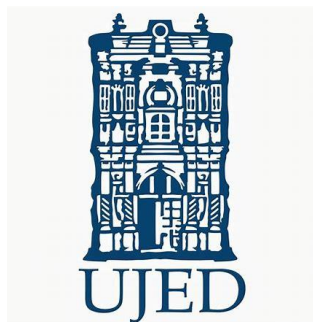


UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“Rendimiento, Calidad e Inocuidad de Chile Jalapeño (*Capsicum annuum*) con Fertilización Orgánica”

TESIS DE MAESTRÍA

JARED CENICEROS GARCÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE AGRICULTURA ORGÁNICA SUSTENTABLE

GÓMEZ PALACIO, DGO.

JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
DIVISIÓN ESTUDIOS DE POSGRADO

Junio de 2022

La tesis "RENDIMIENTO, CALIDAD E INOCUIDAD DE CHILE JALAPEÑO (*CAPSICUM ANNUUM*) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA" presentada por: JARED CENICEROS GARCÍA para obtener el grado académico de: MAESTRO EN AGRICULTURA ORGÁNICA SUSTENTABLE ha sido aprobada por el Comité Particular Asesor de Tesis.


El Comité Particular Asesor de Tesis

Director



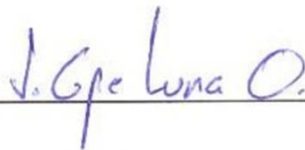
Miguel Ángel Gallegos Robles Dr.

Asesor



Uriel González Salas Dr.

Asesor



J. Guadalupe Luna Ortega Dr.

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

DIVISIÓN ESTUDIOS DE POSGRADO

Junio de 2022

La tesis "RENDIMIENTO, CALIDAD E INOCUIDAD DE CHILE JALAPEÑO (*CAPSICUM ANNUUM*) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA" presentada por: JARED CENICEROS GARCÍA para obtener el grado académico de: MAESTRO EN AGRICULTURA ORGÁNICA SUSTENTABLE ha sido aprobada por el Comité Particular Revisor de Tesis.

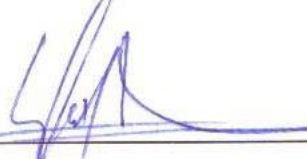
El Comité Particular Revisor de Tesis

Director



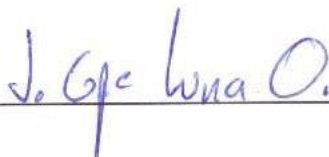
Miguel Ángel Gallegos Robles Dr.

Asesor



Uriel González Salas Dr.

Asesor



J. Guadalupe Luna Ortega Dr.

DEDICATORIAS

A mis Padres.

José Luis Ceniceros Machado y Ma. Abigail García Delgado.

Por el apoyo y amor incondicional en cada momento a lo largo de mi vida, las enseñanzas, los regaños y sobre todo por los valores inculcados.

Son mi motivación y mi admiración profunda, los amo.

A mis hermanos

José Luis, Aldo y Paolo

Por estar cerca siempre y poder contar con ellos en cualquier momento o situación, por su apoyo, amistad y confianza.

A mi Novia

Priscilla

Por ser mi compañera de vida, por su motivación e impulso cada día para sacar lo mejor de mí, su apoyo incondicional y su gran amor.

A Dios

Por darme la oportunidad cada día de despertar con salud, por bendecirme, protegerme, guiarme y poner a las personas adecuadas en mi camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a **Dios** por darme la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida y bendecirme cada día.

A mis padres que siempre han estado apoyándome día a día a lo largo de mi vida, agradezco su confianza, tolerancia y sobre todo paciencia que han tenido en mí, muchas gracias. A mis hermanos por su amistad y consejos.

A mi Novia por ser una parte fundamental en cada logro o meta que me proponga, su apoyo, motivación y amor para siempre sacar la mejor parte de mí, te amo.

A la División de Posgrados de FAZ-UJED, por permitirme formar parte de su familia y cobijarme.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme los recursos para poder realizar este trabajo de investigación.

Agradezco profundamente al **Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles** por recibirme, la confianza y permitirme trabajar con él. Además de dirigir este trabajo.

Al **Dr. Uriel Gonzales Salas** y su equipo por cobijarme desde el primer momento en que llegué, aportar su conocimiento y ayuda a lo largo de este trabajo, así como su amistad.

A mis MAESTROS y ASESORES por las enseñanzas y conocimientos brindados a lo largo de este camino.

A mis compañeros por brindarme su amistad y compañerismo.

Contenido

DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS	I
CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 Objetivo General	4
1.1.2 Objetivos Específicos	4
1.1.3 Hipótesis Nula	4
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Origen del cultivo de Chile (<i>Capsicum annuum</i>)	5
2.2 Importancia del cultivo de chile en Mexico	5
2.3 Clasificación Taxonómica	6
2.4 Características Botánicas	6
2.5 Condiciones de Crecimiento	7
2.6 Fertilización	8

2.7	Ventajas y desventajas de los fertilizantes químicos.....	9
2.8	Tipos de fertilizantes orgánicos	9
2.9	Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos.....	10
2.10	Fertilidad del Suelo.....	10
2.11	Propiedades Físico Químicas del Suelo	11
2.11.1	Propiedades Físicas	11
2.11.2	Materia Orgánica	12
2.12	Propiedades Químicas	13
2.12.1	pH.....	13
2.12.2	Conductividad Eléctrica	14
2.12.3	Fósforo.....	14
2.12.4	Nitrógeno Mineral	15
2.13	Calidad del Fruto	15
2.14	Características Nutritivas.....	16
2.14.1	Vitaminas	16
2.14.2	Capsaicina	17
2.14.3	Fenoles y Flavonoides.....	17
2.14.4	Carotenoides	19
2.14.5	Carbohidratos y Fibra	19
2.14.6	Otros compuestos.....	19
2.15	Inocuidad de los frutos	20
2.15.1	Peligro en Inocuidad.....	20
2.15.2	Riesgo en la Inocuidad	20
2.15.3	Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	21
2.15.4	Políticas de Inocuidad Alimentaria en México	21
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1	Área de Estudio	23
3.2	Material genético utilizado	23
3.3	Siembra del Cultivo	23
3.4	Sistema de riego.....	24

3.5	Diseño Experimental y Dimensiones	24
3.6	Fuente y Manejo de Tratamientos Utilizados	24
3.7	Dosis Utilizadas por cada Tratamiento	25
3.8	Variables Agronómicas Evaluadas	26
3.8.1	Calidad del Fruto	26
3.8.2	Rendimiento.....	26
3.9	Análisis Físicoquímicos Inicial y Final del Suelo	26
3.9.1	pH.....	26
3.9.2	Conductividad Eléctrica	27
3.9.3	Fosforo.....	27
3.9.4	Nitrógeno Inorgánico	27
3.9.5	Materia Orgánica	27
3.10	Variables Nutracéuticas Evaluadas	28
3.10.1	Compuestos Fenólicos	28
3.10.2	Flavonoides	28
3.10.3	Vitamina C	28
3.10.4	Capsaicina	29
3.10.5	Proteína Total	29
3.11	Análisis de Inocuidad.....	29
3.11.1	<i>Salmonella</i> spp. y <i>E. coli</i>	29
3.12	Análisis estadísticos	29
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1	Variables Agronómicas.....	31
4.1.1	Calidad del fruto.....	31
4.1.2	Rendimiento.....	35
4.2	Análisis Físico Químico del Suelo	37
4.3	Variables Nutracéuticas.....	39
4.3.1	Fenoles	40
4.3.2	Flavonoides	41
4.3.3	Vitamina C	41

4.3.4	Capsaicina	42
4.3.5	Proteína Total	42
4.4	Inocuidad de los frutos; <i>Salmonella spp.</i> y <i>E. coli</i>	43
V	CONCLUSIONES	44
VI	BIBLIOGRAFÍA	45

Índice de Figuras

Figura 1. Partes que componen el fruto de chile Jalapeño.	7
Figura 2. Diseño Experimental del Cultivo.	24
Figura 3. Prueba de comparación de medias de Tukey (0.05) para largo de fruto.	32
Figura 4. Comparación de medias Tukey (0.05) para el diámetro del fruto.....	33
Figura 5. Comparación de medias Tukey (0.05) para los pesos de frutos.	34
Figura 6. Comparación de medias Tukey (0.05) del rendimiento del chile por cada tratamiento.....	36

Índice de Tablas

Tabla 1. Elementos necesarios en las etapas fenológicas para el cultivo de chile (Wattsagro, 1999).	8
Tabla 2. Clasificación de Materia Orgánica según la NOM-021	12
Tabla 3. Clasificación de pH según la NOM-021.....	13
Tabla 4. Clasificación de Conductividad Eléctrica según la NOM-021.....	14
Tabla 5. Clasificación de Fósforo según la NOM-021.	15
Tabla 6. Composición promedio del valor nutrimental de <i>Capsicum annuum</i> (Nuez et al., 1996).....	16
Tabla 7. Tratamientos y dosis aplicadas.	25
Tabla 8. ANOVA. Cuadrados medios para cada variable y su significancia. ..	31
Tabla 9. Clasificación de los frutos de chile jalapeño de acuerdo a su longitud (Vázquez et al., 2011).	32
Tabla 10. ANOVA de los rendimientos de chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>).	35
Tabla 11. Análisis Físicoquímicos del Suelo.....	39
Tabla 12. Comparación de Medias por el método de Tukey (0.05) de las diferentes variables nutraceuticas evaluadas.....	40

RESUMEN

La agricultura es el principal sector de crecimiento económico de los países en desarrollo, entre los cuales se encuentra México. Sin embargo, en los sistemas de producción contemporáneos, la mayoría de los cultivos son muy exigentes respecto a la demanda de fertilizantes, el uso excesivo de fertilizantes químicos para aumentar la productividad de los cultivos, a menudo, tiene como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales, de la mano se produce anualmente una cantidad considerable de residuos pero sólo una cierta parte de esto es aprovechada, dejando una gran cantidad de desechos, los cuales se convierten en un potencial de contaminación ambiental. El aprovechamiento de estos residuos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, mediante su transformación en abonos orgánicos, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a mejorar o mantener muchas propiedades del suelo. Por otro lado, se considera que entre el 80 y 90% de los procesos que ocurren en los suelos, son reacciones mediadas por los microorganismos. Los microorganismos han sido descritos como el motor de los ecosistemas terrestres, dado su papel en la mineralización y transformación de la materia orgánica, además de influir directamente en el metabolismo de las plantas. Al utilizar residuos orgánicos o bien fertilización orgánica, el aporte probablemente mayor es el desarrollo y promoción de una gran actividad biológica. El presente estudio evalúa diferentes materiales orgánicos sobre el efecto en el rendimiento, calidad e inocuidad del cultivo chile jalapeño (*Capsicum annuum*), haciendo especial énfasis en los beneficios que esto conllevan.

