

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



Inoculación de *Enterobacter xianfangensis* como rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.), bajo condiciones de malla sombra

Por

LORENA VASQUEZ LAVARIEGA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Inoculación de *Enterobacter xianfangensis* como rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.), bajo condiciones de malla sombra

Por

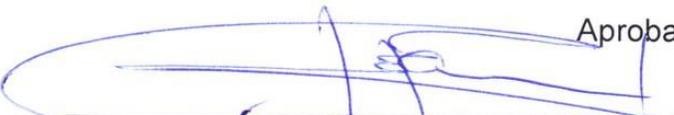
LORENA VASQUEZ LAVARIEGA

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por


DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ
Presidente


DR. LUCIO LEOS ESCOBEDO
Vocal


DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO
Vocal


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Vocal Suplente


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Inoculación de *Enterobacter xianfangensis* como rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.), bajo condiciones de malla sombra

Por

LORENA VASQUEZ LAVARIEGA

TESIS

Que se somete a la consideración del Comité de Asesoría como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por

DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ
Asesor Principal

DR. LUCIO LEOS ESCOBEDO
Coasesor

DR. JOSÉ LUIS REYES GARRILLO
Coasesor

M.E. JAVIER LOPEZ HERNANDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez, por darme la oportunidad de colaborar en este proyecto de investigación.

AL Dr. Lucio Leos Escobedo, por su apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo, por la paciencia y por transmitir sus conocimientos conmigo.

A M.C. Aimir Hidalgo de León por la facilitar el material de estudio de este trabajo.

Al M.C. Bernardo Espinoza Palomeque por su ayuda y disposición.

A Isaí Lavariega Meneses por su apoyo durante el transcurso de este proyecto.

DEDICATORIA

Con cariño y amor a mi madre que ha sido mi inspiración durante toda la carrera.

RESUMEN

El área cosechada de tomate a nivel mundial se coloca en las 4'782,753 hectáreas, mientras que la producción en el orden de las 177'042,359 toneladas. Asia, es considerado el principal productor con el 60.1 %, América con el 14.7 %, Europa con el 13.7 %, África con el 11.2 % y Oceanía con el 0.3 %. En México 70 % de la superficie total cultivada en agricultura protegida es dedicada al cultivo de tomate: Existen alrededor de 25 mil hectáreas, sembradas con agricultura protegida de las 17,388 unidades con agricultura protegida, 54.1 % son de invernadero, 9.4 % son con estructura de malla sombra y 2.5 % son viveros. El presente trabajo de investigación se realizó en el área de Lombricompost en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila. La siembra en semillero se realizó el día 03 y el trasplante el día 31 de marzo del año 2016. Con el propósito de evaluar el efecto de la inoculación de *Enterobacter xianfangensis* en el crecimiento reproductivo y el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra. La inoculación de la rizobacteria promotora del crecimiento vegetal se hizo en dos ocasiones (7 y 26 ddt). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Las variables evaluadas en etapa vegetativa-reproductiva fueron altura de la planta y el peso de frutos por planta. En el rendimiento, los kilogramos por metro cuadrado y por hectárea. En la calidad del fruto, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial, el espesor de pericarpio, el contenido de sólidos solubles y la firmeza del fruto. En los resultados se encontró que en la etapa vegetativa-reproductiva, sobresalió el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50% + 100% Arena de río), con 111.57 cm y 0.517 kilogramos por planta. En el rendimiento, sobresalió nuevamente el Tratamiento 1 con 1.231kilogramos por metro cuadrado y 12,314 kilogramos por hectárea. En la calidad del fruto para diámetro polar y diámetro ecuatorial, sobresalió, el Tratamiento 1, con 0.0348 y 0.0320 cm. En el espesor de pericarpio, el contenido de sólidos solubles y la firmeza, sobresalió el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50% + 60% Arena de río + 40% Vermicompost), con 0.488 cm, 4.76 °Brix y 0.242 kg cm².

Palabras clave: Abonos orgánicos, Agricultura protegida, Crecimiento, Producción, Vermicompost.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Importancia económica del cultivo.....	4
2.1.1. Producción mundial	4
2.1.2. Producción nacional	4
2.2. Agricultura protegida	5
2.3. Origen del cultivo.....	6
2.4. Taxonomía	6
2.5. Morfología de la planta del tomate	7
2.5.1. Raíz	7
2.5.2. Tallo	7
2.5.3. Hojas	8
2.5.4. Flores	8
2.5.5. Fruto	8
2.6. Requerimientos edafoclimáticos	9
2.6.1. Temperatura	9
2.6.2. Humedad relativa	9
2.6.3. Luminosidad	9
2.6.4. Suelo	10
2.7. Manejo agronómico del tomate	10
2.7.1. Trasplante	10
2.7.2. Tutorado	10
2.7.3. Polinización	11
2.7.4. Podas	11
2.7.5. Riegos	11
2.8. Abonos orgánicos	12

2.8.1 Té de compost	13
2.8.2. Los estiércoles	13
2.8.3. Bocashi	14
2.8.4. Abonos Verdes	14
2.8.5. Vermicompost	15
2.9. Nutrición mineral y orgánica	16
2.8. Microorganismos en la agricultura	18
2.8.1. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal	19
2.8.2. Rizobacterias	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Localización del área de estudio	22
3.2. Localización del sitio de estudio	23
3.3. Localización de sitio experimental	23
3.4. Condiciones climáticas de la región	24
3.4.1. Temperatura	24
3.4.2. Humedad relativa	24
3.4.3. Precipitación fluvial	25
3.4.4. Vientos	25
3.4.5. Heladas	25
3.5. Acondicionamiento del área	25
3.6. Obtención de sustratos	26
3.7. Material vegetal asexual	26
3.8. Siembra de la semilla	26
3.9. Trasplante	27
3.10. Colocación en el área de malla sombra	27
3.9. Inoculación de rizobacterias	27
3.10. Riegos al cultivo	27
3.11. Manejo del cultivo	28
3.11.1. Podas	28
3.11.2. Tutoreo	28
3.11.3. Polinización	28
3.11.4. Deshoje	29

3.11.5. Aclareo de frutos.....	29
3.11.6. Plagas en el cultivo.....	29
3.12. Descripción de la Rizobacteria de estudio.....	29
3.13. Tratamientos de estudio.....	30
3.14. Diseño experimental.....	30
3.15. Modelo estadístico.....	31
3.16. Variables evaluadas.....	31
3.16.1. Etapa vegetativa.....	31
3.16.1.1. Altura de planta.....	31
3.16.2. Etapa productiva.....	31
3.16.2.1. Peso de frutos por planta.....	32
3.16.3. Rendimiento.....	32
3.16.3.1. Rendimiento en kilogramos por planta.....	32
3.16.3.2. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado.....	32
3.16.3.3. Rendimiento en kilogramos por hectárea.....	32
3.16.4. Calidad de fruto.....	33
3.16.4.1. Diámetro polar.....	33
3.16.4.2. Diámetro ecuatorial.....	33
3.16.4.3. Espesor de pericarpio.....	33
3.16.4.4. Contenido de sólidos solubles.....	33
3.16.4.5. Firmeza del fruto.....	34
3.17. Análisis estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Etapa vegetativa.....	35
4.1.1. Altura de planta.....	35
4.2. Etapa productiva.....	36
4.2.1. Peso de frutos por planta.....	36
4.3. Rendimiento.....	37
4.3.1. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado.....	37
4.3.2. Rendimiento en kilogramos por hectárea.....	38
4.4. Calidad de fruto.....	39
4.4.1. Diámetro polar de fruto.....	39

4.4.2. Diámetro ecuatorial.....	40
4.4.3. Espesor de pericarpio del fruto	41
4.4.4. Contenido de sólidos solubles.....	42
4.4.5. Firmeza de fruto.....	43
V. CONCLUSIÓN.....	45
VI. LITERATURA CITADA.....	46
VII. ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos de estudio a desarrollar en el trabajo de investigación. UAAAN UL, 2018.	30
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera, en el Estado de Coahuila y Durango UAAAN UL, 2018.	22
Figura 2. Localización del municipio de Torreón en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018.	23
Figura 3 . Localización del sitio de estudio en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. UAAAN UL, 2018.	24
Figura 4. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable de altura de planta a los 141 ddt. UAAAN UL, 2018.	36
Figura 5. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable peso de frutos por planta. UAAAN UL, 2018.	37
Figura 6. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable kilogramos por metro cuadrado. UAAAN UL, 2018.	38
Figura 7. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable kilogramos por hectárea. UAAAN UL, 2018.	39
Figura 8. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable diámetro polar del fruto. UAAAN UL, 2018.	40
Figura 9. Respuesta de los tratamientos de estudio para la variable diámetro ecuatorial del fruto. UAAAN UL, 2018.	41
Figura 10. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable espesor de pericarpio del fruto. UAAAN UL, 2018.	42
Figura 11. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable solidos solubles del fruto. UAAAN UL, 2018.	43
Figura 12. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable Firmeza del fruto. UAAAN UL, 2018.	44

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.), es una de las hortalizas más difundidas en todo el mundo con alto valor económico (Sánchez López *et al.*, 2012). A nivel mundial, el tomate ocupa el primer lugar en producción, este fruto presenta beneficios como antioxidante y es ampliamente usado en la cocina mesoamericana (García-Ramos *et al.*, 2018). En México la producción de tomate fresco en 2016, totalizó 4,047171 toneladas (FAOSTAT, 2018), y el volumen cosechado en 2017 se superó en 631 mil toneladas respecto a lo obtenido en 2012 (SIAP, 2018).

La producción de tomate en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y calidad del fruto (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008), se destaca que en México existen 25 mil hectáreas de agricultura protegida, que contribuyen con el 5.1% del valor de la producción agrícola y emplea el 0.1% de la superficie sembrada, los rendimientos por hectárea de jitomate superan en 2.9 veces los rendimientos de cultivos similares a campo abierto (SIAP, 2017).

Para mejorar la producción sin el uso de agroquímicos, las investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de nuevas biotecnologías; haciendo que exista un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo, ya que éstos pueden promover el crecimiento de las plantas y en algunos casos también evitar la infección del tejido vegetal por patógenos (Peña y Reyes, 2007).

Numerosos reportes han descrito la asociación benéfica entre plantas y microorganismos en la que bacterias y hongos aplicados a la semilla, al suelo o a la planta, colonizan la raíz, la rizósfera o ambos y promueven el crecimiento de las plantas e incrementan la absorción y disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos

microorganismos son conocidos como promotores del crecimiento vegetal (Luna-Martínez *et al.*, 2013). Numerosas especies de bacterias pueden estimular el crecimiento de las plantas por una amplia gama de mecanismos. Estas bacterias se conocen como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) [en inglés Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Vessey, (2003). Se estima que del 2 al 5 % de las rizobacterias pueden estimular el crecimiento vegetal (Noh-Medina *et al.*, 2014), las RPCV pueden actuar a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando directamente el metabolismo de la planta (incrementando la absorción de agua y minerales), mejorando el desarrollo radical, incrementando la actividad enzimática de la planta o “ayudando” a otros microorganismos benéficos para que actúen de mejor manera sobre las plantas (Gonzales-Mancilla *et al.*, 2017). Las rizobacterias ofrecen una alternativa ecológica para controlar el ataque de patógenos y/o mejorar el rendimiento de los cultivos además de contribuir de manera substancial al desarrollo de una agricultura sustentable (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2006).

1.1. Objetivo

Evaluar el efecto de la inoculación de la rizobacteria *Enterobacter xianfangensis*, en el crecimiento reproductivo y el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra.

1.2. Hipótesis

Ho= La inoculación de la rizobacteria *Enterobacter xianfangensis*, tiene respuesta en el crecimiento reproductivo y el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra.

Ha= La inoculación de la rizobacteria *Enterobacter xianfangensis*, no tiene respuesta en el crecimiento reproductivo y el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia económica del cultivo

La producción y el consumo mundial de tomate rojo, así como el consumo promedio *per cápita*, registran tendencia al alza durante la década reciente, China es el más importante productor y consumidor mundial, Estados Unidos por su parte ha sido considerado como el principal importador y México como el principal exportador de esta hortaliza (FIRA 2016).

