testigo; ns=no significativo eem=error estándar medio; *P*=diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

Por otro lado, la densidad aparente se ha estudiado innumerablemente para evaluar el efecto directo con el crecimiento de las plantas y su relación con la humedad del suelo (Hossne y Américo, 2008), ya que de ésta depende el grado de filtración. Se entiende como densidad aparente a la relación que existe entre la masa y el volumen microscópico de sus partículas, incluyendo los espacios porosos; o también se dice que es la cantidad de masa de sólidos que existen por unidad de volumen que ocupan los sólidos, más el de los poros (NOM-021-SEMARNAT-2000). Esta característica no obtuvo cambios entre tratamientos, consecuentemente tampoco lo obtuvo al finalizar el ciclo experimental. Cabe

mencionar que el abono orgánico tipo bocashi aplicado contaba con una densidad aparente de 0.463 g/ml lo cual no generó cambios significativos en los tratamientos 1 y 4.

El parámetro de pH se mantiene de neutro a medianamente alcalino aún después del ciclo agrícola (cuadro 2), aun cuando en el T1 y T4 se aplicó bocashi con un pH de 10 que indica que es fuertemente alcalino no implicó diferencias significativas ($P>0.05$), puesto que la materia orgánica humificada aumenta el poder amortiguador del suelo, reduciendo el riesgo de variaciones bruscas de pH (Labrador-Moreno, 2001).

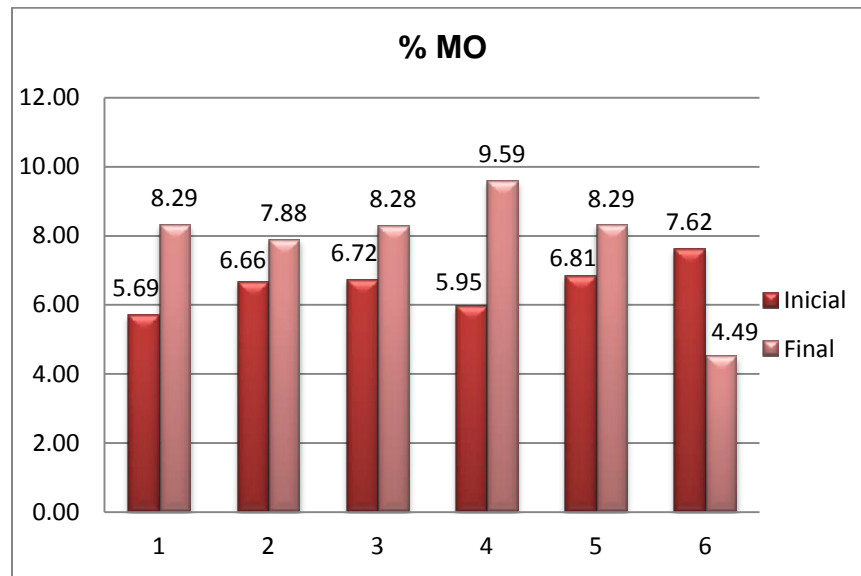
El porcentaje de materia orgánica que se encontró en el suelo del experimento de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 para suelos volcánicos es medio. Al iniciar el experimento contaba con un porcentaje medio de 6.6 y al finalizar el ciclo aumentó a 7.9% de MO. Labrador-Moreno (1996) explica que debido a la presencia de microorganismos aumenta la cantidad de sustancias orgánicas excusadas por las raíces que actuarán degradando más activamente la materia orgánica, aportando nutrientes minerales en forma asimilable y liberando compuestos bioactivadores de enorme interés para el desarrollo vegetal. En este experimento no se presentaron cambios significativos ($P>0.05$) entre los tratamientos, ni al finalizar. Como se observa en la gráfica 5, el tratamiento con un mayor contenido de MO al finalizar el experimento fue T4 ya que se fertilizó con abono orgánico tipo bocashi y al no tener planta que extrajera nutrientes los conservó en el suelo, por el lado contrario el T6 disminuyó su contenido de MO al permanecer ocioso. En cuanto a T2 y T5 que fueron fertilizados con químicos, también aumentaron sus niveles de MO; sin embargo, los mejores porcentajes de MO los poseen los tratamientos con bocashi.

La gran diversidad en los orígenes y en los medios hace que la fracción orgánica no sea homogénea en su composición, aunque presenta una regularidad en sus componentes. Hoy se acepta que la actividad y diversidad de la microbiota no sólo es un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

y funcionamiento de los ecosistemas naturales y agroecosistemas (Kennedy y Smith, 1995).

Gráfica 5: Porcentaje de materia orgánica contenida en el suelo



Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una medida de un material (coloide) para retener cationes intercambiables. También puede ser definida como las cargas negativas por unidad de cantidad de coloide que es neutralizada por cationes de intercambio (Juárez-Juárez *et al.*, 2009). Es una de las propiedades más importantes del suelo y tienen influencia sobre una gran cantidad de sus características, controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas y los microorganismos, interviene en los procesos de agregación, en su poder tampón y determina el papel del suelo como depurador natural (Labrador-Moreno, 2001).