SUMMARY

Agriculture is the main sector of economic growth in developing countries, among which is Mexico. However, in contemporary production systems, most crops are very demanding regarding the demand for fertilizers, the excessive use of chemical fertilizers to increase crop productivity often results in soil contamination and waters, which causes degradation of these natural resources, a considerable amount of waste is produced annually, but only a certain part of this is used, leaving a large amount of waste, which becomes a potential for environmental pollution. The use of these residues as an efficient means of rational recycling of nutrients, through their transformation into organic fertilizers, helps the growth of plants and contributes to improving or maintaining many properties of the soil. On the other hand, it is considered that between 80 and 90% of the processes that occur in soils are reactions mediated by microorganisms. Microorganisms have been described as the engine of terrestrial ecosystems, given their role in the mineralization and transformation of organic matter, as well as directly influencing plant metabolism. When using organic waste or organic fertilization, the probably greatest contribution is the development and promotion of a great biological activity. The present study evaluates different organic materials on the effect on the yield, quality and safety of the jalapeño pepper crop (*Capsicum annuum*), with special emphasis on the benefits that this entail.

I INTRODUCCIÓN

El chile es una de las hortalizas que incrementó su demanda en forma continua en los últimos años (Morón y Alayon, 2014). Esto ha motivado el incremento en la producción, lo cual ha sido gracias al aumento en el rendimiento por unidad de superficie sembrada y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (SIAP, 2012). En México, el chile es una de las especies hortícolas con mayor importancia desde épocas prehispánicas, por sus usos en las prácticas culturales; su valor se refleja en la aportación de divisas en la balanza agropecuaria y los empleos generados (SIAP, 2012; Caro *et al.* 2014). Después de China, México es el segundo productor a escala mundial. Los principales estados productores de México están en el norte, que incluyen la Comarca Lagunera. En esta región, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía, especialmente el chile jalapeño, ya que es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembra en la región después de la sandía, tomate y melón durante el ciclo primavera-verano. La superficie sembrada en los últimos años fluctúa alrededor de las 1,074 ha, con un rendimiento promedio de 15.6 Mg·ha⁻¹ (SIAP, 2012).

La superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas, esto genera un gran impacto ambiental por las formas de producción actuales de este cultivo, por ello el manejo orgánico, y en particular la fertilización orgánica, surge como una opción viable ya que resulta altamente sustentable, agregando valor a los productos obtenidos bajo este método. La elección de un fertilizante orgánico es trascendental, ya que permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo

(Ocampo *et al.*, 2005); por ello, surge la necesidad de disponer de materiales de la localidad, que sean estables, de calidad e inocuos, además de bajo costo.

La agricultura intensiva ha reducido la materia orgánica del suelo en la mayoría de los suelos mediterráneos que provocan un aumento del riesgo de erosión y pérdidas de fecundidad. La estrecha relación entre el contenido de materia orgánica del suelo y su la fertilidad se informa ampliamente y se acepta universalmente (Smith *et al.*, 1997). Por lo tanto, una de las formas más importantes de regeneración del suelo implica la adición de materiales orgánicos para conservar materia orgánica y mantener o mejorar la fertilidad del suelo.

La aplicación de abonos orgánicos tiene el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y eficiente en la nutrición de los cultivos. Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que, además de aportar materia orgánica humificada y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza y Samaniego, 2003). Otras opciones han sido el uso de insecticidas botánicos que pueden contribuir a la productividad del cultivo, disminuir problemas de salud humana y reducir el costo de producción.

El estiércol, los residuos de cultivos, los abonos verdes, los lodos de la industria láctea, los desechos de la industria farmacéutica a base de hierbas, los biosólidos de la agroindustria y los desechos del procesamiento de alimentos, una vez que se tratan adecuadamente mediante el proceso de compostaje y / o vermicompostaje son algunas de las posibles fuentes de nutrientes en los sistemas de producción orgánica (Ramesh *et al.*, 2005; Alidadi *et al.*, 2007). Existe evidencia de que la adición de compost y vermicompost a suelos y sustratos promueve el desarrollo y productividad de diferentes cultivos hortícolas

como el tomate (*Solanum lycopersicon L.*) (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007; Moreno-Reséndez *et al.*, 2013), pimiento (*Capsicum annuum L.*) (Arancon *et al.*, 2004), y otras especies de interés comercial.

El presente trabajo de investigación pretende evaluar diferentes materiales orgánicos sobre el efecto en el rendimiento, calidad e inocuidad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*), haciendo especial énfasis en los beneficios que estos conllevan.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- i. Determinar el efecto de diferentes tratamientos orgánicos e inorgánicos en el desarrollo del chile Jalapeño (*Capsicum annuum*) así como en la producción bajo condiciones de campo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i. Evaluar el efecto de diferentes tratamientos de fertilización en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile jalapeño.
- ii. Evaluar el efecto de diferentes tratamientos de fertilización en las características Nutracéuticas.
- iii. Determinar la inocuidad de los frutos.

1.1.3 Hipótesis Nula

- i. No existe diferencia en el efecto de los diferentes tratamientos de fertilización aplicados al suelo como fertilizante en el desarrollo y comportamiento agronómico del chile jalapeño.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo de Chile (*Capsicum annuum*)

En México el cultivo del chile tiene una larga tradición cultural, pues es uno de los principales centros de origen y domesticación (Laborde y Pozo 1984; Long-Solís, 1982) tal como lo indican vestigios arqueológicos en donde se han encontrado semillas de forma ancestral en el valle de Tehuacán, Puebla, con una antigüedad de 8,500 años (Evans, 1993). El género *Capsicum* incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales del centro y sur de América, donde ha sido cultivado y usado desde épocas muy remotas; era utilizado por los indígenas para condimentar sus comidas y constituía un alimento importante en la dieta (Casseres 1966; Muñoz y Pinto, 1970; Huerres y Carballo, 1987; Abugarade, 1990).

2.2 Importancia del cultivo de chile en México

Es uno de los vegetales más importantes en México en cuanto al área sembrada y valor económico para exportación. La gran variación en climas y condiciones para su desarrollo, que va del nivel del mar hasta los 2000 msnm, permite tener producción tanto para consumo local como para exportación durante todo el año (Baltazar, 1997).

Su utilización data de tiempos remotos, primordialmente como condimento, aunque también es una importante fuente de vitamina C, además de diversos usos por parte de las diferentes culturas americanas (Long-Solis, 1986). *Capsicum annuum* es la subespecie más ampliamente conocida y de mayor importancia económica de los chiles cultivados, ya que presenta una distribución mundial (Pickersgill, 1969).

2.3 Clasificación Taxonómica

Janick (1985), clasificó al chile (*Capsicum annum* L.) de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledonea

Orden: Solanaceales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum* L., 1753

Especie: *annuum*

2.4 Características Botánicas

El chile jalapeño es de color verde, de forma cónica alargada, mide en promedio 6 cm de largo por 2.5 cm de ancho. Se le da este nombre debido que antiguamente se producía en Jalapa Veracruz donde se comercializaba a otras partes. Cuando llega a su estado de maduración toma un color rojo intenso y ahumado se convierte en el chile Chipotle que en sus versiones secas es de los chiles más importantes (figura 1).

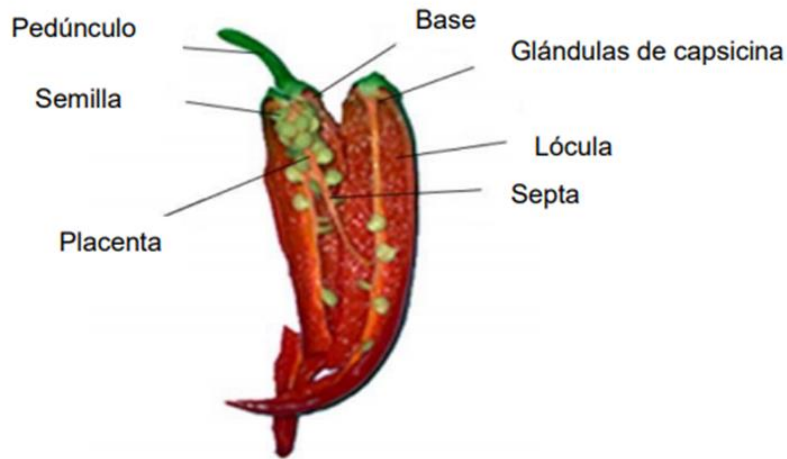


Figura 1. Partes que componen el fruto de chile.

2.5 Condiciones de Crecimiento

El cultivo del chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 a 60 centímetros de profundidad, de ser posible, franco arenoso, franco limoso o franco arcilloso, con alto contenido de materia orgánica y que sean bien drenados. El chile se adapta y desarrolla en suelos con pH desde 6.5 a 7.0.

La temperatura del suelo es muy importante tanto en la germinación como en el desarrollo del sistema radicular. La temperatura más baja que toleran las semillas al momento de germinar es de 12 a 13°C, en la que la germinación tarda entre 20 y 25 días; entre 20° y 25°C la germinación tarda entre 7 y 8 días.

Las hortalizas, y en específico la planta de chile, tienen altos requerimientos de agua y nutrimentos. El agua es uno de los recursos de mayor importancia y más limitante para la producción de cultivos. Para incrementar el aprovechamiento de este recurso y pensar en su preservación, es necesario manejar algún sistema riego (goteo, micro aspersion y aspersion, etc.) que eficiente el suministro de

manera adecuada y uniforme la humedad en el momento oportuno a lo largo del ciclo cultivo.

2.6 Fertilización

En cualquier cultivo es necesario realizar un análisis de suelo previo, que pueda indicar los minerales presentes y compensar los elementos a aplicar. En el siguiente cuadro se describen los elementos necesarios del cultivo de chile jalapeño según la etapa fenológica (Wattsagro, 1999), de acuerdo a los requerimientos nutrimentales de cada etapa del cultivo (tabla 1).

Tabla 1. Elementos necesarios en las etapas fenológicas para el cultivo de chile (Wattsagro, 1999).

Elemento a aplicar	Etapa
P, Zn	I.- Establecimiento (desarrollo radical)
N, Zn, Ca	II.- Alargamiento de tallos y hojas
N, P	III.- Ramificación lateral
P, K	IV.- Inducción floral
B, Zn, Mo, Cu, Ca, N	V.- Aparición y desarrollo floral
Ca, Fe, Zn, Mo	VI.- Amarre de fruto
N, Ca, K	VII.- Desarrollo de frutos
P, K, S	VIII.- Terminación de la calidad del fruto y maduración

Debido a los efectos negativos que se obtienen en el medio ambiente con el uso de fertilizantes químicos es necesario tomar en cuenta la fertilización orgánica como alternativa de producción económica y ecológicamente factible. Hoy en día su uso es de gran importancia, pues han demostrado ser efectivos en el incremento de rendimientos y mejora de la calidad de los productos.