2.1.1. Producción mundial

El área cosechada de tomate a nivel mundial se ha estimado en 4782,753 hectáreas, mientras que en la producción a nivel mundial se reportan 1'77'042,359 toneladas, Asia se ubica como el primer productor con 60.1%, América con 14.7%, Europa con 13.7%, África 11.2% y Oceanía con 0.3% (FAOSTAT, 2018).

2.1.2. Producción nacional

México, es el principal proveedor a nivel mundial de tomate con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales, durante 2016 el tomate mexicano cubrió 90.67% de las importaciones de Estados Unidos y 65.31% de Canadá (SAGARPA, 2017).

La producción nacional ha crecido en un 8.1% gracias a un incremento de tres kilogramos en el rendimiento por unidad de superficie, comparado con lo registrado en 2015. Sinaloa, encabeza la lista de entidades productoras de jitomate con un volumen de 924,153 toneladas, San Luis Potosí con 306,621 toneladas, Michoacán con 235,785 toneladas, Baja California con 226,062 toneladas de la producción

nacional señalando que una alta proporción se cultiva bajo el concepto de agricultura protegida (SIAP, 2017).

2.2. Agricultura protegida

La producción en invernaderos o sistemas protegidos puede afectar positiva o negativamente la productividad y la calidad de los cultivos, por ejemplo, si el manejo del cultivo se realiza correctamente, la productividad y la calidad del cultivo pueden mejorarse (Reyes-Cabrera, 2018). La producción en agricultura protegida es de suma importancia ya que genera ventajas sobre la producción a cielo abierto, pues se establece una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, entre otros) y controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa y otros (Juárez-Maldonado *et al.*, 2015).

En México el 70% de la superficie total cultivada en agricultura protegida es dedicada al cultivo de tomate (Bastia-Tapia, 2017), existen alrededor de 25 mil hectáreas sembradas con agricultura protegida de las 17,388 unidades con agricultura protegida, 54.1% son de invernadero, 9.4% son con estructura de malla sombra y 2.5% son viveros (INEGI, 2018).

El uso de malla plástica para sombrear es una técnica empleada en la horticultura protegida para disminuir la intensidad de la radiación y evitar incrementos de temperatura durante periodos cálidos (Márquez *et al.*, 2014). La ventaja más importante del sistema de mallas, es quizás la flexibilidad de sus materiales y la facilidad con la cual puede ser instalada o transportada hacia otros lugares. La duración y el tamaño de estas unidades, puede ser ajustada a las necesidades

específicas de cada cultivo y puede ser retirada al final de la temporada para alargar la vida útil de las cubiertas (Ayala, 2012).

2.3. Origen del cultivo

El origen del tomate aun no es muy preciso, las especies del género *Lycopersicon*, tienen una distribución natural restringida a las áreas costeras y secas del pacifico de América del sur, de Ecuador a Chile, incluyendo los Galápagos, en ellas crece de forma silvestre *Lycopersicon pimpinellifolium*, que es la más afín al jitomate sin embargo no hay pruebas históricas o arqueológicas que indiquen que el tomate se cultivara en esa región antes de la llegada de los europeos (León, 2000). En México fue donde se domesticó, quizá porque crecía como maleza en los huertos, durante el siglo XVI, donde se consumían tomates en distintas formas y tamaños pero para ese entonces ya habían sido llevados a Europa y servían como alimento en España e Italia (Lesur, 2006).

2.4. Taxonomía

Navarro (2011) indica que la taxonomía del tomate se describe como:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solanae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

2.5. Morfología de la planta del tomate

El tomate es una planta perenne anual de porte arbustivo; se desarrolla de forma rastrera semi erecta o erecta. En las variedades determinadas el crecimiento es limitado, de tipo arbustivo, bajo, compacto y la producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Los cultivares indeterminados presentan inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo (CCB, 2015).

2.5.1. Raíz

Castellanos (2010) describe que el sistema radical del tomate consta de una raíz principal y una gran cantidad de ramificaciones secundarias; en los primeros 30 cm de la capa del suelo se concentra el 70 por ciento de la biomasa radical. Sin embargo, este sistema radical puede ser modificado por las prácticas culturales, de tal forma que cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.5.2. Tallo

El tallo generalmente mide entre 2.0 y 4.0 centímetros en la base de la planta y es más delgado en la parte superior donde se están formando nuevas hojas y racimos florales (Escobar y Lee, 2009). La ramificación es generalmente simpodial, los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o ramas abortivas (Vallejo y Estrada, 2004).

2.5.3. Hojas

La forma de las hojas es muy variable y depende en gran parte de condiciones ambientales, la lámina está dividida de dos a 12 pares de segmentos o folíolos de diferente tamaño. Con frecuencia entre dos pares de folíolos grandes hay de uno a tres pares más pequeños en todos ellos los bordes son muy recortados, al ápice hay un segmento más grande de lóbulos irregulares (León, 1968).

2.5.4. Flores

Las flores son pentámeras o hexámeras, los estambres se encuentran soldados entre sí formando un cono estaminal alrededor del pistilo, cuyo estigma se encuentra por debajo de la superficie del cono estaminal, con lo que se asegura la autopolinización (Jaramillo y Arias, 1997).

Se presenta formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por racimo. Se precisan de 56-76 días desde el nacimiento de la planta hasta que se inician los botones florales (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.5.5. Fruto

Es una baya de forma y tamaño variable está dividida en cinco partes, pared externa, tejido locular, pulpa gelatinosa, piel y semillas. El color del fruto depende de la presencia de pigmentos carotenoides y es un aspecto fundamental de la calidad (López, 2009).

2.6. Requerimientos edafoclimáticos

El tomate es una de las hortalizas cultivadas más importante, sin embargo, cuando no se tiene las condiciones adecuadas, el cultivo se ve afectado por diversos factores que afectan la producción llegando a provocar importantes pérdidas en el rendimiento y calidad de dicho cultivo.

2.6.1. Temperatura

La temperatura idónea para el cultivo de tomate oscila entre los 21 y 26 °C durante el día y 17 y 22 °C, durante la noche; temperaturas bajo 10 °C afectan la formación de flores y mayores a 35 °C, tienden a afectar la fructificación (Torres, 2017a).

2.6.2. Humedad relativa

Iñamagua (2010) menciona que la humedad relativa óptima oscila entre un 50-60 %; mientras que una excesiva humedad produce una mala fecundación de las flores y un aumento en la incidencia de enfermedades criptogámicas.

2.6.3. Luminosidad

El tomate requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer, estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre la fecundación; la intensidad de radiación si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras, coloración irregular, entre otros (Torres, 2017b).

2.6.4. Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura franco arcillosa, ricos en materia orgánica y con buen drenaje (Sigcha-Cunuhay, 2016) con pH entre 5.5 y 7.02. El tomate es una de las especies que tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Molina-Abadia, 2007).

2.7. Manejo agronómico del tomate

2.7.1. Trasplante

El trasplante definitivo se realiza aproximadamente entre cuatro a cinco semanas después de la siembra en semillero. Es conveniente realizarlo cuando la planta tenga entre tres a cuatro hojas bien formadas o cuando su altura oscile los 10 a 15 cm (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.7.2. Tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, entre otros.). La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (MARM 2008).

2.7.3. Polinización

Se lleva a cabo en condiciones de invernadero y consiste en hacer vibrar las plantas para que ocurra el desprendimiento del polen, también se pueden utilizar abejorros (*Bombus terrestris*), se ha comprobado que esta práctica incrementa en un 34 % la producción, además de eliminar la malformación de la fruta (Lopez-Marin, 2016).

2.7.4. Podas

Las podas se pueden clasificar en función del órgano que se está eliminando, tallos, hojas, flores o frutos. La poda de hojas que consiste en remover las hojas senescentes inferiores (hojas viejas o dañadas) por debajo del último racimo que va madurando, dejando un racimo adicional descubierto, la poda de brotes o también llamada “desbrote”, consiste en quitar brotes de las axilas de las hojas, es aconsejable eliminarlos cuando tengan alrededor de 5 cm de longitud, de tal manera que las cicatrices sean pequeñas y se reduzca el riesgo de enfermedades, el número de podas de brotes dependerá del estado de desarrollo de la planta (Castellanos, 2010). El manejo de poda en los frutos no tiene fórmula general y depende de variables como las condiciones climáticas, estado de desarrollo de las plantas, vigor, variedad y exigencias del mercado (Bojaca *et al.*, 2009).

2.7.5. Riegos

Uno de los principales factores que afectan el rendimiento es la aplicación oportuna y suficiente del agua de riego. Una mala programación del riego también promueve la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos (Flores *et al.*,

2007). Los coeficientes de riego para el cultivo de tomate presentan valores cercanos a los 0.8 de la evapotranspiración, en la etapa de plena producción, lo cual indica que el cultivo requiere de cantidades moderadas de agua (FAO, 2006). En sistemas protegidos las plantas tienen condiciones ambientales diferentes con respecto a las cultivadas al aire libre, lo que conlleva a que la demanda hídrica sea diferente, por tal razón se requiere del conocimiento de la evapotranspiración para establecer la adecuada programación de riego, estudios realizados sobre el tema reportan que esta se reduce hasta en un 50 % en comparación con la del exterior (Camejo *et al.*, 2010)

El tomate al aire libre puede necesitar hasta $6,000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de agua y en invernaderos hasta $10,000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Los valores experimentales muestran que los requerimientos de riego del tomate varían de 200 mL por planta, en la etapa inicial, hasta 1,500 mL, en la etapa de máxima demanda (Flores *et al.*, 2007). La escasez del agua producirá un crecimiento reducido en general y una absorción escasa de calcio, en particular lo que puede ocasionar esta deficiencia es la podredumbre apical, la floración se ve afectada y se podrían perder racimos, por otro lado demasiada agua causará muerte de raíz, retraso de la floración, y desordenes en la fructificación (Tjalling, 2006).

2.8. Abonos orgánicos

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan

nutrimentos al suelo y, por tanto a las plantas que crecen en éste (Ramos y Terry, 2014).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000), ofreciendo un valor alto de la materia orgánica que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (López-Martínez *et al.*, 2001).

2.8.1 Té de compost

Es un extracto líquido del compost que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales, que es preparado con una fuente de comida microbial como la melaza, contiene ácidos húmicos y fulvicos además posee características especiales como la transferencia de la biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y compuestos químicos como nutrimentos solubles que se pueden aplicar al suelo o como fertilizante foliar (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2009).

2.8.2. Los estiércoles

Los estiércoles son los excrementos sólidos y líquidos de los animales, mezclados con los residuos vegetales que se han utilizado como cama y que están considerados como fertilizantes orgánicos efectivos que disminuyen la necesidad de adquirir insumos sintéticos (Acevedo-Peralta 2017). Tienen el potencial de ser utilizados como una fuente de gran eficiencia en la nutrición de los cultivos, aunque según sus procedencias, muestran grandes diferencias en cuanto a los nutrimentos

que contienen (Díaz-Fanco *et al.*, 2016), analizando los diferentes abonos según este criterio, los estiércoles ovinos son los más ricos en nutrientes, después sigue el guano de gallina (gallinaza) el estiércol equino, bovino y por último, el estiércol porcino. Por lo general, todos contienen cantidades altas de nitrógeno (N) y potasio (K), pero muy poco fósforo (P) disponible (Brechelt, 2004).

2.8.3. Bocashi

Los beneficios del uso de enmiendas orgánicas como el Bocashi, son ampliamente conocidos a nivel mundial (Goyes y Gómez, 2018), el Bocashi ha sido utilizado como abono orgánico desde hace ya muchos años, este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal a través de la fermentación, su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y supe a las plantas con nutrimentos (Ramos y Terry, 2014).