Todo ello es posible por los cationes cambiables contenidos en el suelo que influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, la reacción, los procesos genéticos del suelo y en su formación. Los cationes cambiantes del suelo; generalmente son adsorbidos, quedando protegidos del lavado pero aún disponibles para la planta (Fassbender, 1975).

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), amonio (NH_4), sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas (Juárez-Juárez *et al.*, 2009). Al aumentar el pH del suelo se eleva la proporción de bases en el complejo de cambio y se reduce la proporción de Al, H. Las proporciones de Ca y Al en la cubierta iónica del complejo de cambio guardan igualmente proporciones establecidas, al aumentar el uno disminuye el otro. También el Al cambiante presenta dependencia del pH en su participación en el enjambre iónico, disminuyendo a valores de pH altos (Fassbender, 1975). En el experimento se tienen valores de pH altos, por ende, predominan los valores de Ca.

Para determinar CIC se utilizó el método AS-12 de la NOM-021-SEMARNAT-2000, reportando una clase media con valores de $15\text{-}25 \text{ Cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, lo cual representa niveles medios de fertilidad en el suelo y para el caso de calcio, magnesio y potasio (Cuadro 3) las bases intercambiables se mantuvieron en un nivel medio, ya que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre el estado inicial y final del suelo. Este parámetro a su vez confirma el estado ideal del suelo para cultivo con el que se trabajó.

Cuadro 3: Bases intercambiables

Clase	Ca	Mg	K
Media	5.0-10.0	1.3-3.0	0.3-0.6

Ca=Calcio; Mg=Magnesio; K=Potasio

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

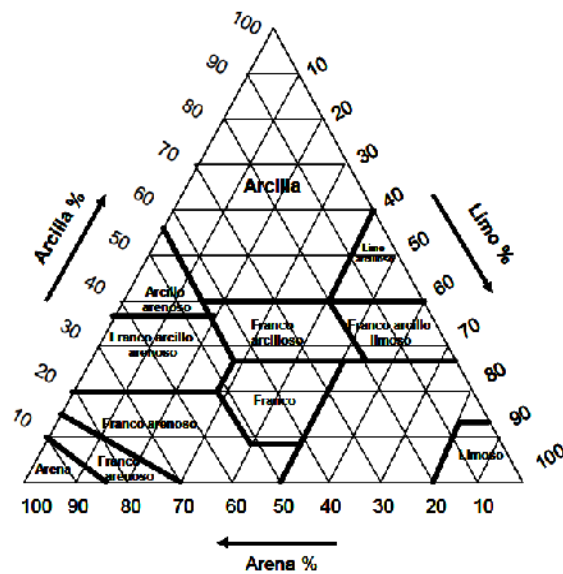
También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{++} y el Mg^{++} , con más energía que el K^+ (Juárez-Juárez *et al.*, 2009).

El contenido de arcillas, en el suelo del experimento, es mínimo. De acuerdo a los resultados de laboratorio y con base en la imagen 11 la textura del suelo en las unidades experimentales es de índole Franco arenoso, por su proporción de arenas, limos y arcillas. Este diagrama (Imagen 11) se utiliza para designar la textura de un suelo que va acorde el porcentaje de partículas inorgánicas y su tamaño (arena, limo y arcilla).

Imagen 11: Triángulo de textura del sistema de clasificación de la USDA



Fuente: INE, 2000.

De acuerdo con Mondragón (2005), el jitomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo arenosos con buen drenaje. Por tanto la textura con la que contamos es la ideal para el desarrollo del cultivo de jitomate.

La textura del suelo se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas y se determinó por el procedimiento de Bouyoucos a través del

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

método AS-09 como lo indica la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los resultados demostraron que aún después de la aplicación de fertilizantes y todo el experimento desarrollado, no se presentó ningún cambio significativo ($P>0.05$) en la textura del suelo (Cuadro 4), lo cual indica que aún es apto para el cultivo de jitomate.

Cuadro 4: Textura

	Arena	Arcilla	Limo
Tratamiento			
1	71.3	10	18.7
2	77	12	15
3	66	11.4	22.7
4	72	9.1	19.3
5	64	9.2	23.7
6	68	10.4	20.2
<i>P</i>	ns	ns	ns
Promedio	70	10.4	20.2
eem	1.5	0.6	1.7
Aplicación			
Estado inicial	71	10.6	19.9
Después de la Fertilización	68	10	20.6
<i>P</i>	ns	ns	ns
Promedio	70	10.4	20.2
eem	2.5	1	3

1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo.; 4=Suelo fertilizado con bocashi; 5=Suelo fertilizado con químico; 6= Suelo testigo; ns=no significativo eem=error estándar medio; *P*=diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

Los fertilizantes inorgánicos (por ejemplo, la urea), si bien aumentan el nitrógeno disponible para la planta, no producen cambios importantes en la textura y población bacteriana en el suelo. A diferencia de éstos, los de tipo orgánico sí producen efectos positivos sobre la textura del suelo, enriquece el medio con fauna y flora, especialmente de bacterias logrando un beneficio para la nutrición de cultivos (Muñoz, 1994).