2.7 Ventajas y desventajas de los fertilizantes químicos

Entre las prácticas agronómicas que se realizan en los cultivos, se lleva a cabo la fertilización química con compuestos inorgánicos, elaborados a partir de rocas y derivados del petróleo (Larqué-Saavedra *et al.*, 2017). Y aunque este tipo de fertilización garantiza la producción, varios son los problemas asociados a su uso en los suelos, ya que han ocasionado impactos negativos como desgaste físico, pérdida de nutrientes, de humus y de la actividad microbiana, lo anterior provoca bajas en la productividad de la mayoría de los cultivos, desbalances en los ecosistemas y contaminación ambiental, con una afectación a los agricultores y a los consumidores finales (Suquilanda, 2008; Morales-Avedaño *et al.*, 2014; Saurabh y Kumar, 2014).

2.8 Tipos de fertilizantes orgánicos

La agricultura orgánica se enfoca en disminuir los impactos adversos causados sobre el ambiente por las actividades agrícolas, incrementar rendimientos de los cultivos e implementar técnicas e insumos sostenibles y sustentables. La fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales (e.g. abonos, restos de descomposición de materia orgánica, excesos de cosechas, aguas residuales domésticas, estiércol animal y microorganismos como hongos, bacterias) para mejorar la fijación de nutrientes en la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes, favorecer la simbiosis micorrizal, desarrollar procesos de biorremediación en suelos contaminados con sustancias tóxicas, xenobióticos y recalcitrantes.

2.9 Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos

La sociedad actual debe satisfacer sus necesidades alimentarias por medio de los recursos agrícolas. Por ello, cada vez es más necesario emplear métodos que sean efectivos y viables para obtener buenos rendimientos y satisfacer la demanda global de insumos. De igual manera, surgen métodos alternativos para incrementar la fertilidad de los suelos. El principal objetivo de estos es brindar mayores eficiencias, incrementar la calidad de los productos agrícolas, minimizar tiempos de cultivo y disminuir costos de producción. De otro lado, la contaminación de los suelos, por uso extensivo y continuo de insumos químicos y el monocultivo, ha conducido a la necesidad de incorporar técnicas de fertilización menos agresivas con el ambiente.

En este sentido, la aplicación de fertilizantes biológicos trae consigo beneficios desde las perspectivas económica, social y ambiental. No obstante, la implementación de las técnicas de fertilización requiere de estudios de factibilidad, seguimiento de las variables ambientales involucradas en los procesos biológicos, adquisición de insumos biológicos, inversión de capital, tiempo y personal capacitado. En lo anterior versan las principales dificultades enfrentadas por la sociedad actual para lograr sostenibilidad y sustentabilidad en las actividades agrícolas.

2.10 Fertilidad del Suelo

El suelo constituye un elemento fundamental para el desarrollo correcto y buena producción de cualquier especie vegetal. La fertilidad es una cualidad que resulta por la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas,

el cual consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento de las plantas.

El conocimiento de los niveles de nutrientes en el suelo, su composición, así como las características distintivas de los cultivos y el estado nutricional de los mismo, es el primer paso para cualquier intento de una mejora cuantitativa y cualitativa de la producción, así como también para lograr un uso racional y equilibrado de los fertilizantes que se aplican, por tanto, permitirá evitar las pérdidas económicas y las posibles consecuencias respecto a la contaminación y deterioro del suelo (Rodríguez y Villar, 1993).

2.11 Propiedades Físico Químicas del Suelo

Las propiedades físicas y químicas son ciertas características del suelo, para evaluar el manejo y sostenibilidad del mismo, para identificar las propiedades básicas que funciones como indicador es difícil, ya que existen diferentes factores físicos, químicos y biológicos involucrados, además de las interacciones que varían en tiempo, espacio e intensidad (Barahora, 2000). La mayoría de indicadores son propiedades que están significativamente influenciadas por prácticas de manejo del suelo (Brady y Weil, 1999).

2.11.1 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas del suelo influyen en las funciones del suelo dentro de un ecosistema y estas pueden mejorar con buen manejo (Brady y Weil, 1999).

2.11.2 Materia Orgánica

La materia orgánica es una sustancia muy trascendental en la física, química y biología del suelo. Suelos con cantidades adecuadas de materia orgánica son mejores para suplir nutrientes, reducir la erosión, y conservar las proporciones de agua y aire para el incremento de los cultivos (Sarrantonio, 1991).

La materia orgánica ayuda en la solubilización de nutrientes de las plantas, de minerales insolubles presentes en el suelo, tiene una alta adsorción o capacidad de intercambio de cationes, y ayudan en la nutrición de plantas por elementos, mediante la reacción de quelatos (Sikora y Stott, 1996). De acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT, 2000) la materia orgánica se clasifica de la siguiente manera (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de Materia Orgánica según la NOM-021.

Materia orgánica	
Clasificación	% MO
Extremadamente pobre	<0.6
Pobre	0.61-1.20
Medianamente Pobre	1.21-1.80
Mediana	1.81-2.40
Medianamente rico	2.41-3.0
Rico	3.01-4.20
Extremadamente rico	>4.21

2.12 Propiedades Químicas

La disponibilidad de un elemento nutritivo es el resultado de una serie de reacciones químicas y cuyo equilibrio depende de los factores fisicoquímicos del suelo, que proporcionan el volumen de suelo explorado por las raíces, la capacidad de solubilizar y absorber elementos nutritivos (Domínguez, 1997).

2.12.1 pH

El pH en los suelos o bien la cantidad de concentración de H^+ en solución es de suma importancia ya que indica que tan acida, neutra o alcalina es la solución del suelo, que es donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes (Osorio, 2012). De acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT, 2000) el pH se clasifica de la siguiente manera (tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de pH según la NOM-021.

pH	
Clasificación	pH
Fuertemente acido	<4
Acido	4.1-5.0
Moderadamente acido	5.1-6.0
ligeramente acido	6.1-6.7
Neutro	6.8-7.2
Ligeramente alcalino	7.3-7.8
Moderadamente alcalino	7.9-8.5
Alcalino	8.6-9.5
Fuertemente alcalino	>9.6

2.12.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del suelo es la capacidad de conducir la corriente eléctrica, la cual depende de la cantidad de iones positivos y negativos que se encuentran en la solución del suelo, por eso la CE de la solución de suelo es un indicador del contenido de sales (Bosch *et al.*, 2012). De acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT, 2000) la conductividad eléctrica se clasifica de la siguiente manera (tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de Conductividad Eléctrica según la NOM-021.

Conductividad Eléctrica	
Clasificación	mS/cm
Suelo no salino	2
Ligeramente salino	2.0-4.0
Medianamente salino	4.0-8.0
Fuertemente salino	8.0-12.0
Extremadamente salino	>-12

2.12.3 Fósforo

El fósforo (P) es un componente fundamental para los procesos de fotosíntesis, fijación de N₂, crecimiento de raíces, floración, fructificación y maduración (Brady y Weil, 1999). De acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT, 2000) el fósforo se clasifica de la siguiente manera (tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de Fósforo según la NOM-021.

Fósforo	
Clase	mg Kg⁻¹
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 - 11
Alto	> 11

2.12.4 Nitrógeno Mineral

Las raíces de las plantas absorben el N desde la solución del suelo como nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). Aunque ciertas plantas crecen mejor cuando se les provee principalmente una u otras formas, los aniones de nitrato se mueven más fácilmente a las raíces cuando el flujo de agua en el suelo y el intercambio en la superficie de las raíces de HCO_3^- - ó OH^- iones que provocan un incremento en el pH de la solución del suelo inmediatamente alrededor de las raíces (Brady y Weil, 1999).

2.13 Calidad del Fruto

La calidad de los frutos se puede evaluar mediante distintos parámetros que lo caracterizan a la hora de cosechar, entre ellos se encuentran los grados Brix, donde se dice que la calidad es mayor cuando aumentan los grados Brix y la acidez titulable, o bien, cuando disminuye el pH (Satti *et al.*, 1996), también la firmeza del fruto donde es afectada de manera importante por diversos factores ambientales como la nutrición y exceso de nitratos, de igual forma las tallas, es decir el diámetro ecuatorial y longitud.

2.14 Características Nutritivas

El chile jalapeño es uno de los cultivos más importantes para el consumo humano, por ser una buena fuente de diferentes fitoquímicos, entre ellos las vitaminas A y C, compuestos fenólicos, flavonoides y carotenoides, entre otros (tabla 6).

Tabla 6. Composición promedio del valor nutrimental de *Capsicum annum* (Nuez *et al.*, 1996).

Composición	Pimiento picante
Materia seca (%)	34.6
Energía (Kcal)	116.0
Proteína (g)	6.3
Fibra (g)	15.0
Calcio (mg)	86.0
Hierro (mg)	3.6
Carotenos (mg)	6.6
Tiamina (mg)	0.37
Riboflavina (mg)	0.51
Niacina (mg)	2.5
Vitamina C (mg)	96.0

2.14.1 Vitaminas

El pimiento contiene vitamina A, C, B1, B2 y P. El contenido de vitamina A en chile jalapeño es elevado, estimándose que con 3-4 g de chile rojo se cubren los requerimientos diarios de vitamina A de una persona adulta. En el chile la vitamina A no se encuentra en formas directamente utilizables, sino que está en forma de provitaminas, las cuales son transformadas en vitamina A en el hígado de humanos y animales. Estas provitaminas son α y β caroteno y la criptoxantina. De las tres la más importante es el β caroteno, porque se encuentra en mayor proporción y porque de cada molécula se obtienen dos de vitamina A, mientras que el α caroteno y la criptoxantina solo proporciona una

molécula de vitamina A por molécula de provitamina. También destaca el chile jalapeño por su alto contenido de vitamina C (entre 70-300 mg/100 g de peso fresco), aunque hay diferencias grandes entre variedades, ya que las variedades de color verde generalmente contienen más vitamina C que las de color amarillo. Por otro lado, cabe resaltar que el contenido en vitamina C del chile se ve afectado por varios factores de tipo agronómico como son: cultivo realizado al aire libre o en invernadero, maro de plantación, riego, estado de madurez del fruto, etc., (Nuez *et al.*, 1996).