2.8.4. Abonos Verdes

Otra forma de adicionar nutrientes al suelo (principalmente nitrógeno) es mediante la siembra de abonos verdes, que además de servir de cubierta del suelo; lo protegen de la erosión y de la compactación por acción de la lluvia, reduce la pérdida de humedad por evapotranspiración, de estos abonos se recomienda usar especies de rápido crecimiento (Felix-Herran *et al.*, 2008). La finalidad es incorporarlos después de un cierto tiempo al suelo y así devolverle los nutrientes absorbidos, generalmente, se siembran sólo leguminosas o en combinación con cereales, entre éstos destacan: *Mucuna pruriens* (L), *Dolichos lablab* (L), *Canavalia*

ensiformis (Mart.ex Benth), *Centrosema molle* (Mart. ex Benth), *Clitoria ternatea* (L), *Crotalaria juncea* (L), *Crotalaria ochroleuca* (L), *Desmanthus virgatus* (L), *Indigofera tinctoria* (Jaub. & Spach), *Lablab purpureus* (L), *Macroptilium atropur-pureum* (DC), *Stylosanthes guianensis* (Aubl), *Teramnus uncinatus* (L) y *Vigna* spp., (L), entre otras, con aportes de N hectárea que van desde los 60 hasta los 300 kg•ha⁻¹ (Castro *et al.*, 2017).

2.8.5. Vermicompost

El vermicompost es un material orgánico producto de la actividad de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). Biofertilizante que puede ser utilizado como enmienda orgánica pues este material presenta efecto sobre el crecimiento de la planta, el cual puede estar relacionado con la actividad microbiana (Pérez, 1994), además de que posee propiedades físicas, químicas y biológicas que mejoran el medio de crecimiento y aportan nutrimentos (Sánchez-Hernández *et al.*, 2016).

2.8.6. Vermicompost como sustrato

Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues contribuye el medio en que se desarrollaran las raíces las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega *et al.*, 2010).

En la actualidad existe la preocupación entre los consumidores por preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los degustados en fresco; una alternativa para la generación de este tipo de alimentos, es la producción orgánica, método agrícola en el que no se deben de utilizar agroquímicos sintéticos (Márquez *et al.*, 2008).

La investigación de nuevos materiales para formular sustratos que sirvan como medio de crecimiento vegetal se ha transformado en una actividad fundamental, debido al encarecimiento y baja disponibilidad de los ya existentes, y a su vez a la creciente demanda de sustratos cada vez más específicos (Zapata *et al.*, 2005).

Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen el compost y el vermicompost, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (De la Cruz *et al.*, 2009). Se ha señalado que el vermicompost utilizado como sustrato afecta favorablemente la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Además, aumenta notablemente la altura de las especies vegetales en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Así mismo, durante el trasplante previene enfermedades y lesiones por cambios bruscos de temperatura y humedad (Moreno *et al.*, 2005), mientras que Ruiz, (2011), señala que tiene alto contenido en nutrientes y es utilizado comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes.

2.9. Nutrición mineral y orgánica

El objetivo principal de la fertilización es suministrar al cultivo los nutrimentos necesarios, en cantidad adecuada, usando los fertilizantes más eficientes y aplicándolos en la época más oportuna de acuerdo al uso y demanda de la planta (Jiménez-Zambrano, 2015).

Franco (2009) menciona que al diseñar un programa de fertilización se deben tener en cuenta ciertos aspectos; El fertirriego exige que los fertilizantes sean solubles o líquidos, dejar un mínimo de impurezas, la concentración total de los

fertilizantes con respecto al agua de riego no debe superar a uno por mil (es decir 1 kg de abono por mil litros de agua de riego), en caso de mezclar los productos deben ser compatibles, no deben tener un efecto corrosivo en el sistema de riego.

Los requerimientos nutricionales promedio de N P, K, Ca y Mg para el cultivo del tomate son 225, 72, 318, 50 y 64 kg•ha⁻¹ respectivamente, para una densidad de población de 19,000 plantas y un rendimiento esperado de 42 t•ha⁻¹ (Vallejo y Estrada, 2004).

Para determinar la capacidad de aporte de nutrimentos de un material orgánico, deben conocerse sus características químicas, físicas y biológicas, así como otros parámetros de calidad, será necesario determinar los criterios para calcular las dosis según el cultivo y el sistema de producción (Medina *et al.*, 2010).

Estudios recientes desarrollados con, abonos orgánicos biofertilizantes, bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal, han demostrado que estos bioproductos pueden mejorar la calidad externa e interna de los frutos, la calidad poscosecha del tomate y mejorar sus propiedades organolépticas. Además, se ha demostrado científicamente que los productos orgánicos y/o ecológicos, tienen un menor contenido de residuos de pesticidas y fertilizantes sintéticos, presentan un elevado contenido de materia seca, fibras, carbohidratos solubles totales, azúcares reductores, aminoácidos esenciales y vitaminas y, por lo tanto, una mayor aceptación por los consumidores (Terry *et al.*, 2018).

A pesar que el manejo convencional a base de nutrición inorgánica resulta en rendimientos de 20 a 40 % mayores a los tratamientos propuestos a base de sustratos orgánicos sin soluciones nutritivas, estos últimos son una alternativa viable, debido a que la calidad de fruta se mantiene y el sobreprecio de productos orgánicos

mejora la relación costo beneficio de la producción (Márquez-Quiroz *et al.*, 2014 b). El manejo adecuado de la fertilización mineral y orgánica puede generar aumento en la producción, mejorar la calidad de vida del productor y el ambiente que lo rodea (Contreras *et al.*, 2008).

2.8. Microorganismos en la agricultura

Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Terry *et al.*, 2005), además Santillana (2006) menciona que uso de inoculantes biológicos (biofertilizantes) pueden contribuir a la recuperación de las poblaciones microbianas del suelo y con ello mejorar la calidad de este recurso.

Los mecanismos por los cuales los microorganismos estimulan el crecimiento de plantas son muy diversos y se clasifican en mecanismos directos e indirectos; los directos incluyen la fijación biológica de nitrógeno, la producción de fitohormonas, la producción de ACC-desaminasa y la solubilización de fosfatos, entre los mecanismos indirectos se pueden mencionar a la estimulación de defensa en las plantas, mediante la vía de respuesta sistémica inducida, y la producción de antimicrobianos que afectan al crecimiento de patógenos (Pazos *et al.*, 2016).

Los microorganismos de importancia agrícola representan una estrategia ecológica clave hacia el desarrollo integrado de prácticas tales como manejo de nutrientes, enfermedades y plagas, con miras a reducir el uso de productos sintéticos

en la agricultura, así como para mejorar el rendimiento de los cultivos entre estos microorganismos se encuentran los hongos micorrízicos arbusculares y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (Álvarez *et al.*, 2018) que se pueden encontrar en el suelo con una gran capacidad para promover y mejorar la nutrición de las plantas (Hernández y Chailloux, 2004).

2.8.1. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal

Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal se pueden clasificar en dos grupos; las primeras promotoras de crecimiento en plantas a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando el metabolismo de la planta (incrementando la toma de agua y minerales), mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática o “ayudando” a otros microorganismos benéficos para que actúan de mejor manera en las plantas. La segunda tiene la capacidad de control biológico que promueven el crecimiento de las plantas al suprimir patógenos (Bashan *et al.*, 2004), por estos beneficios que propician las bacterias promotoras de crecimiento resulta de gran interés su estudio en función del mejoramiento de los cultivos agrícolas (Rojas, 2012).

En general, el tomate recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados, los cuales han probado afectar negativamente al ambiente, estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos (Preciado *et al.*, 2011).

La biofertilización es uno de los procesos más valiosos con que cuenta la agricultura, los biofertilizantes son producidos a base de microorganismos que viven en el suelo, que mediante la inoculación artificial son capaces, entre otros beneficios, de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que éstas necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo (Planes *et al.*, 2003). Los bioproductos para la nutrición de las plantas ha ido en ascenso en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar el uso de los fertilizantes minerales (Terry *et al.*, 2001). Se ha valorado que la fijación biológica de nitrógeno contribuye con más N al crecimiento de las plantas que la cantidad total de fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos (Grageda *et al.*, 2012).

2.8.2. Rizobacterias

Se denomina rizobacterias a las bacterias que viven en las inmediaciones de las raíces de las plantas, es decir, la rizósfera (Peñín, 2017). Dado que la técnica más utilizada por el agricultor para la nutrición de las plantas es la aplicación de fertilizantes sintéticos, lo cual incrementa los costos de producción que representan aproximadamente el 5 % de los gastos directos, sumado a su elevado costo ambiental (Aguilar y Sánchez 1998), han surgido insumos agrícolas con base en microorganismos y otros materiales de origen orgánico, por ejemplo las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (Espinoza *et al.*, 2017).

Numerosas bacterias promotoras de crecimiento de plantas tienen la capacidad de colonizar la rizósfera y endorizósfera de las plantas y beneficiarla directa e indirectamente (Sánchez *et al.*, 2016).

Las bacterias asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de generar varios mecanismos por los cuales afectan positivamente su crecimiento y desarrollo (Carmelo *et al.*, 2011). Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas son bacterias benéficas que se presentan como una alternativa a los fertilizantes sintéticos y plaguicidas (Reyes *et al.*, 2008), sin embargo cada vez es mayor la aplicación de bacterias como fertilizantes debido a que ha sido una opción viable (Caballero *et al.*, 2009), ya que se ha demostrado en varios estudios que la inoculación con estas bacterias ha logrado mejorar el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate (Noh-Medina *et al.*, 2014) además de que sobresalen como una solución a los problemas ambientales causados por la agricultura intensiva tradicional (Rives *et al.*, 2007).

La promoción del crecimiento en las plantas inoculadas con rizobacterias ocurre por varios factores; uno de ellos es por la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento como las giberelinas, citosinas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales aumentando así la capacidad de absorción de agua y nutrimentos lo que permite que las plantas sean más vigorosas, productivas y más tolerantes a heladas o sequias (Hernández y Escalona, 2003). Entre los grupos de rizobacterias más estudiados se encuentran los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter* y *Flavobacterium* entre otros (Sánchez López *et al.*, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

La Comarca Lagunera está localizada al norte-centro de México, entre el suroeste de Coahuila y el noreste de Durango. Se localiza entre las coordenadas geográficas $103^{\circ} 26' 33''$ longitud oeste y $25^{\circ} 32' 40''$ latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango, **Figura 1** (INEGI, 2017).



Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera en el Estado de Coahuila y Durango

UAAAN UL, 2018.

3.2. Localización del sitio de estudio

El municipio de Torreón se encuentra en la zona norte en el estado de Coahuila al sur oeste de la región lagunera, se encuentra entre las coordenadas $25^{\circ} 32' 40''$ Latitud Norte y $103^{\circ} 26' 30''$ Longitud Oeste (**Figura 2**).

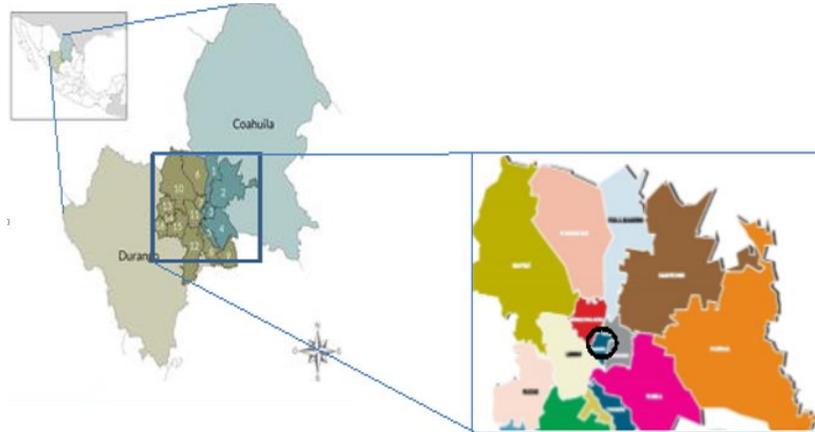


Figura 2. Localización del municipio de Torreón en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018.