El abono orgánico tipo bocashi que se aplicó, contaba con una textura Franco arenosa, la cual estimuló un óptimo desarrollo de las plantas facilitando su desarrollo radicular. Los fertilizantes orgánicos son conocidos por los beneficios físicos, químicos y biológicos que resultan de su aplicación a corto y largo plazo. Entre los beneficios físicos se tiene la capacidad de conservar la humedad del suelo puesto que es capaz de protegerlo del sol y del viento, evitando el resecaimiento del suelo y reduce la evaporación, a su vez reduce el escurrimiento superficial del agua, evita el encostramiento superficial y aumenta la permeabilidad estructural, mantiene un régimen térmico más estable; en cuanto a características químicas reduce la erosión, regula el pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico lo que favorece la fertilidad fosfatada del suelo, aumenta el poder de retención de macronutrientes como calcio, magnesio, sodio, potasio y nitrógeno, aporta puntos de absorción del potasio, reversibles. Los beneficios biológicos que aporta favorecen la respiración radicular benefician la salud de las raíces, la actividad micro y microbiológica del suelo, favorece el incremento de la población microbiana aeróbica, responsable entre otras acciones de la humificación de la materia orgánica, la nitrificación, la fijación del nitrógeno atmosférico, así como la evolución biológica del azufre y del fósforo, por ende mejora la nutrición y la disponibilidad de los minerales para los cultivos convirtiéndose en una fuente constante de materia orgánica mejorando la fertilidad, la nutrición y la vitalidad de la tierra asociada a su macro y microbiología (Félix-Herrán, *et al.*, 2008 y Restrepo-Rivera, 2007).

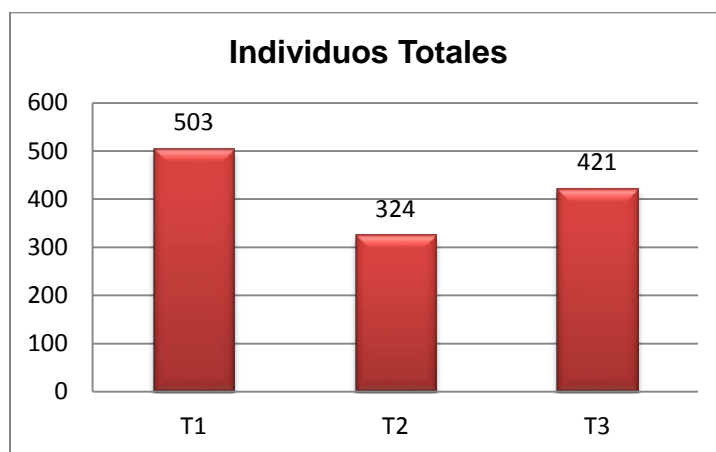
Sin embargo, la gran desventaja es que es muy lento el proceso de aprovechamiento ya que los microorganismos siguen trabajando aún después de finalizado el ciclo agrícola y los beneficios se notarán a largo plazo, es por ello que en dicho experimento en los tratamientos T1 y T4 no se presentan cambios significativos ($P > 0.05$) en el estado inicial y final del suelo.

3.2 Análisis Estadístico del Fruto

3.2.1 Cosecha Total

En la gráfica 6, se muestra el número de individuos totales de jitomate que se cortaron por tratamiento. El T1 (fertilizado con abono orgánico tipo bocashi) obtuvo mayor número de frutos, con un promedio de 59.9 frutos por planta. Las plantas de este tratamiento se caracterizaron por tener más desarrollado el follaje en comparación con las plantas testigo y las químicas. Éste tratamiento sólo tuvo 4 reabonados de 125 gr. de bocashi por planta que fueron suficientes para satisfacer las necesidades de la producción, lo cual se ve reflejado en la cosecha.

Gráfica 6: Número de individuos totales de jitomate por tratamiento



Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados en campo, 2012.

Mientras que el T2 presentó un bajo desempeño en producción de fruto, a pesar de la aplicación en tres tiempos de fertilizante químico, de acuerdo a las necesidades de la planta y su desarrollo: crecimiento (12-11-18), floración (15-3-20) y producción (KNO_3), con un total de 12 fertilizaciones de 7gr por cada una. El resultado fue un corte neto de 324 frutos, con la media de 36 individuos por planta.

El uso de fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos, sin embargo los resultados obtenidos en el T3 (testigo) demuestran la óptima fertilidad del suelo donde se llevó a cabo el experimento, ya

que a pesar de no recibir insumos el número de frutos totales fue mayor que los obtenidos para el T2 (421 frutos y una media de 52.63 individuos por planta).

3.2.2 Análisis Físicos del Fruto

Las características físicas que se tomaron en cuenta fueron peso, longitud y diámetro del fruto. Contrastando cada tratamiento (Cuadro 5) se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.005$) para las tres variables: peso ($P = 0.006$), longitud ($P = 0.031$) y diámetro (0.036). Los mejores resultados se obtuvieron en el T1, logró mayor tamaño y mejor peso. Mientras que el T2 a pesar de que las plantas recibieron la fertilización completa para cubrir sus necesidades, no se obtuvieron los resultados satisfactorios, ya que en este caso el T3 presentó peso, longitud y diámetro mayor que el T2.