2.14.2 Capsaicina

Los capsaicinoides son las sustancias responsables de la sensación picante que se produce cuando se consume los frutos. Solo los pimientos picantes sintetizan estos compuestos por naturaleza, asimismo se ha sugerido que los capsaicinoides podrían proporcionar protección contra algunos patógenos. Se encuentran en diferentes cantidades en las frutas de *Capsicum*, dependiendo principalmente en el genotipo, etapa de desarrollo y crecimiento condiciones. Los mecanismos por los cuales el capsaicinoide las cantidades están reguladas en los frutos todavía son desconocido (Aza-González *et al.*, 2011).

Aunque hay 12 compuestos capsaicinoides diferentes en el chile, el sabor picante viene de los dos capsaicinoides principales, la capsaicina y dihidrocapsaicina (Aza-González *et al.*, 2011).

2.14.3 Fenoles y Flavonoides

Los compuestos fenólicos tienen un numeroso grupo ampliamente distribuido en la naturaleza. Son elementos de gran importancia en la dieta

humana, el consumo promedio de dichos compuestos se estima de 23 mg/día en países europeos. En los últimos años ha ido aumentando el interés en los compuestos fenólicos debido a su efecto contra diversas enfermedades como algunos cánceres y desórdenes cardíacos, esto gracias a la fuerte actividad antioxidante (Gracia-Nava, 2009).

Los compuestos fenólicos conservan una estructura química especialmente apropiada para ejercer una acción antioxidante interviniendo como captadores de radicales libres neutralizando peligrosas especies reactivas de oxígeno u iones metálicos quelantes.

Los flavonoides, uno de los dos grandes grupos de compuestos fenólicos junto con los ácidos fenólicos, son un grupo extenso de compuestos derivados del benzo- γ -pirano.

También los flavonoides son importantes para el crecimiento y buen funcionamiento de las plantas al protegerlas contra agentes agresores externos, como la radiación UV y microorganismos patógenos. Pueden actuar como señalizadores químicos, indicando a los insectos que planta es apropiada para su alimentación, oviposición o simplemente guiándolos y facilitando así la polinización. En su relación con el hombre, se utilizan para tratar enfermedades relacionadas con procesos inflamatorios y desórdenes cardiovasculares debido a la actividad que ejercen sobre el sistema circulatorio mejorando la circulación periférica, la movilización del colesterol y disminuyendo la fragilidad capilar (Gracia-Nava, 2009).

2.14.4 Carotenoides

Por su composición química, los pigmentos contenidos en el chile Jalapeño se incluyen dentro del grupo de los carotenoides. Los carotenoides son pigmentos amarillos, rojo-anaranjados o rojos, que pueden encontrarse en las hojas, junto con la clorofila, o en otras partes de la planta, tales como raíces, frutos, etc.

Los carotenoides son mezclas de varias estructuras químicas. Los pigmentos del fruto de chile se pueden dividir en tres grupos:

1. Pigmentos principales o característicos: capsantina ($C_{40}H_{38}O_3$) y capsorubina ($C_{49}H_{60}O_4$), que son los que dan el color rojo. 17
2. Pigmentos con efecto de provitamina: criptoxantina ($C_{40}H_{56}O$) y β -caroteno ($C_{40}H_{56}$).
3. Otros pigmentos carotenoides: zeaxantina ($C_{40}H_{56}O$) y luteína ($C_{40}H_{56}O$).

2.14.5 Carbohidratos y Fibra

En el chile la mayor parte de los azúcares sencillos están representados por la glucosa (90-98 %), el resto es sacarosa. La pectina también es un carbohidrato importante y está presente en un 3-7 %. El contenido en fibra del pimiento es de aproximadamente el 20-24 % de la materia seca.

2.14.6 Otros compuestos

Además de los compuestos antes mencionados, también se encuentran compuestos volátiles, lípidos, aminoácidos, proteínas (de alto valor biológico), ácidos orgánicos y sustancias minerales. Otro aspecto a tener en cuenta es el

contenido en agua. En el chile dulce, la proporción de agua varía de un 82-92 %, mientras que en los pimientos picantes se encuentra en torno a un 70 %, mientras que, si lo referimos a materia seca es de 82.6 y 80.7 % respectivamente (Nuez *et al.*, 1996).

2.15 Inocuidad de los frutos

Por inocuidad puede entenderse la condición de los alimentos que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con el uso al que se destinan. La inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos que componen la calidad de los alimentos, comprende la identificación y determinación de los peligros asociados con el cultivo y la cosecha hasta llegar a la comercialización y el consumo (Meléndez y Umaña, 2005).

2.15.1 Peligro en Inocuidad

Peligro es algún agente biológico, químico o físico que se encuentra presente en algún producto, de otro modo en el que este se halla que pueda causar cierto efecto adverso para la salud de los consumidores. Los tres agentes antes mencionados son los tres tipos de peligro dentro de la inocuidad alimentaria.

2.15.2 Riesgo en la Inocuidad

El riesgo en inocuidad es la estimación de la probabilidad de que un agente contaminante, presente en un alimento, cause daño a la salud humana. El grado o nivel de riesgo (alto, medio, bajo) mide, con anterioridad a su ocurrencia, la probabilidad de un resultado futuro no deseado, de acuerdo a la

experiencia. El riesgo que un alimento afecte la salud variará entre una probabilidad cero (que no se presente nunca) y la probabilidad uno (que se presente siempre). En rigor la probabilidad no es ni cero ni uno, sino que se encuentra en valores intermedios. Los riesgos tan solo sugieren lo que no debería hacerse (Osuna *et al.*, 2011).

2.15.3 Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las BPA son actividades establecidas que los productores deben realizar en la producción de alimentos con el fin de evitar la contaminación física, química o biológica, es decir que al aplicar dichas prácticas se busca asegurar la inocuidad de los productos para el consumidor final. Las BPA se aplican desde el área de producción hasta el área de procesado para obtener productos en óptimas condiciones.

2.15.4 Políticas de Inocuidad Alimentaria en México

En la actualidad, la comercialización de alimentos con altos estándares de calidad e inocuidad se está convirtiendo, poco a poco, en la clave del éxito en el comercio internacional, y son los gobiernos de los países importadores los que están recurriendo a la aplicación de regulaciones y normas estrictas, para garantizar el cumplimiento de los estándares más elevados de producción en los bienes que se introducen a sus países, al igual o inclusive más altos que los domésticos, y evitar así poner en riesgo la salud de sus consumidores.

En México, con un mercado de exportación de hortalizas concentrado en Estados Unidos, a donde envía más de noventa por ciento de su producción, cada vez es mayor el peligro de que estos estándares se comporte como un obstáculo al comercio. Para los productores mexicanos, cumplir con el programa

de inocuidad se vuelve una condición necesaria e indispensable para permanecer en el mercado estadounidense, y en el futuro acceder a otros. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) es la encargada de aplicar regulaciones y políticas para la inocuidad de alimentos frescos no procesados a través de lineamientos para reducir la contaminación biológica, física y química en los productos agroalimentarios, compartiendo responsabilidad con los productores, sin embargo, estos lineamientos están enfocados a favorecer a la comercialización a mercados internacionales y no a la salud pública.

La SADER a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) con el fin de preservar y mejorar las condiciones sanitarias y de inocuidad agroalimentaria, creó la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP) en donde desde hace varios años ha implementado el Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (PSIA), con el finalidad de promover a los agricultores la adopción de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manejo (BPM) para reducir la contaminación biológica, física y química de los productos agrícolas frescos.

En el país se encuentran alrededor de 10 normas oficiales en materia de inocuidad agroalimentaria las cuales regulan aspectos específicos para la disminución de los riesgos de contaminación química, física y biológica en la producción y manejo postcosecha de frutas y hortalizas frescas.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

El experimento se llevó a cabo en campo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED ubicada en el ejido Venecia, Durango. Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, km 35. Se localiza a 25° 46' 56" LN y 103° 21' 02" LO; a una altitud de 1110 msnm. Es una zona que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos y por su clima seco muy caluroso en verano alcanzando hasta 44.8° grados Centígrados y frío en invierno, con temperaturas que oscilan entre los 8° y 0°, llegando incluso a los -7° grados Centígrados. El suelo es pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

3.2 Material genético utilizado

Se adquirió de la empresa Mevi, chile jalapeño variedad jerarca (*Capsicum annuum*).

3.3 Siembra del Cultivo

El cultivo se sembró el 13 de abril del año 2020, la germinación de las semillas de chile, se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, a profundidad aproximada de 5 mm, colocando una semilla por cavidad. Posteriormente se trasplantó al campo el día 22 de mayo.

3.4 Sistema de riego

Cada unidad experimental contó con cinco líneas regantes (cintilla) separadas por 0.80 m, con emisiones cada 0.20 m. El gasto de agua equivale a 1.2 L/s

3.5 Diseño Experimental y Dimensiones

Se aplicaron 6 tratamientos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se trazaron 18 unidades experimentales las cuales constan de 24 m² y un área total de 460 m². Cada unidad experimental tenía 20 plantas con 0.8 m de distancia entre sí y 1.5 m entre surcos.

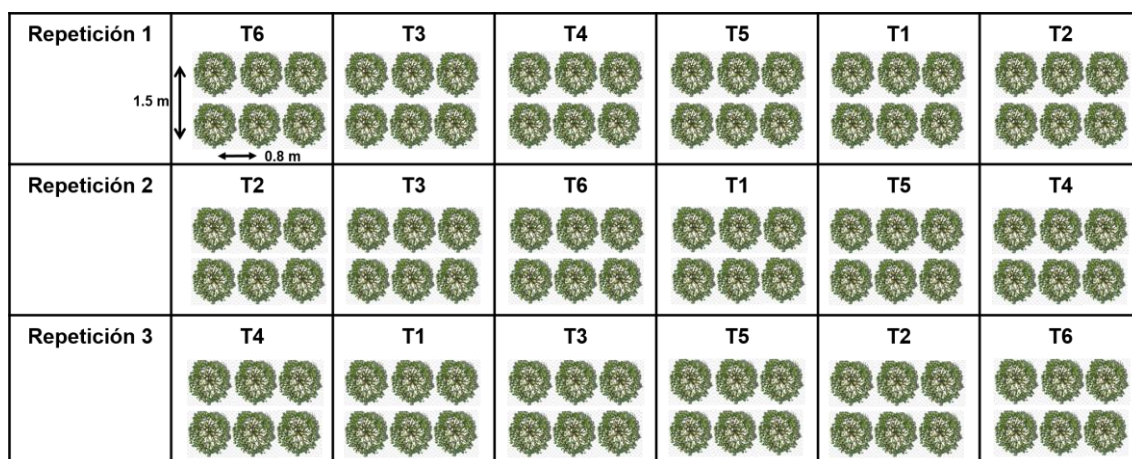


Figura 2. Diseño Experimental del Cultivo.