3.3. Localización de sitio experimental

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, se ubica al oriente de la ciudad de Torreón, Coahuila en las coordenadas geográficas $103^{\circ} 25' 57''$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y $25^{\circ} 31' 11''$ de Latitud Norte con una altura de 1,123 msnm (Díaz-Aguilar, 2015), **Figura 3**.



Figura 3 . Localización del sitio de estudio en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. UAAAN UL, 2018.

3.4. Condiciones climáticas de la región

3.4.1. Temperatura

La temperatura media anual en un rango de 15 a 21° C. La temperatura promedio más alta registrada es mayor a 34 °C, se presentan en los meses de mayo a agosto y la más baja es de -8 °C, de diciembre, enero y días de febrero (INEGI, 2015).

3.4.2. Humedad relativa

La humedad relativa en la Comarca Lagunera varía, 31 % en primavera, 47 % en verano, 58 % en otoño y 40 % en invierno.

3.4.3. Precipitación fluvial

Las lluvias se concentrada en los meses de julio, agosto y septiembre; variando desde los 200 mm, anuales en la parte baja alta de la cuenca, donde se localiza la mayor parte de la zona agrícola, hasta los 600 mm_a en la parte alta de la cuenca, ubicada en la Sierra Madre Occidental, que es donde ocurren las precipitaciones más significativas las cuales generan los escurrimientos superficiales que se utilizan para la sustentabilidad del riego agrícola en la Comarca Lagunera (Cervantes y González, 2006).

3.4.4. Vientos

El viento tiene dos direcciones principales: en invierno va del NO al SE y, el resto del año va del NE al SO predominantemente. El viento ventolina sopla de norte con velocidad 4-7 km•h⁻¹.

3.4.5. Heladas

Las heladas se presentan de noviembre a marzo, aunque en algunas ocasiones se presentan en forma temprana en octubre y de forma tardía en el mes de abril.

3.5. Acondicionamiento del área

El acondicionamiento del área para establecer el trabajo de investigación, se inició con la limpieza del área cubierta con malla sombra y la instalación y colocación de una antesala para frenar el paso de plagas y otros animales que pudieran afectar el cultivo en desarrollo.

3.6. Obtención de sustratos

Los materiales requeridos para elaborar las mezclas correspondientes como el vermicompost, se obtuvo de la Unidad de Producción de Lombricompost que se encuentra en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Por su parte la arena de río, se obtuvo del lecho seco del río Nazas. Una vez obtenidos los sustratos el paso siguiente fue tamizar los mismos, con la finalidad de homogenizar las partículas. Enseguida se realizaron las mezclas en las proporciones indicadas base V/V. Las mezclas fueron relación 40 % de vermicompost y 60 % de arena de río, seguido de la perforación en el parte baja de las macetas para eliminar los excesos del agua de riego tener un buen drenaje y finalmente se llenaron las macetas al 85 % de su capacidad.

3.7. Material vegetal asexual

Se utilizaron plántulas de tomate, cultivar Rio Grande con hábito de crecimiento determinado.

3.8. Siembra de la semilla

La siembra se realizó, el día 03 de marzo del año 2017, en charolas de unigel de 200 cavidades, como sustrato se utilizó Peat Moss (Premier®), el que fue humedecido a saturación y llevado al semillero, después se colocó una semilla por cavidad a una profundidad de 0.50 cm.

3.9. Trasplante

El trasplante se realizó el día 31 de marzo del año 2017, cuando las plántulas presentaron en promedio una altura de 10 cm. Éste se realizó colocando la plántula en el centro de la maceta (bolsas de polietileno negro de 18 L de capacidad).

3.10. Colocación en el área de malla sombra

El total de macetas correspondientes a los tratamientos y repeticiones fueron colocadas en doble hilera con una separación de 1.20 m, entre hileras, con arreglo “tresbolillo” y una distancia de 0.35 m de centro a centro en las macetas.

3.9. Inoculación de rizobacterias

Se realizaron dos inoculaciones en la parte baja del tallo de la planta, la primera inoculación fue a los siete días después del trasplante y la segunda a los 19 días después de la primera inoculación. Para ello se preparó un inóculo base utilizando la cepa *Enterobacter xianfangensis* a una concentración de 1×10^{-8} UFC•mL⁻¹.

3.10. Riegos al cultivo

Los riegos se iniciaron inmediatamente después del trasplante, seis días solamente con agua corriente, buscando aclimatar las plantas recién trasplantadas. Posteriormente se aplicó la solución Steiner al 50 %, en todos los tratamientos. El volumen de los riegos fue según las etapas de desarrollo del cultivo en los primeros 30 días después del trasplante (ddt), se aplicaron alrededor de 0.5 L de solución

nutrimental por maceta por día. Posteriormente el volumen se incrementó a 1.0 y 2.0 litros a los 31 y 57 ddt, respectivamente.

3.11. Manejo del cultivo

3.11.1. Podas

La poda de formación se realizó a partir de los 15 ddt, la que consistió en dejar solo el tallo principal, eliminando los brotes axilares. Estas podas fueron realizadas una vez por semana.

3.11.2. Tutoreo

Esta actividad se realizó con hilo rafia sujeta a la base del tallo y enrollando la planta en sentido contrario a las manecillas del reloj. El hilo rafia fue sujeta a una estructura de alambre para dar soporte y dirigir el crecimiento de la planta. Esta actividad se realizó cuando las plantas presentaban en promedio una altura de 50 cm.

3.11.3. Polinización

Al iniciar la etapa reproductiva en la planta (inicio de floración), la polinización se hizo manualmente provocando una vibración en el alambre horizontal el que sostenía el hilo rafia o también moviendo cuidadosamente la planta.

3.11.4. Deshoje

El deshoje en la planta, actividad que refiere a eliminar en su totalidad todas aquellas hojas viejas, se realizó desde la parte basal: desde la base del pecíolo que se encontraba por debajo del último racimo cosechado.

3.11.5. Aclareo de frutos

El aclareo de frutos fue con el fin de homogenizar e incrementar el calibre en los mismos, dejando solamente cinco frutos por racimo. A su vez se eliminaron todas aquellas flores menos vigorosas dejando solamente las más grandes (mayor capacidad de polinización).

3.11.6. Plagas en el cultivo

Durante el desarrollo del cultivo se presentó mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y para su control químico se realizaron tres aplicaciones del producto comercial BIFENTRINA (insecticida-acaricida), en intervalos de cada siete días en dosis de 0.5 L•ha⁻¹, con el fin de reducir la población de insectos plaga.

3.12. Descripción de la Rizobacteria de estudio

La RPCV que se utilizó para este trabajo de investigación fue *Enterobacter xianfangensis*, perteneciente a la colección microbiana del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango en Gómez Palacio, Durango, México.

3.13. Tratamientos de estudio

Los tratamientos de estudio generados para este trabajo de investigación se presentan en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Tratamientos de estudio a desarrollar en el trabajo de investigación. AAAN UL, 2018.

Tratamiento	Composición del sustrato
T1= Solución Nutritiva Steiner 50 %	100 % Arena de río
T2= RPCV (<i>Enterobacter xianfangensis</i>) + Solución nutritiva Steiner 50 %	100 % Arena de río
T3 Solución Nutritiva Steiner 50 %	60 % Arena de río + 40 % de Vermicompost
T4= RPCV (<i>Enterobacter xianfangensis</i>) + Solución Nutritiva Steiner 50%	60 % Arena de río + 40 % de Vermicompost

3.14. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones, generando 40 unidades experimentales.

3.15. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repetición)

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta del tratamiento i en el bloque j .

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

β_j = Efecto del bloque j

ϵ_{ij} = Error experimental

3.16. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron

3.16.1. Etapa vegetativa

3.16.1.1. Altura de planta

La altura de planta se obtuvo utilizando un flexómetro rígido, realizando la lectura desde la base de la planta hasta la punta apical.

3.16.2. Etapa productiva

La cosecha de frutos se inició a los 69 ddt, cuando los frutos presentaron la madurez de consumo (color rojo con más del 90 %). Fueron considerados todos los frutos desarrollados desde el primer racimo hasta el octavo racimo. Para ello se utilizó la clasificación de color de la USDA (1991).

3.16.2.1. Peso de frutos por planta.

Para obtener el peso de frutos por planta, se pesó el total de todos los frutos cosechados en los ocho racimos de cada planta de tomate correspondiente a los tratamientos de estudio. Para ello se utilizó una balanza digital (Sartorius 1507, México®), expresándolo en gramos.

3.16.3. Rendimiento

3.16.3.1. Rendimiento en kilogramos por planta

Se registraron los pesos de todos los frutos cosechados de los diferentes tratamientos evaluados, expresando su valor en gramos.

3.16.3.2. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado

Para el rendimiento en kilogramos por metro cuadrado se obtuvo el área de una planta ($0.35 \text{ m} \times 1.20 \text{ m} = 0.42 \text{ m}^2$ por planta), después se calculó la cantidad de plantas por metro cuadrado ($2.38 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$), enseguida se multiplicó la cantidad de kilogramos por planta por la cantidad de plantas por metro cuadrado.

3.16.3.3. Rendimiento en kilogramos por hectárea

Para el rendimiento en kilogramos por hectárea, se multiplicó los kilogramos por metro cuadrado por el total de plantas por hectárea ($100 \text{ m} \div 0.35 \text{ m} = 285.71$ plantas y $100 \text{ m} \div 1.20 \text{ m} = 83.33$ por lo tanto $285.71 \text{ plantas} \times 83.33 \text{ hileras} = 23,808$ plantas por hectárea). Los valores fueron expresados en kilogramos.

3.16.4. Calidad de fruto

La calidad en los frutos del tomate se determinó seleccionando dos frutos en cada uno de los racimos de cada una de las plantas correspondientes a las repeticiones en los tratamientos de estudio. Las variables que se evaluaron fueron.

3.16.4.1. Diámetro polar

Para obtener la lectura del diámetro polar en el fruto, se colocó el vernier digital en los dos extremos del fruto (parte basal y apical), tomando como referencia para punto basal la marca del pedúnculo y en la parte superior la parte apical. Los valores fueron expresados en milímetros y convertidos en centímetros.

3.16.4.2. Diámetro ecuatorial

De la misma forma que lo anterior para obtener la lectura del diámetro ecuatorial en el fruto, se colocó el vernier digital en la parte media del fruto. Los valores fueron expresados en milímetros y convertidos en centímetros.

3.16.4.3. Espesor de pericarpio

Para obtener la lectura respecto al espesor de pericarpio en el fruto, éste se seccionó de forma transversal en la parte media, colocando el vernier desde la epidermis exterior hasta el inicio de la cavidad locular la lectura se expresó en milímetros convirtiéndolo en centímetros.

3.16.4.4. Contenido de sólidos solubles

Para determinar el contenido de sólidos solubles que se refiere al contenido de azúcares en el fruto, se utilizó un refractómetro tipo ocular (Master-T ATAGO), el que

se calibro manualmente antes de tomar la lecturas correspondientes; esta consistió en colocar una gota de agua destilada en el ocular y llevar la escala de graduación al punto de referencia (0.0) y enseguida se obtuvo de una a dos gotas del jugo del fruto de los frutos con un color rojo de madurez de consumo y observando al ocular se encontró el contenido de azúcares expresados en grados Brix.

3.16.4.5. Firmeza del fruto

Para determinar la firmeza en los frutos de tomate se utilizó penetrómetro digital (FHT200, Extech Instruments, USA®), con un puntal de tres milímetros, el que fue introducido en la parte media del fruto hasta observar el rompimiento ocasionado por la fuerza dada. Para obtener dicho valor el penetrómetro se colocó de forma horizontal. El valor fue expresado en kilogramo por centímetro cuadrado.

3.17. Análisis estadístico

El conjunto de datos correspondientes a las variables de estudio fueron organizados y analizados con el paquete estadístico SAS, versión 9.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en este trabajo de investigación, se describen a continuación.

