

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“COMPORTAMIENTO DEL TOMATE ESTABLECIDO EN DIFERENTES
SISTRATOS Y LÁMINAS DE RIEGO”**

Por:

VÍCTOR MARTÍNEZ DE VICENTE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

COMPORTAMIENTO DEL TOMATE ESTABLECIDO EN DIFERENTES
SUSTRATOS Y LÁMINAS DE RIEGO

POR:
VÍCTOR MARTÍNEZ DE VICENTE

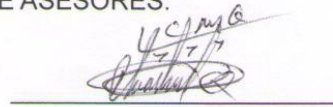
TESIS
QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO


REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESORES:



DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ
ASESOR PRINCIPAL



M.C. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ
ASESOR EXTERNO



ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA
ASESOR



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
ASESOR



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



División de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. VÍCTOR MARTÍNEZ DE VICENTE QUE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

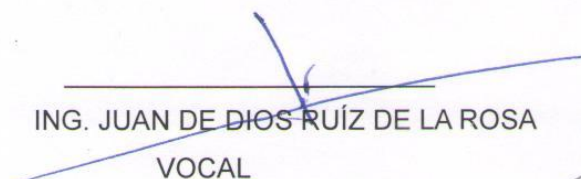
INGENIERO AGRÓNOMO
APROBADA POR:



DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ
PRESIDENTE



MC. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ
VOCAL



ING. JUAN DE DIOS RUÍZ DE LA ROSA
VOCAL



M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
VOCAL SUPLENTE



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2012

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme la vida, salud y permitirme cerrar un pasaje muy importante en la vida.

A mi “**ALMA MATER**” por darme la oportunidad de realizar mis estudios como universitario, permitir realizarme como profesionista y como persona.

Al DR. Alejandro Moreno Reséndez: por darme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo, otorgar de sus conocimientos de su vida profesional, buenos puntos de vista y su valioso tiempo.

A MIS ASESORES: M.C. César Márquez Quiroz, Ing. Juan De Dios Ruiz De La Garza, y al M.E. Víctor Martínez Cueto quienes me apoyaron y colaboraron para la realización del presente trabajo.

A mis amigos: Cesar González Valenzuela, Reyes Hernández Vázquez, Jorge Enrique Cuellar Ferniza, Lázaro Medina Delgado más que amigos son mis hermanos por darme su amistad incondicional y al compartir experiencias buenas y malas junto a ellos.

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico principalmente a mis padres: Aelebith De Vicente Perrusquia y Víctor Martínez Eligio: por haberme dado más que la vida sus buenos consejos y educarme de manera correcta, por su apoyo incondicional, sus grandes sacrificios y sobre todo confiar en mí para formarme como persona, este éxito en mi vida es por ustedes.

A Diana Karen Sixtos De Vicente: por estar siempre a mi lado, por darme lo más valioso que tengo en la vida que es mi hijo, por estar en los momentos buenos y malos a mí lado y por su gran sacrificio para permitirme seguir estudiando.

A mi hijo: Víctor Emiliano Martínez Sixtos: Por ser lo más valioso que tengo en la vida, eres el ángel que Dios me dio para alegrarme cada día de mi vida, eres mi motivación, este éxito obtenido es para ti.

A mis Hermanos Patricia, Héctor y Adrian: por darme su apoyo en todo momento, siempre tengo en mente sus buenos consejos gracias por confiar en mí, los quiero mucho.

A mis tíos: por darme sus buenos consejos y motivarme para seguir adelante muy en especial a mi tío Clemente Arcila (†) que gracias a sus buenos consejos, motivación y apoyo obtuve este éxito en mi vida, siempre lo tengo en mi mente.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Agricultura Orgánica	4
2.2. Agricultura Protegida.....	5
2.3. La Agricultura Protegida en México.....	7
2.4. Origen del Tomate.....	8
2.5. Taxonomía.....	9
2.6. Morfología de la Planta del Tomate.....	9
2.7. Trasplante.....	10
2.8. Densidad de Plantación.....	10
2.9. Riego	11
2.10. Nutrición.....	12
2.11. Poda	13
2.12. Tutorado.....	13
2.13. Comercio del Cultivo del Tomate.....	14
2.14. Entorno Nacional del Tomate.....	15
2.15. Cultivo de Tomate en la Agricultura Protegida	16
2.16. Sustratos.....	17
2.17. Vermicompost.....	18
2.18. Organismos Implicados en el Proceso del Vermicompost	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Localización del Sitio Experimental	21
3.2. Análisis del Vermicompost.....	22