3.6 Fuente y Manejo de Tratamientos Utilizados

Los residuos orgánicos empleados, se esterilizaron mediante la técnica de solarización y las características se presentan a continuación, además de dónde se obtuvieron:

- 1) Fertilización Química; Se utilizó fertilizantes sintéticos comerciales: Urea (46 % N) y MAP (11 % N, 52 % P).

- 2) Estiércol Solarizado; El estiércol bovino se obtuvo de los establos de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, para el proceso de solarizaron el estiércol se tapó con plásticos transparente sin albedo con un grosor de 100 μm , durante 30 d.
- 3) Composta; Este se realizó a base de estiércol bovino y restos vegetales.
- 4) Biofit; Es un producto comercial cuya formulación contiene una diversidad de microorganismos benéficos del suelo que permiten optimizar la nutrición y desarrollo del cultivo.
- 5) Bio-sólidos; Se obtuvo de planta tratadora de la ciudad de Lerdo Durango.
- 6) Blanco.

3.7 Dosis Utilizadas por cada Tratamiento

Tabla 7. Tratamientos y dosis aplicadas.

Tratamiento	Concentración %	Dosis 220-90-00 kg/ha
1. Fertilización Química	Urea 46% N; MAP 11% N, 52% P.	437 Urea; 174 MAP;
2. Estiércol Solarizado	1.5 % N	14666.6
3. Composta	1.2 % N	18333.3
4. Biofit	-	2
5. Bio-sólido	2% N	11000
6. Blanco	0% N, 0% P	0

3.8 Variables Agronómicas Evaluadas

3.8.1 Calidad del Fruto

Se realizó un conteo del número de frutos en 5 plantas al azar por tratamiento en cada corte en donde se efectuaron 6 cortes de frutos.

Asimismo, se ejecutó una categorización de los frutos mediante las tallas del fruto midiendo el diámetro y tamaño de estos mismos (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2011) mediante un Vernier Surtek® de esta forma se puede realizar una comparación con las tallas permitidas para la exportación del fruto y así observar el porcentaje de los frutos aptos como un parámetro.

3.8.2 Rendimiento

El rendimiento se determinó para cada corte, tomando 5 plantas al azar por tratamiento y se presentó en t/ha de acuerdo a Vázquez-Vázquez *et al.* (2011).

3.9 Análisis Físicoquímicos Inicial y Final del Suelo

Se realizó un análisis físicoquímico del suelo inicial y final para conocer sus propiedades químicas antes de aplicar los tratamientos a evaluar, asimismo se efectuó un análisis final en cada unidad experimental para conocer el impacto que tuvo sobre éste al aplicar los distintos tratamientos.

3.9.1 pH

El pH del suelo se determinó con el método de electrométrico establecido por la NOM-021-RECNAT-2000, utilizando muestras de suelo en una solución

de agua pura. Se midió con el potenciómetro en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo:agua 1:2.

3.9.2 Conductividad Eléctrica

La CE se obtuvo por medio del método establecido en la NOM-021-RECNAT-2000, por el procedimiento de extracto de saturación y con un conductímetro.

3.9.3 Fósforo

La determinación del fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos se obtuvo mediante el método de la NOM-021, por el procedimiento de Olsen y colaboradores. El fósforo es extraído del suelo con una solución de NaHCO_3 0.5 M ajustada a un pH de 8.5.

3.9.4 Nitrógeno Inorgánico

La determinación de nitrógeno inorgánico extraíble se realizó por el método de micro-Kjeldahl que establece la NOM-021. El cual se basa en la extracción del amonio intercambiable por equilibrio de la muestra de suelo con KCl 2 N y su determinación por destilación mediante arrastre de vapor en presencia de MgO .

3.9.5 Materia Orgánica

Para obtener la materia orgánica se determinó a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black establecido en la NOM-021. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado.

3.10 Variables Nutracéuticas Evaluadas

Los análisis nutracéuticos se realizaron en el laboratorio de fitoquímicos de la UAAAN Unidad Laguna. Los protocolos que se utilizaron en dicho laboratorio a continuación se describen.

3.10.1 Compuestos Fenólicos

La concentración de fenoles totales en extractos se obtuvo mediante el método de Folin-Ciocalteu, basándose en una reacción colorimétrica de oxidoreducción de acuerdo con el estudio de Moreno-Escamilla *et al.* (2015).

3.10.2 Flavonoides

La concentración total de flavonoides se determinó mediante la técnica descrita por García-Nava, (2009). El cual se tomaron 200 μL de extracto etanólico, se mezclaron con 1,25 mL de agua (milli-Q) y 75 μL de NaNO_2 (5%). Después de 5 min de reposo, se agregaron 150 μL de AlCl_3 . Posteriormente, se añadieron 500 μL de NaOH (1 M) y 275 μL de agua (milli-Q). Se agitó vigorosamente y las muestras se cuantificaron en un espectrofotómetro UV-Vis a 510 nm. El estándar se preparó con quercetina disuelta en etanol absoluto. Los resultados se expresaron en $\text{mg AGE} / 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco.

3.10.3 Vitamina C

Para obtener la concentración de Vitamina C se realizó según el método descrito por Doner y Hicks (1981). Las muestras se inyectaron en un equipo de cromatografía líquido de alto rendimiento (HPLC, Varian ProStar 320) con detector UV-Vis (ProStar 210, Prostar Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA). Se utilizó una columna de Amina de 10 cm y un serpentín de inyección de 20 L.

3.10.4 Capsaicina

El contenido de Capsaicina se determinó a través del método de análisis espectrofotométrico de López-Hernández *et al.* (2011) donde se obtienen extractos de muestras secas de frutos se le realizan lavados con metanol, posteriormente se incuban con agitación durante 72 h a temperatura ambiente, luego se centrifugan a 3000 rpm y se recupera el sobrenadante, para después hacer lecturas en el espectrofotómetro con una absorbancia de 235 nm.

3.10.5 Proteína Total

La cuantificación total de proteínas se determinó mediante la técnica espectrofotométrica de Bradford (1976). En tubos de ensayo se agregaron 0.1 mL del EAS y 1 mL del reactivo Bradford para después dejar en reposo 5 minutos y leer en espectrofotómetro Uv-Vis (Genesis 10s Uv- Vis, Thermo Scientific) a 595 nm. Los resultados se expresaron en mg/100g.

3.11 Análisis de Inocuidad

3.11.1 *Salmonella* spp. y *E. coli*.

El análisis para determinar presencia de *Salmonella* spp. y *E. coli*., se realizó a través del protocolo del Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria de Estados Unidos (USDA-FSIS, 2002).

3.12 Análisis estadísticos

A los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo de bloques al azar para cada una de las variables, para probar la

Hipótesis y determinar si hay diferencias significativas entre tratamientos aplicados al cultivo.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

μ : media general, τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento, β_j : efecto del j-ésimo bloque, ε_{ij} : error experimental en la unidad j del tratamiento i.

Si hubo diferencia significativa entre tratamientos se llevó a cabo una prueba de separación de medias Tukey con un nivel de confianza de 0.05.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables Agronómicas

4.1.1 Calidad del fruto

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestran los cuadrados medios en los que hubo diferencia significativa para el largo, diámetro y peso como se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8. ANOVA. Cuadrados medios para cada variable y su significancia.

FV	Largo	Diámetro	Peso
Repetición	105.323	1.919	460.798
Corte	818.913**	42.546**	17449.547**
Tratamiento	22.749**	0.638	1694.861*
Error	7.183	0.461	920.175

Por otra parte, se realizó una prueba de comparación de medias de las tres variables evaluadas. La figura 3 muestra la comparación para la variable de largo de fruto en donde se obtuvieron diferencias estadísticas entre tratamientos. Se puede observar que el tratamiento químico, biosólido fueron estadísticamente iguales en el cual la longitud promedio se encontró entre 8.171 a 8.192 cm, asimismo el tratamiento de estiércol, Biofit y blanco se encontraron iguales por debajo de los valores antes mencionados, no obstante, la composta fue estadísticamente superior a los anteriores mencionados con un valor de 8.508. Al respecto Ornelas-Paz *et al.* (2010) reportaron chiles con una longitud entre 7.6 cm y 9 cm, también Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) reportaron en su

investigación que los frutos de primera calidad son mayores a 6.1 centímetros (Tabla 9).

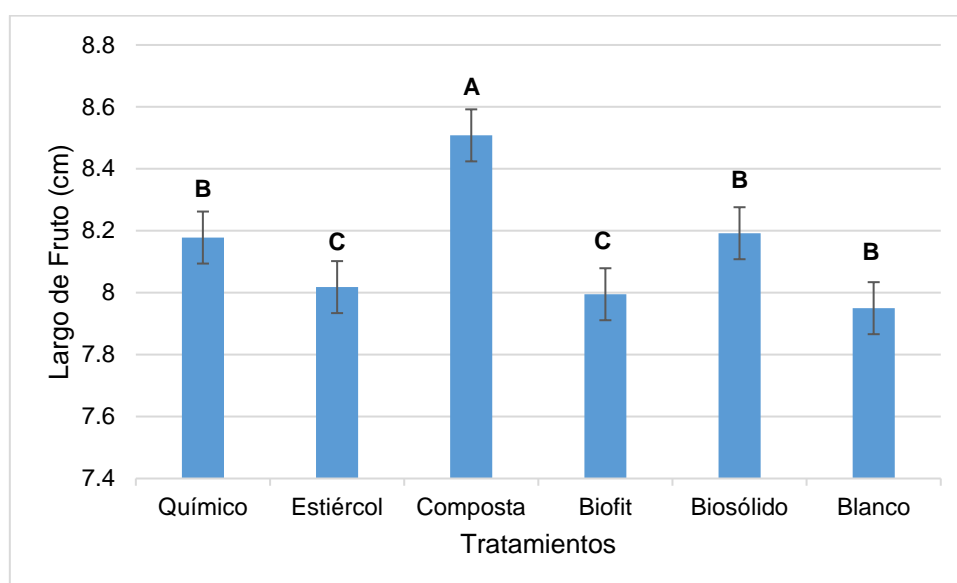


Figura 3. Prueba de comparación de medias de Tukey (0.05) para largo de fruto.

Tabla 9. Clasificación de los frutos de chile jalapeño de acuerdo a su longitud (Vázquez *et al.*, 2011).

Calidad	Longitud
Primera (1 ^a)	> 6.1
Segunda (2 ^a)	4.6 - 6.0
Tercera (3 ^a)	3.0 - 4.5
Cuarta (4 ^a)	< 3.0

De igual forma se realizó comparación de media para el diámetro el cual se muestra en la figura 4. Los resultados que arrojó el análisis nos indica que en ningún tratamiento hubo diferencias estadísticas significativas, el diámetro

promedio de los 6 tratamientos rondó entre 2.5 y 2.6 gr. en el que el tratamiento de composta ligeramente presentó mayor promedio con un valor de 2.642, comparativamente Órtales-Paz *et al.*, (2010) obtuvo resultados similares ya que en su investigación reportó valores de 3 cm. Igualmente Zayed *et al.* (2013) registraron que aumenta significativamente la longitud y diámetro de fruto con la adición de fertilizante orgánico, siendo 9 cm y 6 cm respectivamente los valores que obtuvieron.