4.1. Etapa vegetativa

4.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza (**Anexo 1**) para la variable altura de la planta los 141 ddt presentó alta significancia estadística en los tratamientos de estudio y significancia para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), obtuvo el valor medio más alto de 111.57 cm en la altura, mientras que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), con el valor medio más bajo igual a 71.42 cm (**Anexo 2**). El incremento obtenido del Tratamiento 1, respecto al Tratamiento 3, fue del 56.21 %, con un coeficiente de variación del 10.92 % (**Figura 4**). Se encontró que el Tratamiento 1 superó a los Tratamientos 2 y 4, en los que se inoculó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* la que no mostró significancia en esta variable.

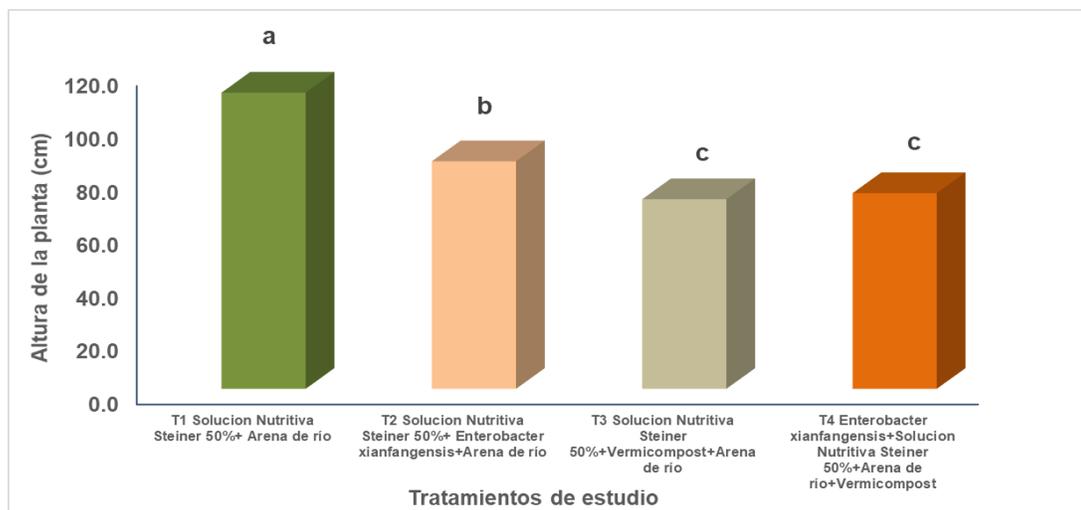


Figura 4. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable de altura de planta a los 141 ddt. UAAAN UL, 2018.

4.2. Etapa productiva

4.2.1. Peso de frutos por planta

El análisis de varianza (**Anexo 3**) para la variable peso de frutos por planta, presentó alta significancia estadística, en los tratamientos de estudio no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), obtuvo el valor medio más alto de 0.517 kilogramos de frutos por planta, mientras que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), con el valor medio más bajo igual a 0.240 de frutos por planta (**Anexo 4**). El incremento del Tratamiento 1, respecto al Tratamiento 3, fue del 115.18 %, con un coeficiente de variación del 19.81 % (**Figura 5**). Se encontró que el Tratamiento 1 superó a los Tratamientos 2 y 4, en los que se

aplicó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* en estudio, la que no mostró significancia.

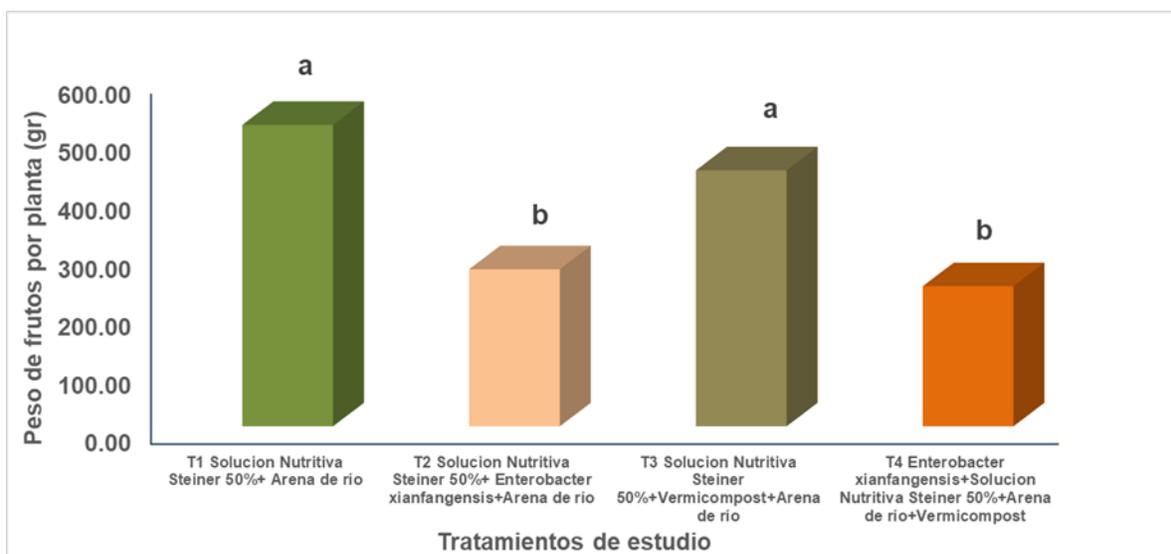


Figura 5. Respuesta de los tratamientos de estudio para la variable peso de frutos por planta. UAAAN UL, 2018.

4.3. Rendimiento

4.3.1. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado

El análisis de varianza presentó alta significancia estadística (**Anexo 5**) para los kilogramos por metro cuadrado en los tratamientos de estudio no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), obtuvo el valor medio más alto con 1.231 kilogramos por metro cuadrado, mientras que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), con 0.572 kilogramos por metro cuadrado (**Anexo 6**). El incremento del Tratamiento 1 respecto al Tratamiento 3 fue del 115.03 %, con un coeficiente de variación del 19.80 % (**Figura 6**). Se encontró que el

Tratamiento 1 superó a los tratamientos 2 y 4, en los que se agregó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* en estudio, no mostró respuesta para esta variable.

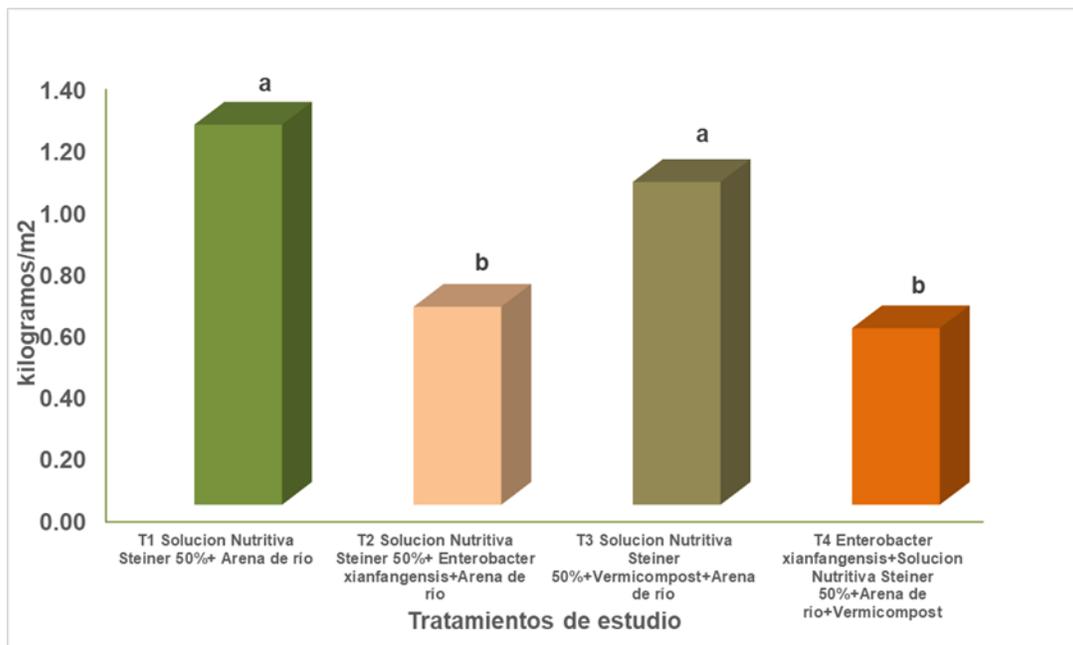


Figura 6. Respuesta de los tratamientos de estudio en para rendimiento en kilogramos por metro cuadrado. UAAAN UL, 2018.

4.3.2. Rendimiento en kilogramos por hectárea

El análisis de varianza presentó alta significancia estadística (**Anexo 7**) para rendimiento en kilogramos por hectárea en los tratamientos de estudio no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), obtuvo el valor medio más alto con 12,314.0 kilogramos por hectárea, mientras que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), con 5,723.0 kilogramos por hectárea (**Anexo 8**). El incremento del Tratamiento 1 respecto al Tratamiento 3 fue del 115.16 %, con un coeficiente de variación del 19.81 % (**Figura 7**). Se encontró que el tratamiento 1

superó a los tratamientos 2 y 4, en los que se aplicó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* en estudio, no mostró respuesta para esta variable.

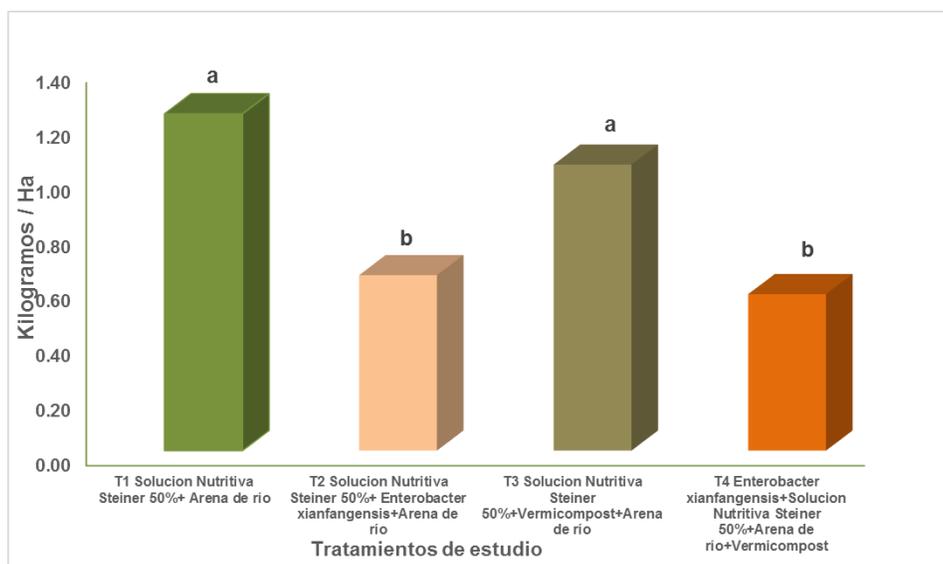


Figura 7. Respuesta de los tratamientos de estudio para rendimiento en kilogramos por hectárea. UAAAN UL, 2018.

4.4. Calidad de fruto

4.4.1. Diámetro polar de fruto

El análisis de varianza (**Anexo 9**) para la variable diámetro polar del fruto, presentó significancia estadística en los tratamientos de estudio, no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1, que se refiere a solución nutritiva Steiner al 50 % más Arena de río, obtuvo el valor medio más alto de 0.0348 cm, mientras que el Tratamiento 3, que se refiere a solución nutritiva Steiner al 50 % más Vermicompost más Arena de río, con el valor medio más bajo igual a 0.252 cm (**Anexo 10**). El incremento obtenido del Tratamiento 1 respecto al Tratamiento 3 fue del 52.38 %, con un coeficiente de variación del 20.01 % (**Figura 8**). El Tratamiento 1

superó a los Tratamientos 2 y 4, en los que se agregó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* en estudio, no mostró respuesta para esta variable.