3.3. Análisis de agua de riego	23
3.4. Labores culturales.	24
3.4.1. Tutorio.....	24
3.4.2. Cosecha.....	25
3.4.3. Poda	25
3.4.4. Control de plagas y enfermedades	26
3.4.5. Fertilización	26
3.5. Diseño Experimental.....	27
3.6. Variables Evaluadas	29
IV. Resultados y discusión	31
4.1. Rendimiento total.....	31
4.2. Sólidos solubles.....	33
4.3. Peso del fruto	35
4.4. Diámetro Polar	36
4.5. Diámetro Ecuatorial.....	37
4.6. Espesor de pericarpio.....	38
4.7. Número de Lóculos	38
4.8. Altura de Planta	39
4.9. Diámetro Del Tallo.....	40
V. CONCLUSIÓN.....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	44
VII. APÉNDICE.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Precios de referencia de agricultura protegida.	8
Cuadro 2. Participación del valor de las exportaciones mundiales.....	14
Cuadro 3. Distribución de producción de Tomate en el Mundo.....	15
Cuadro 4. Características Químicas del Vermicompost.	19
Cuadro 5. Características del Vermicompost utilizado como parte del sustrato de crecimiento donde se desarrollo el cultivo del tomate.	23
Cuadro 6. Análisis de agua de riego aplicada durante el desarrollo del cultivo del tomate.....	24
Cuadro 7. Concentración de la solución nutritiva aplicada en cuatro etapas de desarrollo de tomate.	27
Cuadro 8. Relación de Vermicompost y Perlita para los sustratos utilizados para el desarrollo del cultivo del tomate.....	28
Cuadro 9. Periodos y volúmenes de agua aplicados durante el desarrollo del cultivo de tomate.....	28
Cuadro 10. Tratamientos resultantes de la composición de las fuentes de variación sustratos y riego aplicados durante el desarrollo del tomate saladette.	29
Cuadro 11. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en fruto de tomate saladette, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de malla sombra.	33
Cuadro 12. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en la planta de tomate saladette, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de malla sombra.	41
Cuadro 13. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable rendimiento, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	52
Cuadro 14. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable peso de fruto, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	52
Cuadro 15. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro ecuatorial, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	52
Cuadro 16. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro polar, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	53
Cuadro 17. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable numero de lóculos, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	53
Cuadro 18. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable espesor de pericarpio, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	53
Cuadro 19. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable grados °Brix, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	54
Cuadro 20. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable altura de planta, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	54

Cuadro 21. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro del tallo, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.	54
Cuadro 22. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable rendimiento para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	55
Cuadro 23. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable peso de fruto para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	55
Cuadro 24. Cuadrados medios y significancia para la variable diámetro ecuatorial, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	55
Cuadro 25. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro polar, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	55
Cuadro 26. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable número de lóculos, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	56
Cuadro 27. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable espesor de pericarpio, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	56
Cuadro 28. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable grados °Brix, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	56
Cuadro 29. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable altura de planta, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra, establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	56
Cuadro 30. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro de tallo, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra, establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.	57

RESUMEN

El trabajo se realizó en el ciclo Primavera-Verano de 2011 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en una casa sombra de 60 m^2 . La siembra de tomate saladette, variedad Ramses (Harris Moran®), se realizó el 24 de febrero de 2011, colocándose una planta por maceta en bolsas de polietileno negro, con capacidad de 18 litros, éstas se acomodaron en doble hilera con arreglo de tresbolillo con una densidad de $5.3 \text{ macetas} \cdot \text{m}^{-2}$, el cultivo se mantuvo hasta el octavo racimo, el trabajo de campo se concluyó el 10 de septiembre del 2011.

Los sustratos evaluados fueron cinco: en los cuatro primeros se incluyó el vermicompost (S1-S4) y un testigo (S5) sin vermicompost, los cuales, estuvieron conformados de la siguiente manera: S1 = vermicompost + perlita [VC:P; relación 1:1 (v:v)]; S2 = vermicompost + perlita [VC:P; relación 1:2 (v:v)]; S3 = vermicompost + perlita [VC:P; relación 1:3 (v:v)]; S4 vermicompost + perlita [VC:P; relación 1:4 (v:v)]; y S5 perlita [P al 100% en volumen más solución nutritiva], cada uno con cuatro repeticiones.

Para los sustratos S1-S4 se aplicaron tres volúmenes y dos frecuencias de riego, las cuales fueron: riego diario con 0.75 L de agua (RDV1), riego diario con 0.50 L de agua (RDV2) y riego un día sí y uno no con 0.75 L (RC2D). En el sustrato testigo (S5) se aplicó el RDV1, al mismo tiempo aplicando la

fertilización que consistía en un día con nitratos y otro con sulfatos. De acuerdo al desarrollo del cultivo y a la demanda hídrica se determinó la necesidad de aplicar un riego complementario, tomando en cuenta los siguientes intervalos de riego: del día 1 al 28, 29 al 51, 52 al 71 y 72 al 142 días después del trasplante, aumentando 500 mL de agua entre los intervalos, esto para todos los sustratos.