Cuadro 5: Valores promedio para las variables peso de fruto, longitud y diámetro.

Tratamiento	Wf	Lon f	Diam f
1	11.2 ^a	4 ^a	8.1 ^a
2	7.5 ^b	3.6 ^b	7.2 ^b
3	9.5 ^{ab}	3.8 ^{ab}	7.5 ^{ab}
<i>P</i>	0.006	0.031	0.036
Promedio	9.4	3.8	7.6
eem	1.1	0.17	0.36

Wf=Peso del fruto; Long f=Longitud del fruto; Diam f=Diametro del fruto; 1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo.; 4=Suelo fertilizado con bocashi; 5=Suelo fertilizado con químico; 6=Suelo testigo; eem=error estándar medio; *P*=diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia con base datos recolectados en campo (2012-2013).

Como respuesta de las características particulares de este experimento y cada uno de los insumos utilizados, se obtuvo un tamaño superior en el fruto del T1 seguido por el T3, dejando fuera de competencia a T2 con un peso promedio de 7.5 gr/fruto, 3.6 cm/fruto de longitud y 7.2 cm/fruto de diámetro.

Restrepo-Rivera (2006) recomienda utilizar fertilizantes, ya que funcionan como una fuente constante de fertilización y nutrición de liberación gradual tanto de

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

macronutrientes como de micronutrientes, lo que favorece la eficiencia de la absorción nutricional por las plantas y a su vez las plantas desarrollan mejor el volumen del sistema radical favoreciendo un crecimiento sano y vigoroso evitando que se enfermen fácilmente ya que están naturalmente protegidas por el equilibrio nutricional inherente a la presencia de hormonas, vitaminas, catalizadores y enzimas vegetales en función de la constante actividad fisiológica, la cual es respaldada por las condiciones de la nutrición orgánica que el abono orgánico tipo bocashi les ofrece a los vegetales y al suelo.

En conclusión este abono orgánico favorece y actúa directamente sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, aumentando la permeabilidad de las membranas celulares, elevando la actividad de los fenómenos sintetizantes, así como el contenido de la clorofila y la intensidad de la respiración y en general activando de forma equilibrada el metabolismo de los vegetales y paralelamente el de los microorganismos (Restrepo-Rivera, 2007).

3.2.3 Análisis Bromatológico

Los análisis que integran este apartado se hicieron para determinar la calidad que el fruto obtuvo en sus diferentes tratamientos, puesto que no sólo es importante disminuir el impacto ambiental que trae consigo la agricultura si no la producción de frutos de calidad que a su vez beneficien a la salud del consumidor.

En el Cuadro 6 se muestra el promedio de humedad y contenido de cenizas que obtuvieron los frutos; el primero muestra la cantidad de agua que aporta y el segundo el contenido de minerales totales.

Cuadro 6: Humedad y Ceniza del fruto

	Humedad	Ceniza
Tratamiento		
1	15.5	20.9
2	17.7	20.5
3	17	19.8
<i>P</i>	ns	ns
Promedio	16.7	20.4

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

eem	0.8	1.1
1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo; ns= no significativo; eem=error estándar medio; P=diferencia significativa.		

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

Los resultados de laboratorio demuestran que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para los parámetros de humedad y ceniza, por tanto, para este caso es indiferente el uso de insumos, ya sea fertilizante químico o bien orgánico.

Simultáneamente el cuadro 7 presenta el panorama del contenido nutricional del fruto. El contenido de grasa se determinó por medio de SOXTEC TECATOR como lo reporta Tejada de Hernández (1985), las plantas fertilizadas con bocashi obtuvieron frutos con 1.42% de grasa en su composición, mientras que las fertilizadas con químicos obtuvieron 1.33% a comparación del testigo que precariamente posee 0.93%. Mientras que el porcentaje de proteína extraído por medio del Kjeldhal y tomando como factor de corrección 6.25, el contenido es diferente ($P=0.004$) donde el que más aporta proteína es el fruto del T2 puesto que el fertilizante químico tiene una rápida absorción de nutrientes y por el alto contenido de nitrógeno, mientras que el fertilizante orgánico tipo bocashi es de lenta absorción y aportó 1.778% de N.

Cuadro 7: Análisis nutricional del fruto

	Grasa	Proteína	FND
	%		
Tratamiento			
1	1.42 ^a	9.2 ^a	16.4
2	1.33 ^a	9.8 ^a	16.7
3	0.93 ^b	8.3 ^b	14.9
<i>P</i>	0.024	0.004	ns
Promedio	1.22	9.03	15.9
eem	0.05	0.15	0.75

1=Planta fertilizada con bocashi; 2=Planta fertilizada con químico; 3=Planta testigo. FND= Fibra neutro detergente.

Fuente: Elaboración propia con base a análisis de laboratorio y estadísticos (2012-2013).