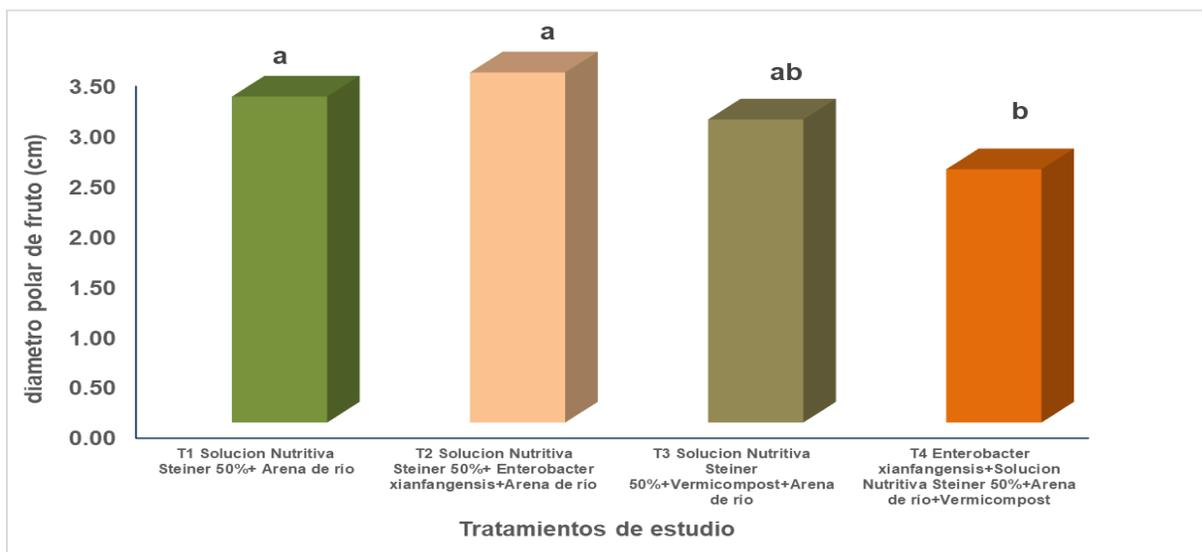


Figura 8. Respuesta de los tratamientos de estudio para la variable diámetro polar del fruto. UAAAN UL, 2018.

4.4.2. Diámetro ecuatorial

El análisis de varianza (**Anexo 11**) para la variable diámetro polar del fruto, presentó significancia estadística en los tratamientos de estudio, no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 1, que se refiere a solución nutritiva Steiner al 50 % más Arena de río, obtuvo el valor medio más alto de 0.0320 cm, mientras que el Tratamiento 4, que se refiere al 60 % de Arena de río más 40 % de Vermicompost más RPCV *Enterobacter xianfangensis*, con el valor medio más bajo igual a 0.263 cm (**Anexo 12**). El incremento obtenido del Tratamiento 1 respecto al Tratamiento 4 fue del 21.67 %, con un coeficiente de variación del 11.89 % (**Figura 9**). El tratamiento 1 superó a los tratamientos 2 y 4, en los que se aplicó la RPCV

Enterobacter xianfangensis en estudio, los que no mostró respuesta para esta variable.

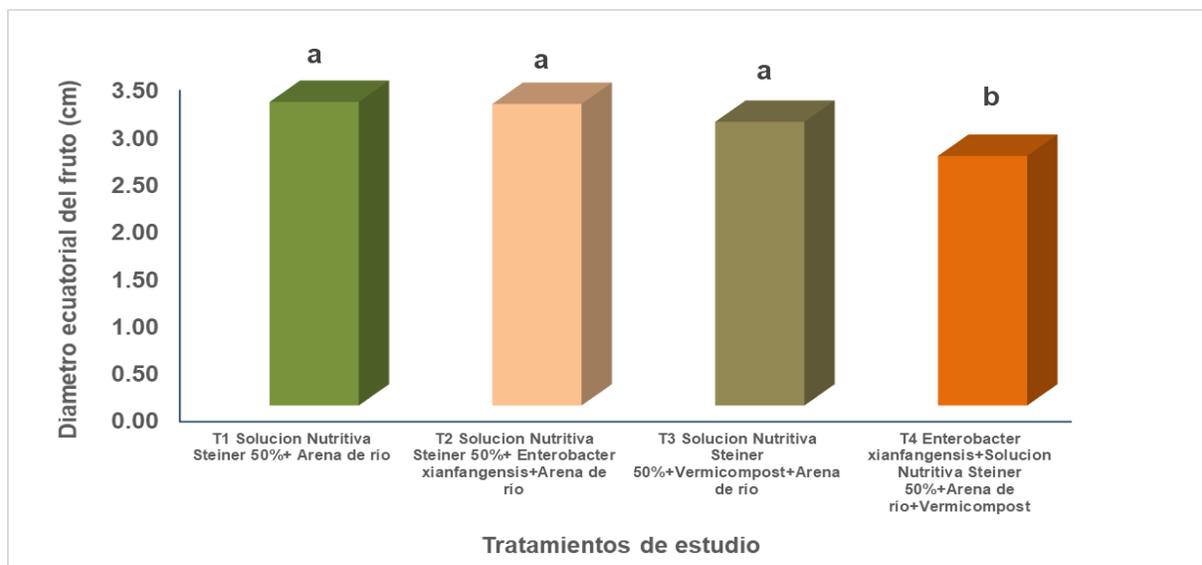


Figura 9. Respuesta de los tratamientos de estudio para la variable diámetro ecuatorial del fruto. UAAAN UL, 2018.

4.4.3. Espesor de pericarpio del fruto

El análisis de varianza (**Anexo 13**), presentó significancia estadística para los tratamientos de estudio no así para los bloques ($P \leq 0.05$), en la variable espesor de pericarpio. Se encontró que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), obtuvo el valor medio más alto igual a 0.488 cm, mientras que el Tratamiento 4 (60 % Arena de río + 40 % Vermicompost + RPCV *Enterobacter xianfangensis* con 0.408 cm (**Anexo 14**). El incremento del Tratamiento 3 respecto al Tratamiento 4 fue del 19.60 %, con un coeficiente de variación del 13.52 % (**Figura 10**). Se encontró que el tratamiento 3 superó a los tratamientos 2 y 4, en los que se inoculó la RPCV *Enterobacter xianfangensis* en estudio. El

vermicompost como abono orgánico influyó de manera significativa en el espesor de pericarpio del fruto.

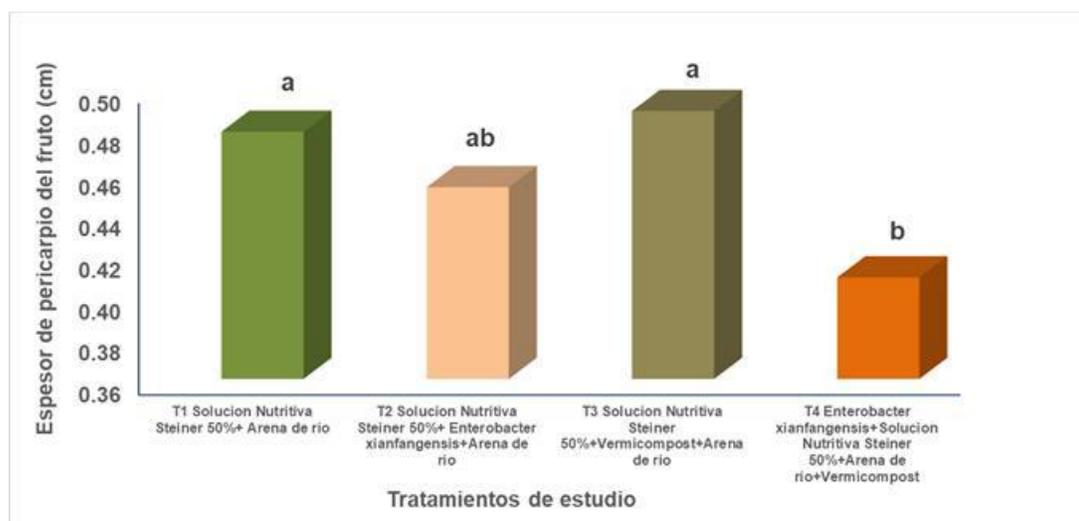


Figura 10. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable espesor de pericarpio del fruto. UAAAN UL, 2018.

4.4.4. Contenido de sólidos solubles

El análisis de varianza presentó alta significancia estadística (**Anexo 15**), para los tratamientos de estudio no así para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), obtuvo el valor medio más alto igual a 4.76 °Brix, en el contenido de azúcares, mientras que el Tratamiento 1 (solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), con el valor medio más bajo igual a 4.12 °Brix (**Anexo 16**). El incremento del Tratamiento 3 respecto al Tratamiento 1 fue del 15.53 % (**Figura 11**), con un coeficiente de variación del 4.43 %. Se encontró que el Tratamiento 3 logró superar a los Tratamientos 2 y 4 en los que se inoculó la RPCV *Enterobacter*

xianfangensis en estudio. El vermicompost como abono orgánico influyó de manera significativa en el incremento del contenido de azúcares en el fruto.

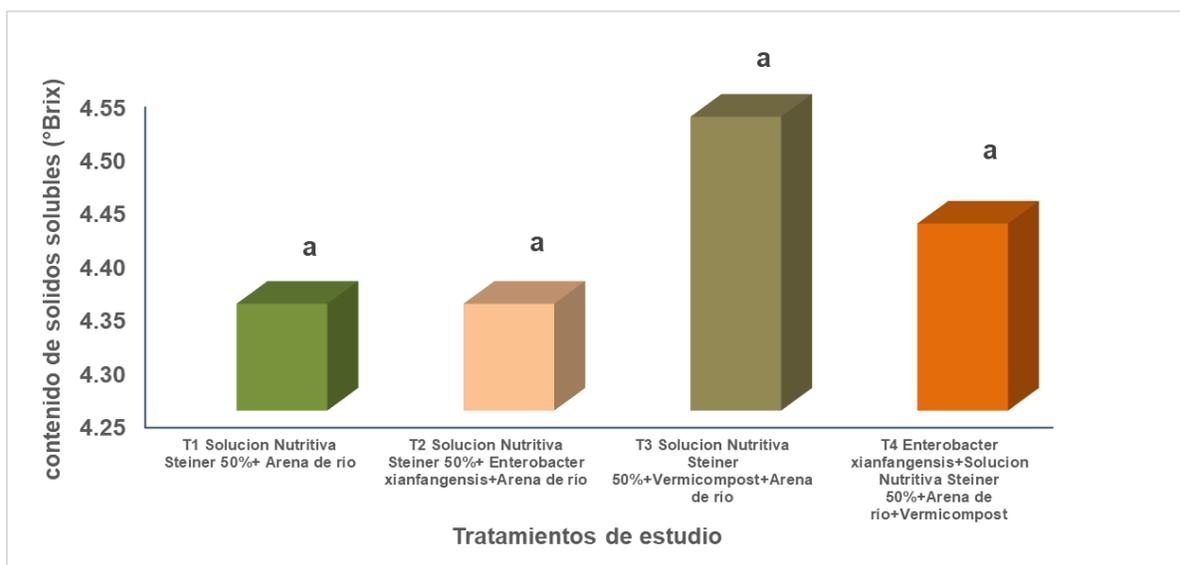


Figura 11. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable sólidos solubles del fruto. UAAAN UL, 2018.

4.4.5. Firmeza de fruto

El análisis de varianza para la variable Firmeza del fruto (**Anexo 17**) presentó alta significancia estadística en los tratamientos de estudio y significancia para los bloques ($P \leq 0.05$). Se encontró que el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60 % Arena de río + 40 % Vermicompost), obtuvo el valor medio más alto igual a $0.854 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, mientras que el Tratamiento 1 (solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), con el valor más bajo igual a $0.242 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (**Anexo 18**). El incremento del Tratamiento 3 respecto al Tratamiento 1 fue del 252.89 %, con un coeficiente de variación del 18.43 % (**Figura 12**). El Tratamiento 3, respecto al

Tratamiento 2 (100 % Arena de río + PRCV *Enterobacter xianfangensis*), logró superarlo en un 55.0 %.