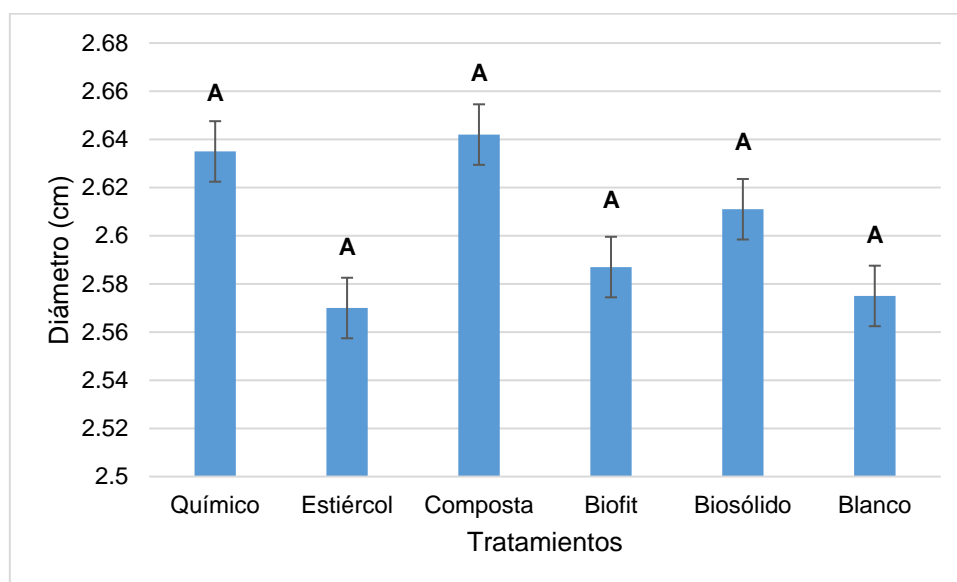


Figura 4. Comparación de medias Tukey (0.05) para el diámetro del fruto.

Asimismo, en la comparación de medias para el peso de los frutos se observa en la figura 5 que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, excepto en el tratamiento de biosólido en el cual existe diferencia significativa con un valor de 25.86 gramos. Khandaker *et al.* (2017) registraron los mejores pesos para los tratamientos de vermicompost y estiércol de vaca con valores cercanos a 15 gr, de esta manera expresaron que con la aplicación de fertilizantes orgánicos aumentan los valores de pesos de los frutos, lo cual en

este estudio se refleja al obtener mayores medias para los tratamientos orgánicos vs blanco.

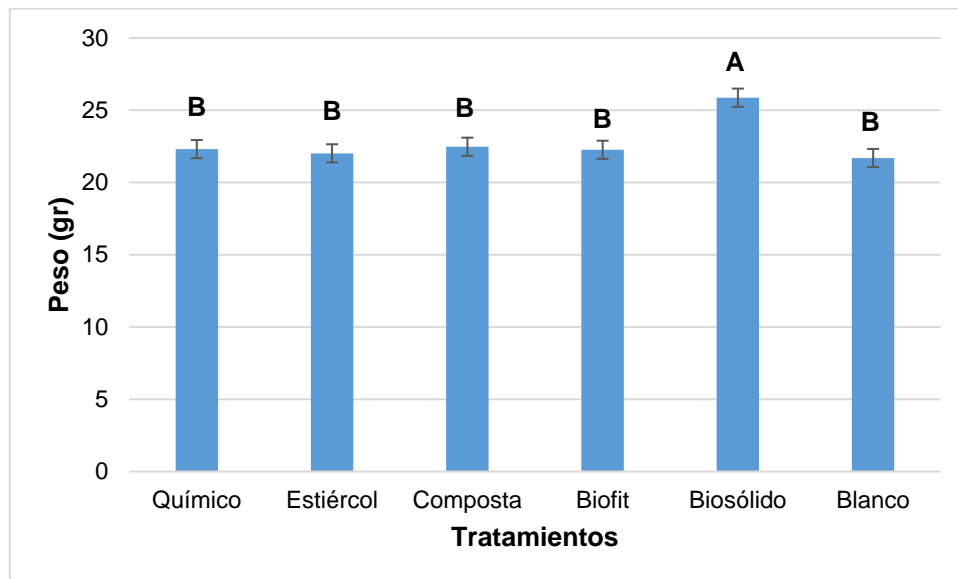


Figura 5. Comparación de medias Tukey (0.05) para los pesos de frutos.

4.1.2 Rendimiento

El análisis de ANOVA mostró diferencia altamente significativa en el rendimiento entre cortes, esto debido a los tiempos en los cuales se realizaron los cortes. Asimismo, no mostró diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 10). Posteriormente se realizó un análisis de comparación de medias por el método de Tukey para observar los rendimientos medios entre tratamientos.

Tabla 10. ANOVA de los rendimientos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*).

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Repeticiones	2	0.1903187	0.0951593	0.07	0.93
Tratamientos	5	5.5614162	1.1122832	0.85	0.5218
Corte	3	226.380347	75.460115	57.66**	0.0001
Corte*Trat	15	9.682129	0.6454753	0.49	0.9319
Error	46	60.2030573	1.3087621		
Total	71	302.017268			

Al momento de realizar la comparación de medias por el método de Tukey con un valor de significancia 0.05 arrojó los datos mostrados en la figura 6, donde

se puede observar que no se encontró variación significativa. Sin embargo, todos los tratamientos superaron al blanco.

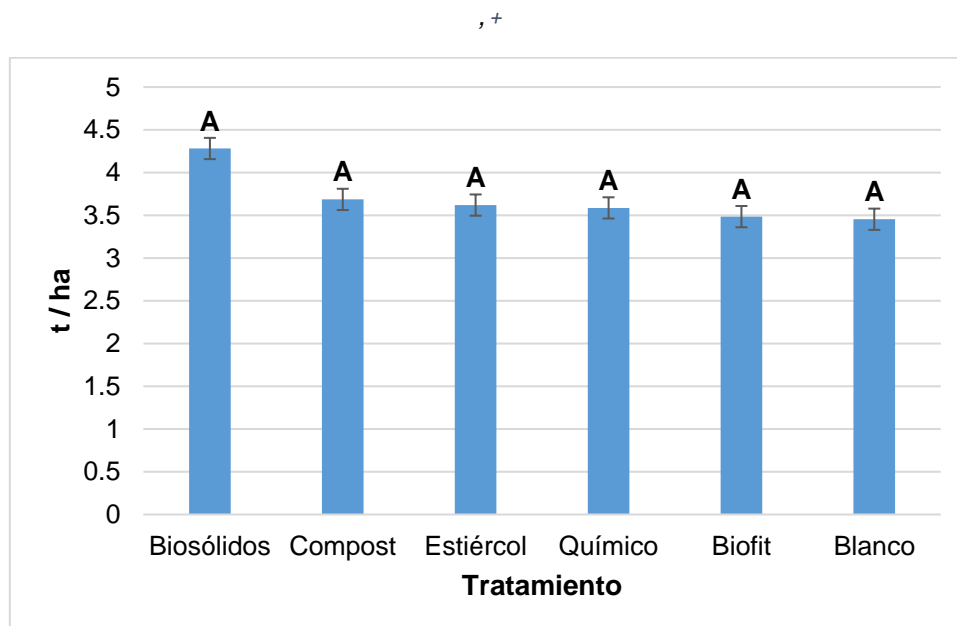


Figura 6. Comparación de medias Tukey (0.05) del rendimiento del chile por cada tratamiento.

Los tratamientos orgánicos a base de biosólidos, compost y estiércol fueron los que mostraron mayores rendimientos siendo el de biosólidos más alto con un valor cercano a las 4.5 t/ha, en contraste con el blanco el cual fue el que obtuvo menor rendimiento con un valor de 3.45 t/ha, Álvarez-Solís *et al.* (2016) realizaron un estudio similar de chile jalapeño con Bokashi, abono orgánico parecido al compost por su preparación y composición, en el cual obtuvo rendimientos de 1.6 t/ha y control de 1.4 t/ha, por lo que, en esta investigación se obtuvieron mayores resultados. También, Adhikari *et al.* (2016) reportaron que los abonos orgánicos de origen animal y vegetal aceleran la floración en comparación con los fertilizantes químicos, orgánicos comerciales y el blanco, mencionan que dicho fenómeno se debe al aumento de temperatura en la rizosfera debido a la descomposición de esos sustratos. En este caso dichos

resultados coinciden con la presente investigación ya que como se mencionó los de origen animal y vegetal son los que obtuvieron mejor rendimiento. Arcos *et al.* (2012) mencionan que al utilizar abonos orgánicos en cultivos de chile habanero se obtiene un beneficio y un efecto significativo, ya que los nutrientes se encuentran disponibles en el suelo cuando las plantas lo requieran, pues su liberación es lenta y gradual, por lo contrario, los fertilizantes sintéticos cada vez más se requieren mayores cantidades para producir más, lo cual es perjudicial para el medio ambiente.

4.2 Análisis Físico Químico del Suelo

La tabla 11 refleja las condiciones químicas iniciales del suelo donde se realizó el estudio, asimismo las condiciones finales del suelo por cada sitio de los diferentes tratamientos. El pH del suelo no presentó cambios ya que se mantuvo en un rango de 7.5 y 8.5, según la clasificación la norma oficial mexicana estos son ligeramente alcalino y moderadamente alcalino. De igual manera se puede apreciar una conductividad eléctrica ligera, es decir ligeramente salina, por otro lado, dichas condiciones son apropiadas para el cultivo de chile jalapeño ya que se encuentran en los niveles óptimos (Abreu *et al.*, 2018). La materia orgánica en los tratamientos químico, compost, Biofit, biosólidos y suelo inicial presentó ser pobre, excepto por el tratamiento de estiércol donde esté resultó ser medianamente rico según la NOM-021-RECNAT-2000, en cuanto a la cantidad de fósforo conforme a la clasificación antes mencionada todos los tratamientos se pueden atribuir con concentración alta, ya que los valores son mayores a 11 mg/kg. En un ensayo experimental sobre la aplicación de abonos orgánicos a la producción de guayaba (Trinidad-

Santos, 2018) se le aplicó estiércol durante dos años y se dejó un testigo, los resultados de aquella investigación mostraron que el pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio aumentaron significativamente con el abono orgánico, lo cual se corrobora en este estudio.