El uso de los abonos orgánicos están acompañados de múltiples ventajas como ya se mencionó, sin embargo en cuanto a los aspectos nutricionales, bajo las características particulares del experimento, no lograron superar el sistema de producción químico; puesto que sin duda el T2 obtuvo mejores contenidos de grasa (1.33%), proteína (9.8%) y fibra (16.7), a pesar de que este último parámetro no obtuvo una diferencia significativa ($P=0.005$) entre tratamientos.

La práctica de agregar elementos minerales al suelo para mejorar el crecimiento de las plantas se ha llevado a cabo desde hace más de 2000 años, Justus von Liebig (1803-1873) demostró la importancia de los elementos minerales para el crecimiento vegetal y a partir de sus trabajos, la nutrición mineral fue considerada como una disciplina científica. De esta manera, a finales del siglo XIX, sobre todo en Europa, grandes cantidades de potasio, superfosfato y nitrógeno inorgánico fueron usados en la agricultura para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Sin embargo, han sido a veces erróneamente empleados para formular los programas de fertilización, siguiendo la idea de que las cantidades de elementos extraídos por los cultivos deben ser las cantidades remplazadas por los fertilizantes. Esta aproximación ignora factores tan importantes como las pérdidas por lavado, la fijación en el suelo en formas no asimilables de ciertos elementos, eficiencia de varias plantas en la absorción de ciertos elementos, y otros muchos (De La Rosa, 2012).

Las plantas tienen una capacidad muy limitada para seleccionar los elementos minerales que le son esenciales para su crecimiento y desarrollo y en muchas ocasiones introducen elementos minerales que no le son necesarios y que en algunas ocasiones hasta le resultan tóxicos (De La Rosa, 2012), con las dosis adecuadas se puede llegar a un equilibrio óptimo de fertilización que beneficie directamente a la planta y su rendimiento.

Los fertilizantes químicos contiene la fórmula más adecuada para la nutrición de las plantas, la encargada de distribuir los nutrientes es la absorción por medio de las raíces, aunque también pueden absorber alguna cantidad a través de las hojas

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

si se aplican en solución (fertilización foliar). Los nutrientes entran a la planta en forma de iones, partículas ultramicroscópicas que llevan cargas eléctricas y su absorción se facilita por la solubilidad que tienen al interactuar con el agua (De La Rosa, 2012).

Por todo lo anterior el T2 logro tener un rápido y adecuado aprovechamiento de los nutrientes presentes en el fertilizante químico y se reflejó en el contenido nutricional de los frutos.

4.- Conclusiones

La aplicación de un fertilizante industrial y un abono orgánico en el suelo para el cultivo de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) indica que no hay una variación considerable entre estos; sin embargo, en el caso del contenido de nitrógeno la fuente de aplicación si repercute en la condición del suelo y en el producto final.

El uso de fertilizante orgánico tipo bocashi es una medida viable, ya que a la larga tendrá impactos positivos en el suelo donde se desarrolle el cultivo como lo ha demostrado Restrepo (2007) en diferentes partes de latinoamérica , tiene un mejor rendimiento que el fertilizante químico puesto que en este experimento obtuvo mayor número de frutos y de mayor tamaño.

Aunque los resultados obtenidos en este trabajo indican que la aplicación adecuada de fertilizantes industriales no tiene efectos negativos sobre las características físicas y químicas del suelo, es importante empezar a utilizar abonos orgánicos como el bocashi. Desde el punto de vista de la conservación de los suelos, la aplicación de este tipo de abonos mejora la estructura de los suelos, por lo que su aplicación es una alternativa para resolver el problema de la degradación de los suelos agrícolas.

El uso del invernadero tipo túnel fue de gran ayuda para evitar los factores que afectan la producción a campo abierto, sobre todo las bajas temperaturas que se alcanzan en Zinacantepec, así como la incidencia de plagas y enfermedades.

El manejo integral de plagas se llevó a cabo con una infusión orgánica, que no sólo reduce los costos de producción si no que mantiene el equilibrio natural de los organismos; ya que mantuvo controlada la población de la mosquita blanca (*Bemisia tabasi*).

5.- Recomendaciones

Es recomendable el uso de fertilizantes orgánicos en cualquiera de sus modalidades, ya sea líquido, sólido, vermicomposta, composta, abonos fermentados o harinas de rocas, ya que sus propiedades sugieren una mejor producción puesto que no altera las propiedades físicas y químicas del suelo, brindan una reserva nutrimental al suelo y la cosecha no representa riesgos a la salud y la producción es abundante, como lo demostramos con el uso del fertilizante orgánico tipo bocashi.

El uso del bocashi reduce costos en comparación con insumos industriales, que se requiere la adquisición de todo el paquete tecnológico que incluye los fertilizantes y pesticidas para el control de plagas y enfermedades. El agricultor puede usar los materiales que estén a su disposición para la elaboración del bocashi ya que no existe una receta única y se ajusta a las características propias de cada región.

Así mismo reduce tiempos en comparación con otros fertilizantes orgánicos ya que al ser de fermentación acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica tardando de diez a veinte días dependiendo de la temperatura de la región.