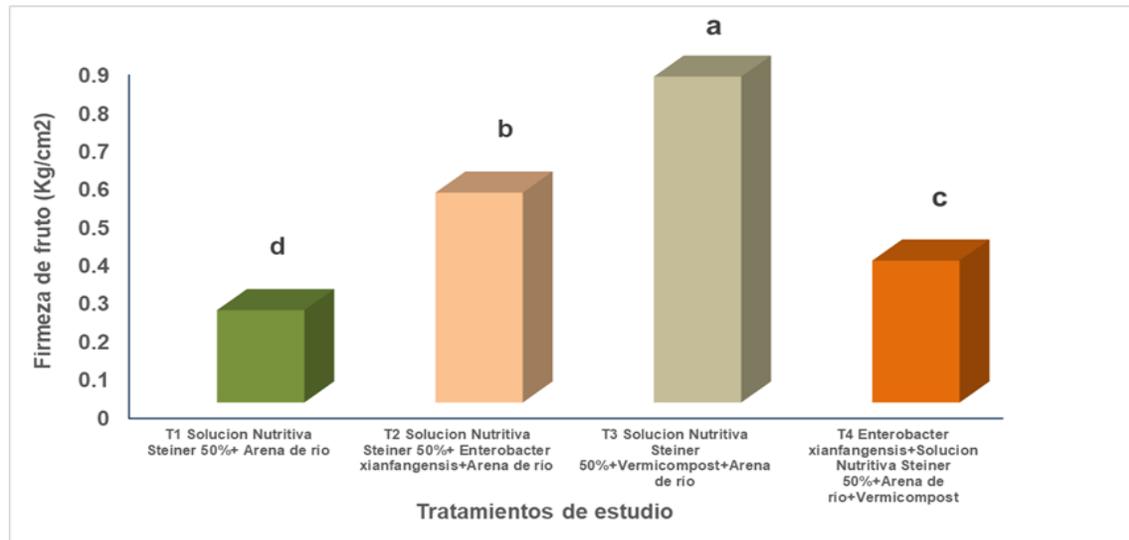


Figura 12. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable Firmeza del fruto.

UAAAN UL, 2018.

V. CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes conclusiones.

- 1.- En la etapa vegetativa-reproductiva para la altura de la planta a los 141 ddt y para el peso de frutos por planta sobresalió el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río). Igualmente para rendimiento para los kilogramos por metro cuadrado y por hectárea sobresalió el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río).

- 2.- En la calidad del fruto, para el diámetro polar y el diámetro ecuatorial, sobresalió nuevamente el Tratamiento 1 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 100 % Arena de río), mientras que para el espesor de pericarpio, el contenido de sólidos solubles (contenido de azúcares) y la Firmeza, sobresalió el Tratamiento 3 (Solución nutritiva Steiner al 50 % + 60% Arena de río + 40 % Vermicompost).

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo P., A.I., J.A. Leos R., U. Figueroa V., y J.L. Romo L. 2017. Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta Universitaria*. 27(4): 3-12
- Aguilar S., J. E. y M. Sánchez de P. 1998. Efecto de una rizobacteria nitrificadora y niveles de fertilizante en el comportamiento agronómico del tomate *Lycopersicon esculentum* var. *Acta Agronómica*. 48 (12): 60-70.
- Alvarez M., F. Tucta., E. Quispe., y V. Meza. 2018. Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*. 9(1): 33-42.
- Ayala T., F. 2012. Efecto que ocasionan las mallas sombra de colores en el crecimiento de hortalizas. Proyecto de investigación. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 31 p.
- Bashan Y., G. Holguin., y L.E. Bashan. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. *Can. J. Microbiol.* 50(1): 1-577
- Bojaca C. R., N.Y. Luque., y O.I. Monsalve 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(2): 188-198.
- Bastia T., A. 2017. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. [en línea] http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_3_2_CONGRESO2017.pdf Universidad Autónoma Chapingo [Fecha de consulta Nov/23/2018].
- Brechelt A. 2004. Manejo ecológico del suelo. [en línea] https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37723842/Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAMOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543273304&Signature=eWNyN3oza701O%2BNQlh4AuBG%2Be5o%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManejo_Ecologico_del_Suelo.pdf. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). [Fecha de Consulta 23/Nov/2018].

- Caballero M., J., J. Onofre L., A. Wong V., R. Castro G., P. Estrada S. de los., Rodriguez-Salazar J., Suarez R., Iturriaga G. L. y Martinez-Aguilar L. 2009. Uso de *Azospirillum* en México como biofertilizante y potencial de nuevas especies bacterianas como biofertilizantes, agentes de biorremediación y biocontrol de fitopatógenos. [en línea] https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/simposios/simpolio_agricola_vegetal/JESUS_CABALLERO.pdf Centro de ciencias genómicas-UNAM. Cuernavaca, Morelos, México. [Fecha de consulta 21/Nov/2018]
- Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). 2015. Manual tomate. [En línea] <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14307/Tomate.pdf?sequence=1> [Fecha de consulta octubre 13, 2017].
- Camelo R., M., S.P. Vera M., R.R. Bonilla B. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12(2): 159-166.
- Camejo L.E., L.S. Duarte., J.L. Companioni., y P. Paneque. 2010. Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 19(1): 95-97.
- Castellanos Z.J. 2010. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. Editorial Ocma. Guanajuato, México. 46 p.
- Castro R.E., A. Sierra., J.E. Mojica., J.E. Carulla., y C.E. Lascano. 2017. Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. *Archivos de Zootecnia*. 66(253): 99-106.
- Cervantes R., M.C., y A.M. Franco. G. 2006. Diagnóstico Ambiental de la Comarca Lagunera. [En línea] <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Impactoambiental/22.pdf> Colegio de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. [Fecha de consulta 18/Nov/2018]
- Contreras J., I. Acevedo., y A. Escalona 2008. Efecto del vermicompost sobre el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*). *Revista Unellez ciencia y tecnología*. 26(1): 14:21.

- Cruz C., E., M. Sandoval V., V.H. Volke H., A. Can C., y J. Sánchez E. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(7): 1361-1373.
- De la Cruz-Lázaro E., Estrada-Botello M.A., Robledo-Torres V., Osorio-Osorio R., Márquez-Hernández C., y Sánchez-Hernández R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*. 25(1): 59-67.
- Díaz A., R.de.J. 2015. Crecimiento y producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes regímenes de riego y arreglo topológico en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 29 p.
- Díaz F., A., E. Ramírez M., y O. Chaires F.E. 2016. Promoción de biomasa y contenido de azúcares en Sorgo dulce mediante abonos orgánicos y micorriza arbuscular. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 32(3): 353-360
- Escobar H. y R. Lee. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. 2 Ed. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Espinosa P., B., A. Moreno R., P. Cano R., V.P. Álvarez R., J. Sáenz M., H. Sánchez G., y G. González R. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Afrodita en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 35(2): 169-178.
- Félix H., J.A., R.R. Sañudo T., G.E. Rojo M., R. Martínez R., y V. Olalde P. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*. 4(1): 57-67
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2016. Panorama agroalimentario tomate rojo. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial.
- Flores J., W. Ojeda B., I. López., A. Rojano., y I. Salazar. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*. 25 (2): 127-134.

- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Vol. 56.
- Franco-Ibars R.A. 2009. Requerimientos hídricos y fertirriego en el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). [En línea] https://43dfd7-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/hectorcausarano/clases/grad/relacion-sueloplantaatmosfera/Unidad_9_Prof_Ruben_Franco.pdf?attachauth=ANoY7c pjmVNUzQa85SQs_Q4JuNBjgv20pSVMfRdvO77m5CmpmaPVhF4SkTsDLv9 2n0VhAq2eRWRb1hwPHdlqun7hSF4FXOB_IQmRoaxCs76ra1M8Hwllm5flHE 9fFgRwjaSYjuMmKVJceJ15WBFUSIKrS_XOmW6Z9Pc19ruQca2_Rd4WGs5 UZYzjnse8WfWcl2ndQY_Lln6VpPcVmJe6FXMDCF_ZWmG3Mw_vgRKv55sg xMPypOCSTEZyg7smfxG8tWWEVJisSvWeX7CfulMz7PNIsd0AQCuXkdZjeWf OmCH_x0OoRQ5o%3D&attredirects=1 [consulta; 23/11/2018]
- García R., Y., M.E. Galindo T., J. Murguía G., I. Landero T., y O. Leyva O. 2018. Fertilización complementada con sílice en la resistencia del tomate a *Fusarium oxysporum* Schtdl. *Agronomía Mesoamericana*. 29(1): 41-52.
- González M., A., J.J. Almaraz S., R. Ferrera C., M.P. Rodríguez G., O.R. Taboada G., A. Trinidad S., A. Alarcón., Y R.I. Arteaga G. 2017. Caracterización Y Selección De Rizobacterias Promotoras De Crecimiento En Plántulas De Chile Poblano (*Capsicum annum* L.) *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33(3): 463-474.
- Goyes C., S., y P.M. Gómez. 2018. El impacto de los abonos orgánicos en la agricultura. Importancia para el estudiante de agronomía. *Opuntia Brava*. 9(2): 104-111
- Grageda C., O. A., A. Díaz F., J.J. Peña C., y J.A. Vera N. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 3(6): 1261-1274.
- Hernández M. I., y M. Chailloux. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *Cultivos Tropicales*. 25(2): 5-12.
- Hernández M., L.G., y M.A. Escalona A. 2003. Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. 16(1): 29-32.

- Hernández R., A., M. Heydrich P., M.G. Velázquez V., A.N. Hernández L. 2006. Perspectivas del empleo de Rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 24(1): 42-49
- Iñamagua U., J.P. 2010. Evaluación de la calidad de plántulas de tomate (*Solanum esculentum* L.) y acelga (*Beta vulgaris* L var. Cicla.) Obtenidas sobre diferentes sustratos. Tesis. Licenciatura. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 40 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México) (INEGI). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza.
- Jaramillo J. y Arias M. 1997. Hortalizas, manual de asistencia técnica No 28. IICA.
- Jaramillo N., J., V.P. Rodríguez., A.M. Guzmán., y M.A. Zapata. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Boletín Técnico 21 Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48 p.
- Jiménez Z., J. A. 2015. Efecto de rizobacterias sobre los caracteres morfológicos de la planta de tomate var. Rio Grande. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 46 p.
- Juárez M., A., K. de Alba R., A. Zermeño G., H. Ramírez., y A. Benavides M. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5): 943-954.
- León J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Editorial IICA. Lima, Perú. 200 p.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. Agroamerica. Costa rica. 501 p.
- Lesur, L. 2006. Manual del cultivo de tomate: una guía paso a paso. Trillas. México. 79 p.