De igual forma en la tabla 11 se puede observar la comparación de los valores de nitratos, en donde la concentración más alta la obtuvo el tratamiento con biosólidos con un valor de 11 ppm; Vázquez-Vázquez y compañía en el 2011 en un estudio con estiércol solarizado aplicado al cultivo de chile jalapeño reportaron que a mayor concentración de abono orgánico mayor es la cantidad de nitratos presentes, la concentración más alta que obtuvieron de NO_3 fue de 10.82 ppm, en el presente estudio refleja resultados parecidos. El resto de los tratamientos no se encontró variación ya que los valores se encontraron entre 3.6 y 4.8 ppm, excepto por el tratamiento de compost y blanco en el cual se obtuvieron las menores concentraciones.

Los abonos orgánicos a la par de aportar nutrientes a las plantas, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando la producción unitaria de chile, mejorando así la calidad del fruto (Golueke, 1989).

Tabla 11. Análisis Fisicoquímicos del Suelo.

TRATAMIENTO	pH	C.E dS/m	M.O %	P mg/kg	NO ₃ ppm
Suelo Inicial	7.69	3.77	0.357005	13.8	4.824907
Químico	7.68	2.68	0.238003	17.7	4.221793
Estiércol	8.12	2.21	2.975044	33.4	4.071015
Compost	8.22	1.45	0.119001	48.0	0.904670
Biofit	7.99	1.8	0.238003	28.95	3.618680
Biosólido	7.66	3.69	0.357005	18.87	11.00681
Blanco	8.12	2.96	1.547023	11.58	1.658561

pH: Potencial de Hidrogeno, C. E: Conductividad Eléctrica, M. O: Materia Orgánica, P: Fósforo, NO₃: Nitrato

4.3 Variables Nutraceuticas

El contenido de nutrientes en los frutos es de gran importancia ya que influye directamente en la salud de las personas. Los fitonutrientes tienen la capacidad de proteger de algunas enfermedades crónicas-degenerativas, también su consumo puede disminuir el daño oxidativo, mejorando la salud humana (Salas-Pérez *et al.*, 2016)

A los resultados de las variables nutraceuticas se les realizó el análisis estadístico ANOVA, posteriormente se realizó una comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza de 0.05 como a continuación se puede observar la siguiente tabla 12.

Tabla 12. Comparación de Medias por el método de Tukey (0.05) de las diferentes variables nutraceuticas evaluadas.

Variables Nutraceuticas					
Tratamientos	Fenoles	Flavonoides	Capsaicina	Proteína Total	Vitamina C
	mgAGE/100 g		mg/mL		mg/100g
Químico	383.81 a	294.7 a	0.26233 a	0.025 c	66 ab
Estiércol	290.26 ab	182.05 b	0.34867 a	0.035333 ab	88 a
Compost	321 ab	212.45 ab	0.51133 a	0.023667 c	58.667 ab
Biofit	362.15 a	171.85 b	0.41133 a	0.028333 bc	69.667 ab
Biosólidos	239.23 b	165.05 b	0.44033 a	0.030667 bc	66 ab
Blanco	333.81 a	260.9 ab	0.323 a	0.39 a	73.333 ab

4.3.1 Fenoles

La tabla 12 muestra que los tratamientos presentaron diferencia estadística, el tratamiento de biosólidos fue el que obtuvo la menor concentración, el tratamiento químico con una concentración de 383 mg AGE/100 g obtuvo el valor más alto, superando en 14% al blanco, respectivamente. Espinoza-Palenque y compañía en 2020 en un estudio al cual se le aplicó vermicompost como abono orgánico al cultivo de chile, obtuvo concentraciones por debajo a las presentadas en esta investigación, la mayor concentración que obtuvieron fue de 68.6 mgAGE/100 g, sin embargo, aumentó considerablemente respecto al testigo, asimismo Aminifard y Bayat (2016) coincidieron sus resultados, atribuyendo que los compuestos fenólicos son más altos en productos orgánicos que en los convencionales.

4.3.2 Flavonoides

Se encontró que el efecto de los diferentes tratamientos fue positivo, ya que hubo diferencia significativa (Tabla 12). El tratamiento que resultó con mayor concentración fue el químico y el compost, con valores de 297.7 y 215.45 mg/100g respectivamente. Sin embargo, entre los tratamientos restantes no se encontró diferencia incluyendo el control. Estos resultados coinciden con los presentados por Aminifard y Bayat (2016) y Donghong *et al.*, (2010). Por otra parte, Ribes-Moya *et al.*, (2020) comparó diferentes genotipos de chiles con fertilización orgánica (estiércol) y convencional, en donde se encontró diferencia altamente significativa en el tipo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) entre los tratamientos, la concentración de flavonoides totales aumentó con la fertilización orgánica. Por esta razón, el presente estudio reafirma los resultados de investigaciones anteriores, sobre la influencia positiva de los abonos orgánicos sobre el contenido de flavonoides.

4.3.3 Vitamina C

Los resultados expuestos en la tabla 12 muestran que se encontró diferencia significativa, ya que mediante la comparación de medias Tukey (0.05) el tratamiento de estiércol fue el mejor con una concentración de 88 mg/100g, en el resto de los tratamientos no hubo diferencia estadística incluyendo el blanco, estos resultados coinciden con los de Castellanos *et al.* (2017) en donde alcanzaron la mayor concentración de ácido ascórbico de tres genotipos de chile en el tratamiento de estiércol solarizado. Asimismo, Deepa y compañía (2006) a través de su investigación consumaron que la concentración de Vitamina C se debe a distintos factores como la fertilización, condiciones climáticas, condiciones de pre y post cosecha, por lo que estos factores mencionados

pueden afectar la composición química de los productos vegetales. Habiendo dicho esto, las anteriores investigaciones han demostrado que los abonos orgánicos influyen en el aumento de concentración de Vitamina C, es importante tenerlo en cuenta ya que este compuesto es esencial para la salud y nutrición de los humanos, en ese sentido los chiles frescos se han reconocido como una excelente fuente de Vitamina C, además de tener buena actividad antioxidante. (Alós *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013).

4.3.4 Capsaicina

La concentración de Capsaicina en los frutos de chile jalapeño fue estadísticamente igual, la tabla 12 expone que las concentraciones son similares en todos los tratamientos, no obstante, el tratamiento de compost (511.23 µg/mL) aumentó 51% respecto al valor del blanco, el cual fue el más bajo junto con el químico. Resultados parecidos consiguió Álvarez-Solís *et al.* (2016), en el cual una mezcla de Bokashi + Vermicompost mostró el mayor valor con 360 µg/mL aumentando en un 48% la concentración respecto al control, (García *et al.*, 2006 y Amnifard *et al.*, 2012) de igual forma obtuvieron resultados similares. Álvarez indicó que la capsaicina es un compuesto derivado de las fuentes de nitrógeno y su incremento podría estar relacionado con la nutrición de la planta a través de los abonos orgánicos ricos en N (Álvarez-Solís *et al.*, 2016).

4.3.5 Proteína Total

La tabla 12 muestra los resultados correspondientes a la cantidad de proteína total, el análisis de varianza mostró diferencia estadística, en el cual la mayor concentración de proteína la obtuvo el blanco (0.39 mg/100g). Serrano *et al.* (2008) mostraron resultados semejantes al someter a estrés salino el cultivo

de chile poblano en diferentes dosis, en el cual los valores rondaron entre 0.011 y 0.22 mg/mL siendo este el más alto. De acuerdo con Hernández y Ramírez (2004) al exponer bajo un estrés moderado, este induce a una mayor resistencia a un estrés más severo (tolerancia cruzada), en consecuencia, como respuesta a tal estrés, la célula produce proteínas adicionales a las que ya antes sintetizaba, en este caso, como anteriormente se mencionó que los suelos donde se realizó el estudio mostraron condiciones de salinidad ligera por ello la alta concentración del blanco. De esta manera, los menores valores los obtuvo el tratamiento de compost y químico, lo cual es bueno para la producción del fruto.

4.4 Inocuidad de los frutos; *Salmonella* spp. y *E. coli*.

Los frutos analizados para determinar la presencia del microorganismo *Salmonella* fue negativa para todos los tratamientos ya que no se encontró presente en los frutos, no obstante, se identificó *E. coli* en los tratamientos de estiércol, compost y Biofit. Abdul-Rapuf *et al.* (1993) mencionan que la presencia de estos microorganismos patógenos se da por la contaminación cruzada, es decir durante la preparación, manipulación y comercialización de los productos crudos ocurre este fenómeno, lo cual esta es la principal causa de la presencia en frutos de aparente buena calidad. Ailes *et al.* (2008) confirman lo señalado antes, debido a que encontraron concentraciones microbiológicas significativamente más altas en vegetales muestreados en áreas de empaque que en las muestras tomadas directamente desde el campo de cultivo.

V CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que los abonos orgánicos presentaron efecto positivo sobre el crecimiento y producción del cultivo chile jalapeño en condiciones de campo.

Los materiales orgánicos utilizados mostraron diferencias significativas en su efecto sobre las diferentes propiedades nutritivas, de calidad e inocuidad del fruto. Asimismo, mostraron efectos importantes sobre el mejoramiento y productividad de los suelos, así como también en las propiedades físico químicas del suelo.

En la calidad de fruto y rendimiento los tratamientos a base de compost y biosólidos, fueron los que mostraron los mayores resultados.

Por otra parte, las variables químicas que se evaluaron en el suelo final el estiércol y compost presentaron los mejores resultados, así como en las variables nutraceuticas coincidieron.