El uso de fertilizantes orgánicos no compromete la conservación de los suelos y los recursos naturales, por el contrario, al utilizar en conjunto un manejo integral de pagas se encuentra un equilibrio afectando, un porcentaje mínimo los nichos ecológicos y al tener fértil a tierra de cultivo con un buen rendimiento es innecesario la búsqueda de nuevas zonas agrícolas disminuyendo la deforestación.

Literatura Citada

- Aguilar C. P. 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura. Torreón, Coahuila. México. 36 p.
- Armenta B. D. Baca C. G. Alcántara G. G. Kohashi S. J. Valenzuela U. G. Martínez G. A. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. Chapingo Serie Horticultura. 7 (1): 61-75.
- Cano R. P. Moreno R. A. Márquez H. C. Rodríguez D. N. Martínez C. V. Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera. *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción*. Torreón, Coah, México.
- Capulín-Grande, J. Núñez-Escobar, R. Sánchez-García, P. Martínez-Garza, Á. Soto-Hernández, M. 2005. Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino, acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra Latinoamericana*. 23 (2): 241-247.
- De La Rosa-Ibarra M. 2012. Programa de Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Satillo, Coahuila. Disponible en: <http://www.fisiologiavegetal.mdelarosa.com.mx/index.html> (consultado, julio 2013).
- Fassbender W. H. 1975. Química de suelos. Énfasis en suelos de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica.
- Félix-Herrán, J. A. Sañudo-Torres, R. R. Martínez-Ruiz, R. Rojo-Martínez, G. E. Olalde-Portugal, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai. Universidad Autónoma Indígena de México, México. 4 (1): 57-67.
- Gallardo, M. Thompson R. B. Rodríguez J. S. Rodríguez F. Fernández M. D. Sánchez J. A. Magán J. J. 2009. Simulation of transpiration, drainage, N uptake, nitrate leaching, and N uptake concentration in tomato grown in open substrate. *Agric. Water Manag.* 96: 1773-1784.

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

- García-Fernández J. y García-Del Caz R. 1982. Edfología y fertilización agrícola. AEDOS. Barcelona, España.
- Garza- González. E. 1996. Agentes de Control Biológico en el Combate de Plagas Agrícolas. En Rojas-Canales, M del C., López-González L., Cabrera-Torres J. y Pons-Gutiérrez, J.M. *La Cultura de la Tierra. Conceptos y Experiencias para una Agricultura Sustentable*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México, DF. Pp. 48.
- González-Carmona E. Panchí-Vanegas V. 2010. El quehacer de la UAEMéx y la incorporación de las temáticas ambientales prioritarias como un referente emergente. Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/3634> (consultado, agosto 2013).
- Hernández-Xolocotzi, 1985. Video: *Origen de la agricultura*. Dirección y realización: Marco Díaz León (Programa GEAVIDEO del GEA, AC). Producción: Grupo de Estudios Ambientales, AC (GEA, AC), y Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=q5-Cc0RH9s&feature=related> (consultado, noviembre 2011).
- Hossne G. y Américo J. 2008. La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo. *Terra Latinoamericana*, num. Julio-Septiembre, pp. 195-202.
- INE, 2000. Triángulo de textura del sistema de clasificación de la USDA.
- Jeavons J. 1991. *Cultivos Biointensivos de alimentos*. Ecology Action of the Mind- Pensilvania, 5798. Ridgewood Road Willits, CA 954990. USA.
- Juárez-Juárez M. Franco-Hernández M.O. Jaens-Contreras T. Ascencio-Rasgado V.P. 2009. Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental II. Unidad profesional interdisciplinaria de biotecnología. Instituto Politécnico Nacional. México, DF.
- Kennedy E. A. Smith K. L. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant soil*. 137: 419-27.

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

- Labrador-Moreno J. 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. Mundi-prensa. España.
- López-González L. y Mijangos-Leal M. Á. 2001. La agricultura orgánica, una aliada económica para los pequeños productores. En: Rojas-Canales, M del C., López-González L., Cabrera-Torres J. y Pons-Gutiérrez, J.M. La Cultura de la Tierra. Conceptos y Experiencias para una Agricultura Sustentable. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México, DF. Pp. 160-182.
- Macías- Macías A. 2003. Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales. *Región y Sociedad*. 15 (26): 103-151.
- Manual de Fertilizantes. National Plant Food Institute 1990. Ed Limusa. Noriega. Pp.17.
- Matamoros-López W. 2003. Biofertilidad: una Herramienta para Producir en un Marco de Agricultura Sostenible. En: Ocampo-Cubero, E., Rojas-Carballo, F. y Bolaños-Vargas, O. *Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica*. 2003. AGRIGRO, Costa Rica. Del 25 al 27 de agosto del 2003. Pp. 71.
- Minitab V14 (2000). Statistical software. User's. guide 1: Data graphics, and macros. USA.
- Mondragón-Sosa L. 2005. Producción de jitomate en invernadero. ICAMEX. Estado de México. Pp. 8.
- Muñoz, A.R. 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. En: Silva, M.F (ed.). *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santa Fe de Bogotá, Colombia. pp. 293-304.
- NOM-037-FITO-1995. Disponible en <http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/04-a-02--037-fito.pdf> (consultado octubre, 2011).
- NOM-021-SEMARNAT-2000.