- López L., A. 2009. Comportamiento de cuatro heteroinjertos (HIB) de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) frente a la enfermedad de la gota producida por *Phytophthora infestans* De Bary. Tesis. Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D. C.
- López M., J.D., A. Díaz E., E. Martínez R., y D.R. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*. 19(4): 293-299
- López M., L.M., 2016. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*). 126p. [En línea] Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf> [consulta 20/Nov/2018]
- Luna M., L., R.A. Martínez P., M. Hernández I., S.M. Arvizu M., y J.R. Pacheco A. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36(1): 63-69.
- Márquez H., C., P. Cano R., y N. Rodríguez D. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica en México*. 34(1): 69-74.
- Márquez Q., C., V. Robledo T., A. Benavides M., M.E. Vázquez B., E. Cruz L., E. Cruz de la L., M.A. Estrada B., y S.T. López E. 2014. Uso de mallas sombra: una alternativa para la producción de tomate cherry. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2): 175-180. A
- Márquez Q., C., P. Cano R., A. Moreno R., U. Figueroa V., E. Sánchez C., E. Cruz de la L., y V. Robledo T. 2014. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *ITEA*. 110(1): 3-17 B
- Medina L.A., O.I. Monsalve y A.F. Forero 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 4(1): 109-125.
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM). 2008. Labores específicas del cultivo de tomate. [En línea]. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero.

http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/Docs/LABORES_ESPECIFICAS_TOMATE.pdf. [Consulta 13/Oct/2017]

- Molina A., G.S. 2007. Respuesta Postrasplante Del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), En Suelo Acolchado Bajo Invernadero. Tesis. Licenciatura. Coahuila, México. 108 p.
- Moreno R., A., M.T. Valdés P., y T. Zarate L. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica. 65(1): 26-34.
- Moreno R., A., L. Gómez F., P. Cano R., V. Martínez C., J.L. Reyes C., J.L. Puente M., N. Rodríguez D. 2008. Genotipos de Tomate en mezclas de Vermicompost: Arena en invernadero. Terra Latinoamericana. 26(2): 103-109.
- Navarro L., P. 2011. Caracterización y evaluación de variedades de tomate en invernadero ecológico. [En línea]. Universidad de Almería. <http://www.redandaluzadesemillas.org/centro-de-recursos/documentos-tecnicos/trabajos-en-andalucia/almeria/article/almeria-caracterizacion-y> [Fecha de consulta 30/Agos/ 2018]
- Noh-Medina J., Yam-Chimal C., Borges-Gómez L., Zúñiga-Aguilar J.J. y Godoy-Hernández G. 2014. Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate. Terra Latinoamericana, 32(4): 273-281.
- Ortega M., L. D., J. Sánchez O., R. Díaz R., y J. Ocampo M. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Revista Ra Ximhai. 6(3): 365-372.
- Pazos R., L.A., V. Marín C., Y.E. Morales G., A. Báez., M.A. Villalobos L., M. Pérez San., y R. Muñoz R. 2016. Uso de microorganismos benéficos para reducir los daños causados por la revolución verde. Revista Iberoamericana de Ciencias. 3(7): 73-85
- Pérez H. 1994. Producción de biofertilizante con la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), utilizando cuatro tipos de sustratos diferentes en condiciones semicontroladas. Revista Unellez Ciencia y Tecnología. 12(1): 88

- Peña H., B. y I. Reyes. 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia*. 32(8): 560-565.
- Peñin López A. 2017. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal. [En línea] Universidad de la laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5766/Rizobacterias%20promotoras%20del%20crecimiento%20vegetal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta octubre 14, 2017].
- Planes L., M., E. Utria B., J.O. Calderón A., A.O. Terry L., I. Figueroa S., y A. Lores. 2003. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(1): 5-10.
- Preciado R., P., M. Fortis H., J.L. García H., E.O. Rueda P., J.R. Esparza R., A. Lara H., M.A. Segura C., y J.A. Orozco V. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*. 36(9): 689-693.
- Ramos A., D., y E. Terry A. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas *Cultivos Tropicales*. 35(4): 52-59.
- Reyes C., A., V. Robledo T., L.A. Valdez A., M. Cabrera F de la., F. Ramírez G., y A. Sandoval R. 2018. Yield and quality of hybrid tomato grafted and cultivated under shade mesh and greenhouse. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 5(13): 89-95.
- Reyes I., L. Alvarez., H. El-Ayoubi., y A. Valery. 2008. Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. *Bioagro*. 20(1): 37-48.
- Rives N., Y. Acebo., y A. Hernández. 2007. Reseña bibliográfica bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Perspectivas de su uso en cuba. Cultivos Tropicales*. 28(2): 29-38.
- Rodríguez R., R. Tavares., y Medina. 2001. *Cultivo moderno del tomate*. 2 Ed. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.

- Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela C., V.P. Álvarez R., C. Márquez H., A. Moreno R. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3): 265-272.
- Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., E. Favela C., A. Moreno R., C. Márquez H., E. Ochoa M. y P. Preciado R. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra latinoamericana* 27(4):319-27.
- Rojas M., M., A. Hernández., N Rives., B. Tejera., Y. Acebo., y M. Heydrich. 2012. Producción de antisueros para la detección de ácido indolacético en cultivos de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Acta Biológica Colombiana*. 17(2): 271-279.
- Romero L., M del R., S. Trinidad., R. García E., y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Ruiz M., M., 2011. Taller de elaboración de lombricomposta. [En línea] Universidad iberoamericana. <http://www.iberomex.mx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>. [Fecha de consulta 20/Agos/2018]
- Sánchez H., D.J., M. Fortis., J.R. Esparza R., J.C. Rodríguez O., E. Cruz L., E. Sánchez C., P. Preciado R. 2016. Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutraceutica. *Interciencia*. 41(3): 213-217.
- Sánchez L., D.B., R.M. Gómez V., M.F. Garrido R., y R.R. Bonilla B. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(7): 1401-1415.
- Sánchez L., D.B., J.B. Pérez P., y H.A David H. 2016. Efecto de las PGPB sobre el crecimiento *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de estrés salino. *Revista colombiana de biotecnología*. 18(1): 65-72.
- Sánchez L., D.B., R.M. Gómez V., M.F Garrido R., R.R. Bonilla B. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 3(7): 1401-1415.

- Santiago J., M. Mendoza., y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 59-65.
- Santillana V., N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas sp.* *Ecología Aplicada*. 5(1-2): 87-91.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Comunicado de prensa. [en línea] http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/2017/febrero/Documents/JAC_0055_10.PDF. [Consulta octubre13, 2017].
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Boletín mensual de la producción Tomate rojo.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. [En línea] <https://www.gob.mx/siap/articulos/en-mexico-existen-25-814-unidades-de-produccion-de-agricultura-prottegida?idiom=es>. [Consulta octubre 13, 2017].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Atlas Agroalimentario 2017.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Atlas agroalimentario 2012- 2018.
- Sigcha C., R.F. 2016. Producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con la aplicación de dos abonos orgánicos foliares y edáficos en el centro experimental la playita de la universidad técnica de Cotopaxi extensión la maná. 2015. Tesis. Licenciatura. La Maná, Ecuador. 65 p.
- Terry E., M. Núñez., M. Pino., y N. Medina. 2001. Efectividad de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*. 22(2): 59-65.
- Terry A., E., A. Leyva., y A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*. 7(2): 47-54.

- Terry A., E., J. Ruiz P., y Y. Carrillo S. 2018. Effect of different nutritional management on yield and quality of tomato fruits. *Agronomía Mesoamericana*. 29(2): 389-401.
- Torres P.A. 2017a. Manual de cultivo de tomate bajo invernadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. [En línea] INIA. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf> [Fecha de consulta 13/Oct/2017]
- Torres P.A. 2017b. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°11, 94 p.
- Tjalling H., H. 2006. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. [En línea]. http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf. [Fecha de Consulta Oct/13/2017].
- Vallejo C., F.A., y E.I. Estrada S. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en línea: [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=UpyfvNokkroC&oi=fnd&pg=PA21&dq=morfologia+del+tomate+libros&ots=fG-dOMYtU9&sig=49Uzvg5qZUUTE-m4Q1w_nZ0uHtA#v=onepage&q&f=false]. [Fecha de consulta Oct/13/2017].
- Vessey J.K, 2003. Plant growth promoting rizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- Zapata N., F. Guerrero., y A. Polo. 2005. Evaluación de Corteza de Pino y Residuos Urbanos como Componentes de Sustratos de Cultivo. *Agricultura Técnica*. 65(4): 378-387.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1991. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. [En línea] <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Fresh%20and%20Processed%20FV%20Products%20Inspections.pdf> [Fecha de Consulta Oct/29/2017].

VII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de la planta (141 ddt). UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	14232.7857	4744.2619	54.2**	4.238306	2.806845	0.0001**
Bloques	6	1689.8571	281.6428	3.22*	3.222404	2.303509	0.0101*
Error experimental	46	4026.7142	87.5772				
Total	55	19949.3571					

C.V.= 10.92%

Anexo 2. Cuadro de medias para la variable altura de la planta (141 ddt).UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
1	111.571	a
2	85.714	b
4	73.714	c
3	71.429	c

DMS= 7.118

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable peso de frutos por planta. UAAAN UL, 2018

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	266684.4595	88894.8198	16.85**	5.952545	3.490295	0.0001**
Bloques	4	24992.2314	6248.0579	1.18 NS	5.411951	3.259167	0.3666 NS
Error experimental	12	4026.7142	87.5772				
Total	19	19949.3571					

C.V.= 19.81%

Anexo 4. Cuadro de medias para la variable peso de frutos por planta. UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
1	517.21	a
3	439.3	a
2	269.5	b
4	240.36	b

DMS= 100.1

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable kilogramos por metro cuadrado. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	1.5109	0.5036	16.86**	5.952545	3.490295	0.0001**
Bloques	4	0.1411	0.0352	1.18 NS	5.411951	3.259167	0.3677 NS
Error experimental	12	0.3584	0.0298				
Total	19	2.01054					

C.V.= 19.80%

Anexo 6. Cuadro de medias para la variable kilogramos por metro cuadrado. UAAAN UL, 2018.

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
1	1.231	a
3	1.0456	a
2	0.6414	b
4	0.572	b

DMS= 0.2382

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable kilogramos por hectárea. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	151174844.7	50391614.9	16.85**	5.952545	3.490295	0.0001**
Bloques	4	14166859.8	3541714.9	1.18 NS	5.411951	3.259167	0.3666 NS
Error experimental	12	35893055.1	29991087.9				
Total	19	201234759.6					

C.V.= 19.81%

Anexo 8. Cuadro de medias para la variable kilogramos por hectárea. UAAAN UL, 2018.

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
1	12314	a
3	10459	a
2	6416	b
4	5723	b

DMS= 2383.2

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable diámetro polar de fruto. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	4.5564	1.5188	4.03*	4.718051	3.008787	0.0186 *
Bloques	8	1.7552	0.2194	0.58 N S	3.362867	3.008787	0.7821 N S
Error experimental	24	9.0386	0.3766				
Total	35	15.3504					

C.V.= 20.01%

Anexo 10. Cuadro de medias para la variable diámetro polar de fruto. UAAAN UL, 2018.

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
2	3.4844	a
1	3.2444	a
3	3.0167	ab
4	2.5211	b

DMS= 0.5971

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de fruto. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	1.881	0.627	4.9**	4.718051	3.008787	0.0085 **
Bloques	8	1.7552	0.1661	1.3 N S	3.362867	2.355081	0.2911 N S
Error experimental	24	3.0726	0.128				
Total	35	6.2828					

C.V.= 11.89%

Anexo 12. Cuadro de medias para la variable diámetro ecuatorial de fruto. UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
1	3.2078	a
2	3.1867	a
3	2.9978	a
4	2.6378	b

DMS= 0.3481

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	0.0345	0.0115	3.01 *	4.718051	3.008787	0.05*
Bloques	8	0.0302	0.0037	0.99 N S	3.362867	2.355081	0.4682 N S
Error experimental	24	0.0917	0.0038				
Total	35	0.1565					

C.V.= 13.52%

Anexo 14. Cuadro de medias para la variable espesor de pericarpio del fruto. UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
3	0.4888	a
1	0.4788	a
2	0.4522	ab
4	0.4088	b

DMS= 0.0602

Anexo 15. Análisis de varianza para la variable contenido de solidos solubles. UAAAN UL, 2018.

Tratamientos	3	1.22	0.4066	10.49 **	5.952545	3.490295	0.0011**
Bloques	4	0.143	0.0357	0.92 NS	5.411951	3.259167	0.4825 NS
Error experimental	12	0.465	0.0387				
Total	19	1.828					

C.V.= 4.43%

Anexo 16. Cuadro de medias para la variable contenido de solidos solubles. UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
3	4.76	a
2	4.58	a
4	4.3	b
1	4.12	b

DMS= 0.2713

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable firmeza de fruto. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	SC	CM	F calculada	F tablas		Pr>f
					0.01	0.05	
Tratamientos	3	1.0534	0.3511	40.59 **	5.952545	3.490295	0.0001 **
Bloques	4	0.1336	0.0334	3.86*	5.411951	3.259167	0.0305*
Error experimental	12	0.1038	0.0086				
Total	19	1.2908					

C.V.= 18.43%

Anexo 18. Cuadro de medias para la variable firmeza de fruto. UAAAN UL, 2018

Tratamientos	Valor de la media	Significancia
3	0.854	a
2	0.55	b
4	0.372	c
1	0.242	d

DMS= 0.1282