VI BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Raouf, U. M., Beuchat, L. R., & Ammar, M. S. (1993). Survival and growth of *Escherichia coli* O157: H7 on salad vegetables. *Applied and environmental microbiology*, 59(7), 1999-2006.
- Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jimenez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L., & Pérez Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Centro Agrícola*, 45(1), 52-61.
- Abugarade, P. J. F. (1990). Evaluación de tres fungicidas como protectores de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), chile pimiento (*Capsicum annum* L) y Arveja China (*Pisum sativum* L.) para el control de hongos del suelo. Tesis de profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. 49p.
- Adhikari, P., Khanal, A., & Subedi, R. (2016). Effect of different sources of organic manure on growth and yield of sweet pepper. *Adv. Pl. Agric. Res*, 3(5), 111-118.
- Ailes, E. C., Leon, J. S., Jaykus, L. A., Johnston, L. M., Clayton, H. A., Blanding, S., & Moe, C. L. (2008). Microbial concentrations on fresh produce are affected by postharvest processing, importation, and season. *Journal of food protection*, 71(12), 2389-2397.
- Alidadi, H., A. R. Parvaresh, M. R. Shahmansouri, H. Pourmoghadas and A. A. Najafpoor. (2007) Combined compost and vermicomposting process in the treatment and bioconversion of sludge. *Pak. J. Biol. Sci.* 10(21):3944-3947.
- Álvarez-Solís, J. D., Mendoza-Niñez, J. A., León-Martínez, N. S, Castellanos-Albores, J. & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2016). Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annum*) and onion (*Allium*

- cepa) under monoculture and intercropping cultures. *Ciencia e investigación agraria*, 43(2), 243-252. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202016000200007>
- Aminifard, M., & Bayat, H. (2016). Effect of vermicompost on fruit yield and quality of bell pepper. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 221-229.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- Arcos, M. L., Matu, J. E. P., & Cortez, M. A. M. (2012). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L.) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 307-312.
- Aza-González, C., Núñez-Palenius, H.G. & Ochoa-Alejo, N. (2011). Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum spp.*). *Plant Cell Rep* 30, 695–706. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0968-8>.
- Baltazar B. (1997). Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum spp.*) determinada por isoenzimas y RFLPs tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestre en su área de distribución. CONABIO proyecto No. G026. México. 26 p.
- Bosch Mayol, M., Costa, J. L., Cabria, F. N., & Aparicio, V. C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia del suelo*, 30(2), 95-105.
- Bradford M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Brady, N; Weil, R. 1999. The nature and properties of soils. 12 ed. New Jersey, US. Prentice Hall. 881 p.

- Caro EM, Leyva MC, Rios SJ (2014) Competitividad mundial de la productividad de chile verde en México. *Revista de Economía XXXI*: 95-128.
- Casseres, E. 1996. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Lima, Perú. Pp. 55,56.
- Castellanos, J. Z., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, E. M., Olalde-Portugal, V., Preciado-Rangel, P., Ríos-Plaza, J. L., & García-Hernández, J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum L.*) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Science & Utilization*, 25(sup1), S70-S77.
- Domínguez, A. 1997. Tratado de Fertilización. 3 ed. Mundi-Prensa. España. 613 p.
- Doner, L.W., Hicks, K.B. (1981). High-performance liquid chromatographic separation of ascorbic acid, erythorbic acid, dehydroascorbic acid, dehydroerythorbic acid, diketogulonic acid, and diketogluconic acid. *Analytical Biochemistry*, 115 (1), pp. 225-230. doi:10.1016/0003-2697(81)90550-9.
- Donghong, W., S. Qinghua, W. Xiufeng, W. Min, H. Jinyu, L. Jun, and Y. Fengjuan. (2010). Influence of Cow Manure Vermicompost on the Growth, Metabolite Contents, and Antioxidant Activities of Chinesecabbage (*Brassica campestris ssp. Chinensis*). *J. Biol. Fertil. Soils*. 46: 689-696
- Evans, L. T. (1993). *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge, University Press. pp: 71.
- García, I., N.G. Miranda, L.R. González, and F. Nieto. (2006). Preliminary studies of the fermentation of jalapeño pepper (*Capsicum annuum L.*). *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 5:36-42.
- García-Nava M. A. (2009). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. *Revista Académica* 1: 1-4.

- Golueke, C. (1989). The rationale for composting. The biocycle Guide to composting municipal wastes. J.G. Press, Inc. USA. p.1-4.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., & Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98(15), 2781-2786.
- Hernández-Saavedra N.Y., Ramírez-Serrano R. (2004). Differential expression and function of copper-zinc superoxide dismutases under metal stress in the marine yeast *Debaryomyces hansenii*. *J. Mar. Biotechnol.* 6: S1-S5.
- Huerres, P. C. y Carballo, L. N. (1987). Hortalizas. Universidad central de la villa. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cuba. Pp. 31-48.
- Janick, J. (1985). Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 564 pp.
- Khandaker, M. M., Rohani, F., Dalorima, T., & Mat, N. (2017). Effects Of Different Organic Fertilizers On Growth, Yield And Quality Of *Capsicum annum* L. Var. *Kulai (Red Chilli Kulai)*. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 14(1), 185-192.
- Laborde, C. J. A., y Pozo, C. O. (1984). Presente y Pasado del Chile en México. Publicación especial No. 85. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. 80 p.
- Larqué-Saavedra, B.S., Limón-Ortega, A., Irizar-Garza, M.B.G., Díaz-Valasis, M. (2017). Fertilización química del maíz, su impacto en el rendimiento y en los costos de producción. Folleto técnico No. 2. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Texcoco, Estado de México. 36p.

- Long, Solís J. (1982). presente y pasado del chile en México. S.A.R.H. – I.N.I.A. México, D. F. pp. 8, 18, 48, 49.
- Long-Solis, J. (1986). *Capsicum* y cultura: la historia del Chili. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 181 p.
- López-Hernández, F.E., C.E. Lobato-García, A. Gómez-Rivera, N. Romero-Ceronio y A. Escobar-Ramos (2011). Extracción y cuantificación espectrofotométrica de capsaicinas a partir de chile habanero. Memorias de la Semana de Divulgación y Video científico, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. pp. 69-72.
- Meléndez G. y Umaña G. (2005). Sistemas Poscosecha en Frutas de Mango, Melón y Sandía: Conceptos y Aplicaciones. In: Memorias de Curso de Capacitación. 13 de julio 2005.
- Morales-Avedaño, E., Martínez-Pérez, R., Suárez-Rodríguez, G. (2014). Aislamiento, cultivo, viabilidad y evaluación de un consorcio cianobacteria-microalga como acondicionador de suelos. REMCB 35(1 y 2):51-71.
- Moreno-Escamilla, J. O., Laura, A., López-Díaz, J. A., Rodrigo-García, J., Núñez-Gastélum, J. A., & Alvarez-Parrilla, E. (2015). Effect of the smoking process and firewood type in the phytochemical content and antioxidant capacity of red Jalapeño pepper during its transformation to chipotle pepper. *Food Research International*, 76, 654-660.
- Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N., Reyes-Carrillo, J. L., Cano-Ríos, P., Vásquez-Arroyo, J., & Figueroa-Viramontes, U. (2013). Vermicompost management: An alternative to meet the water and nutritive demands of tomato under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 385-393.

- Morón R. A. y Alayón G. J. A. (2014) Productividad de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. Revista Avances de Investigación Agropecuaria. 18: 35-40
- Muñoz, F. I. y C. B. Pinto. 1970. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Revista el Campo. No. 15. INIASAG. México. Pp 3- 12.
- Nuez F., O. R. Gil, J. Costa. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi.Prensa. Madrid.
- Ocampo M. J., Caballero MR, Tornero C. M. A. (2005) Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. En: Agricultura, Ganadería, Ambiente y Desarrollo Sustentable. pp: 55-73.
- Ornelas-Paz J., M. J. Martínez-Burrola M., S. Ruíz-Cruz, V. Santana-Rodríguez, V. Ibarra-Junquera, I. G. Olivas, J. D. Pérez-Martínez. (2010). Effect Of Cooking On The Capsaicinoids And Phenolics Contents Of Mexican Peppers, Food Chemistry, 119:1619–1625.
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, 1(4), 1-4.
- Osuna García, J. A., Y. Nolasco González, L. Ortega Navarrete, R. Sánchez Lucio y M. L. Guzmán Robles. (2011). Aplicación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en frutales y hortalizas en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 17, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.
- Pedroza-Sandoval, A.; Samaniego-Gaxiola, J. A. (2003). Efecto del subsuelo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Mexicana de Fitopatología 21: 272-277

- Pickersgill, B. (1969). The domestication of chili peppers. In: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (Eds.). The domestication and exploration of plants and animals. Duckworth. London. UK. pp. 443-450.
- Ramesh, P., M. Singh and A. S. Rao. (2005). Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Curr. Sci.* 88(4):561-568.
- Ribes-Moya, A. M., Adalid, A. M., Raigón, M. D., Hellín, P., Fita, A., & Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Variation in flavonoids in a collection of peppers (*Capsicum* sp.) under organic and conventional cultivation: effect of the genotype, ripening stage, and growing system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2208-2223.
- Rodríguez, M. S. A., & Villar, E. M. (1993). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja.
- Salas-Pérez L, González-Fuentes JA, García Carrillo M, Sifuentes Ibarra E, Parra-Terrazas S, Preciado-Rangel P (2016) Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova Scient.* 8: 310-311.
- Sarrantonio, M. (1991). Methodologies for screening soil-improving legumes. Rodale Institute. USA. 312 p.
- Satti S., M.E., R.A. Al-Yhyai y Fahad Al-Said. (1996). Fruit quality and partitioning of mineral elements in processing tomato in response to saline nutrients. *J. Plant Nutr.* 19: 705-715.
- Saurabh, P., Kumar, N. (2014). Algae as a soil conditioner. *IJETR* 2(4):68-70.
- SEMARNAT. (2000). NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*.

- Sikora L; Stott, D. (1996). Soil organic carbon and nitrogen analysis. In Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 157-167. (Special Publication no.49).
- Silva, L. R., J. Azevedo, M. J. Pereira, P. Valento, and P. B. Andrade. (2013). Chemical assessment and antioxidant capacity of pepper (*Capsicum annuum L.*) seeds. Food and Chemical Toxicology 53:240–48.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIAP) (2012). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>
- Smith, K. A., McTaggart, I. P., & Tsuruta, H. (1997). Emissions of N₂O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation. Soil use and management, 13, 296-304.
- Suquilanda, M. (2008). El Deterioro de los Suelos en Ecuador y la Producción Agrícola, XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Universidad Central del Ecuador. Santo Domingo 17-19 de noviembre. pp:1-56.
- Trinidad-Santos, A. (2018). Importancia De La Materia Orgánica En El Suelo. Agro Productividad, 9(8). Recuperado a partir de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- USDA-FSIS. (2002). Isolation and identification of *Salmonella* from meat, poultry and egg products, MLG 4.02, rev. 10/25/02. USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook, 3rd ed. U. S. Department of Agriculture, Food Safety Inspection Service, Washington, D. C.
- Vázquez-Vázquez, C., García-Hernández, J. L., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., Valdez-Cepeda, R. D., Orona-Castillo, I., & Preciado-Rangel, P. (2011). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*). Revista Chapingo. Serie Horticultura, 17(SPE1), 69-74.

Wattsagro, (1999). El cultivo de chile poblano (*Capsicum annuum L.*) Consulta de la página de internet: <http://www.wattsagro.com>

Zayed, M. S., Hassanein, M. K. K., Esa, N. H., & Abdallah, M. M. F. (2013). Productivity Of Pepper Crop (*Capsicum annuum L.*) As Affected By Organic Fertilizer, Soil Solarization, And Endomycorrhizae. *Annals Of Agricultural Sciences*, 58(2), 131-137.