- Ortega-Martínez L.D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza J., Sandoval-Castro E., Salcido-Ramos, B.A. y Manzo-Ramos F.2010. Efecto de Diferentes Sustratos en Crecimiento y Rendimiento de Tomate (*Lycopersicum Esculentum* Mill) Bajo Condiciones de Invernadero. *Ra Ximhai*. 6 (3): 339-346.
- Red permacultura. 2009. <http://www.redpermacultura.org/articulos/31-ideas-practicas/773-riego-por-goteo-utilizando-botellas-de-plastico-recicladas-biberones.html> (consultado agosto, 2012).
- Restrepo-Rivera J. 2007. Manual práctico, ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de piedra. Abonos Orgánicos Fermentados. Managua: SIMAS. Cali, Colombia.
- Rodríguez-Dimas N., Cano-Ríos P., Figueroa-Viramontes U., Palmo-Gil. A., Favela-Chavez E., Álvarez-Reina V de P., Márquez-Hernández C. y Moreno-Reséndez A. 2008. Producción de Tomate en Invernadero con Humus de Lombriz como sustrato. *Fitotecnia Mexicana*. 31 (3): 265-272.
- Rodríguez-Fuentes H. y Rodríguez-Absi J. 2002. Métodos de Análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación. Trillas. México, DF.
- Rojas-Canales, M del C., Pons-Gutiérrez, J. M. 1996. Desequilibrio y sustentabilidad en la agricultura. En: Rojas-Canales, M del C., López-González L., Cabrera-Torres J. y Pons-Gutiérrez, J.M. *La Cultura de la Tierra. Conceptos y Experiencias para una Agricultura Sustentable*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México, DF. Pp. 14-32.
- Ruiz Figueroa F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. En: Zapata-Altamirano, R. J., Calderón Arózqueta, R. *Agricultura Orgánica: Producción de México hacia el mundo (Primero foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica)*. Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. Pp. 23-47.
- Ruiz Figueroa F. 2001. El futuro de la agricultura orgánica en un mundo globalizado”. En: Rojas-Canales, M del C., López-González L., Cabrera-

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

- Torres J. y Pons-Gutiérrez, J.M. *La Cultura de la Tierra. Conceptos y Experiencias para una Agricultura Sustentable*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México, DF. Pp. 97-109.
- Sánchez Nava Jorge. 2007. *Fertilizantes, el alimento de nuestros alimentos*. 1° ed. Ed trillas. México. Pp. 13-18.
- SEMARNAT. 2011. Temas prioritarios. Disponibles en: <http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Paginas/temasprioritarios.aspx> (consultado en agosto, 2013).
- Simpson, K. 1986. Abonos y estiércoles. ACRIBIA. Zaragoza, España.
- Tejada-de-Hernández I. (1985). Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México.
- Troeh F.R. Thompson L.M. 1988. Química de suelos. En “Los suelos y su fertilidad”. Reverté. Nueva York, USA.
- Villegas-Cota J.R; Gonzáles-Hernández V. A; Cariilo-Salazar J.A; Livera-Muñoz M; Sánchez- del Castillo F; Osuna Enciso T. 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. *Fitotecnia Mexicana*. 27 (4): 333-338.

Anexos

Anexos

"Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel"

Anexo 1 Análisis de varianza de las características evaluadas del suelo

Analysis of Variance for pH, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	0.79994	0.79994	0.15999	1.71	0.286
Inicial Final	1	0.15188	0.15188	0.15188	1.62	0.259
Error	5	0.46828	0.46828	0.09366		
Total	11	1.42009				

S = 0.306031 R-Sq = 67.03% R-Sq(adj) = 27.46%

Analysis of Variance for Hum, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	0.84658	0.84658	0.16932	2.10	0.218
Inicial Final	1	1.36687	1.36687	1.36687	16.93	0.009
Error	5	0.40358	0.40358	0.08072		
Total	11	2.61703				

S = 0.284104 R-Sq = 84.58% R-Sq(adj) = 66.07%

Analysis of Variance for Arena, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	217.33	217.33	43.47	3.44	0.101
Inicial Final	1	18.20	18.20	18.20	1.44	0.284
Error	5	63.23	63.23	12.65		
Total	11	298.76				

S = 3.55617 R-Sq = 78.84% R-Sq(adj) = 53.44%

Analysis of Variance for Arcilla, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	13.289	13.289	2.658	1.27	0.401
Inicial Final	1	0.952	0.952	0.952	0.45	0.531
Error	5	10.496	10.496	2.099		
Total	11	24.737				

S = 1.44885 R-Sq = 57.57% R-Sq(adj) = 6.66%

Analysis of Variance for Limo, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	102.22	102.22	20.44	1.19	0.426
Inicial Final	1	1.44	1.44	1.44	0.08	0.783
Error	5	85.68	85.68	17.14		
Total	11	189.34				

S = 4.13962 R-Sq = 54.75% R-Sq(adj) = 0.45%

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Analysis of Variance for densidad aparente, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	0.006948	0.006948	0.001390	0.90	0.543
Inicial Final	1	0.000010	0.000010	0.000010	0.01	0.939
Error	5	0.007692	0.007692	0.001538		
Total	11	0.014651				

S = 0.0392235 R-Sq = 47.50% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %Carbón Orgánico, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	1.2669	1.2669	0.2534	0.28	0.905
Inicial Final	1	1.5194	1.5194	1.5194	1.69	0.251
Error	5	4.5045	4.5045	0.9009		
Total	11	7.2909				

S = 0.949162 R-Sq = 38.22% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for %MO, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	3.793	3.793	0.759	0.28	0.904
Inicial Final	1	4.526	4.526	4.526	1.68	0.251
Error	5	13.433	13.433	2.687		
Total	11	21.753				

S = 1.63909 R-Sq = 38.25% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for N, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	0.0207270	0.0207270	0.0041454	8.52	0.017
Inicial Final	1	0.0019763	0.0019763	0.0019763	4.06	0.100
Error	5	0.0024337	0.0024337	0.0004867		
Total	11	0.0251370				

S = 0.0220620 R-Sq = 90.32% R-Sq(adj) = 78.70%

Analysis of Variance for P, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	1932	1932	386	0.27	0.914
Inicial Final	1	36	36	36	0.02	0.881
Error	5	7274	7274	1455		
Total	11	9242				

S = 38.1430 R-Sq = 21.29% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for K, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	624776	624776	124955	1.02	0.491
Inicial Final	1	11322	11322	11322	0.09	0.773
Error	5	611998	611998	122400		

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Total 11 1248097

S = 349.857 R-Sq = 50.97% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for CIC, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	24.29	24.29	4.86	0.30	0.893
Inicial Final	1	15.12	15.12	15.12	0.94	0.377
Error	5	80.40	80.40	16.08		
Total	11	119.81				

S = 4.01002 R-Sq = 32.89% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for Ca, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	6.331	6.331	1.266	0.78	0.606
Inicial Final	1	0.152	0.152	0.152	0.09	0.773
Error	5	8.162	8.162	1.632		
Total	11	14.645				

S = 1.27766 R-Sq = 44.27% R-Sq(adj) = 0.00%

Analysis of Variance for Mg, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	5	0.8780	0.8780	0.1756	0.67	0.665
Inicial Final	1	0.2054	0.2054	0.2054	0.78	0.417
Error	5	1.3122	1.3122	0.2624		
Total	11	2.3957				

S = 0.512297 R-Sq = 45.22% R-Sq(adj) = 0.00%

Anexo 2 Análisis de varianza de las características evaluadas del Jitomate

Analysis of Variance for peso del fruto , using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	2	47.247	47.247	23.623	6.80	0.006
Error	18	62.543	62.543	3.475		
Total	20	109.790				

S = 1.86403 R-Sq = 43.03% R-Sq(adj) = 36.70%

Analysis of Variance for Longitud del Fruto, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	2	0.69238	0.69238	0.34619	4.22	0.031
Error	18	1.47714	1.47714	0.08206		
Total	20	2.16952				

S = 0.286467 R-Sq = 31.91% R-Sq(adj) = 24.35%

“Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel”

Analysis of Variance for diámetro del fruto, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamiento	2	3.1124	3.1124	1.5562	4.03	0.036
Error	18	6.9457	6.9457	0.3859		
Total	20	10.0581				

S = 0.621187 R-Sq = 30.94% R-Sq(adj) = 23.27%

One-way ANOVA: %Humedad versus Tratamiento

Source	DF	SS	MS	F	P
T	2	5.25	2.62	1.35	0.382
Error	3	5.84	1.95		
Total	5	11.09			

S = 1.395 R-Sq = 47.33% R-Sq(adj) = 12.22%

One-way ANOVA: %Cenizas versus Tratamiento

Source	DF	SS	MS	F	P
T	2	1.25	0.62	0.17	0.854
Error	3	11.19	3.73		
Total	5	12.44			

S = 1.932 R-Sq = 10.02% R-Sq(adj) = 0.00%

One-way ANOVA: Proteína versus Tratamiento

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamiento	2	2.9083	1.4542	20.97	0.004
Error	5	0.3467	0.0693		
Total	7	3.2550			

S = 0.2633 R-Sq = 89.35% R-Sq(adj) = 85.09%

One-way ANOVA: %Grasa versus Tratamiento

Source	DF	SS	MS	F	P
T	2	0.27084	0.13542	16.53	0.024
Error	3	0.02458	0.00819		
Total	5	0.29542			

S = 0.09051 R-Sq = 91.68% R-Sq(adj) = 86.13%

One-way ANOVA: %FND versus T

Source	DF	SS	MS	F	P
T	2	4.05	2.02	1.78	0.310
Error	3	3.42	1.14		
Total	5	7.47			

S = 1.067 R-Sq = 54.22% R-Sq(adj) = 23.71%