Las variables evaluadas fueron: Rendimiento total, diámetro del tallo y altura de planta, mientras que para el fruto las variables fueron: sólidos solubles, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pericarpio, número de lóculos.

Los resultados obtenidos mostraron que el sustrato S3 (vermicompost + perlita 1:3) y el riego RDV2 tuvieron los mejores resultados, mientras que el tratamiento T8 (vermicompost + perlita 1:3 + RDV2) presentó un rendimiento de 1.70 kg planta⁻¹, al mismo tiempo se obtuvo mayor peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, con 44.57 g, 5.55 cm, 3.81 cm respectivamente.

Palabras clave: Agua disponible, Agricultura Orgánica, Vermicompost, Producción, Sustratos.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista económico, el tomate es una de las especies hortícolas más importantes de México, debido al valor de su producción y la demanda de mano de obra que genera, además es el principal producto hortícola de exportación (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

En la actualidad muchos productores, quienes tradicionalmente han utilizado la aplicación de fertilizantes sintéticos para promover el desarrollo de sus cultivos, están modificando estas prácticas por diversas razones, entre las cuales incluyen la restricción en el uso de pesticidas, la demanda de alimentos con calidad y la creciente degradación del recurso suelo (Porter-Humpert, 2000).

El humus de lombriz conocido por diversos nombres tales como: casting, lombricompost, entre otros es considerado por muchos investigadores y productores como uno de los mejores abonos orgánicos del mundo. La cantidad de elementos nutritivos dependerá de las características químicas del sustrato con que se alimentarán las lombrices, (Legall-Meléndez *et al.*, 2007).

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos, y con un alto nivel nutricional (Márquez-Hernández *et al.*, 2008).

Adicionalmente como alternativa para la obtención de especies vegetales, preferentemente fuera de su ciclo tradicional de producción, se utilizan los sistemas denominados como agricultura protegida, la cual se puede efectuar con sofisticados y costosos invernaderos, éstos si son altamente tecnificados pueden alcanzar precios que oscilan entre \$150.00 y \$200.00 por metro cuadrado, o con estructuras más sencillas, más económicas y con mayor accesibilidad para los productores de escasos recursos, como son las casas sombras los cuales son considerados como invernaderos de baja tecnología, cuyos precios se reducen significativamente de \$40.00 a \$80.00 por metro cuadrado. Obviamente, la protección que brindan ambas estructuras es diferente, pero sin dudas las casas sombra han alcanzado cierto nivel de importancia en diferentes regiones de México (Dennis-Rivera, 2007).

1.1 Objetivos

- Evaluar el comportamiento del tomate en mezclas de perlita con Vermicompost desarrollado bajo condiciones de casas sombra.

- Determinar el comportamiento de las características agronómicas del tomate al emplear Vermicompost como sustrato de crecimiento y diferentes láminas de riego bajo condiciones de casa sombra.

1.2 Hipótesis

- El comportamiento fenotípico del tomate se ve afectado al abonarse con Vermicompost bajo condiciones de casa sombra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura Orgánica

La agricultura convencional está basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos sintéticos. Lo cual, origina un alto nivel de contaminación ambiental y los productos agrícolas, afectando la salud de los consumidores, la principal alternativa de solución a esta problemática es la agricultura sustentable, la cual es una combinación de métodos genéticos, agronómicos, biotecnológicos y químicos en un sistema de producción económico, la cual además de optimizar la calidad del producto, protege el ambiente y la salud humana (Cano-Ríos *et al.*, 2004).

Los problemas ecológicos actuales han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la agricultura y la ganadería, así como el uso de biofertilizantes y abonos verdes, con el propósito de reducir el uso de los fertilizantes sintéticos, como vía de nutrición de las plantas (Llonin y Medina, 2002). Una de las principales corrientes de la agricultura sustentable es la agricultura orgánica, la cual, está basada en el uso de productos naturales, no contaminantes como el Vermicompost, además del uso de productos

autorizados para el control de los organismos dañinos y con el uso de abundante mano de obra. Dicha agricultura representa una completa inocuidad alimentaria. Se define a la agricultura orgánica como un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Cano-Ríos *et al.*, 2004).

La producción orgánica es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. Aunque, la certificación orgánica demanda un periodo de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, periodo que la mayoría de los productores no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar el capital, y debido a que el tomate orgánico en México alcanza un precio 5.84 veces mayor que el convencional, algunos productores han optado por aplicar este sistema de producción (Márquez-Hernández *et al.*, 2008).

2.2. Agricultura Protegida

Se define como un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. (Moreno-Rezéndez *et al.*, 2011). Los objetivos que se persiguen con la agricultura protegida son obtener altos rendimientos de productos agroalimentarios, inocuos, de calidad, y de costo accesible para la población (Sánchez-del Castillo, 2007). Adicionalmente los sistemas de producción de agricultura protegida, constituyen una alternativa

viable para enfrentar varios problemas entre ellos el control de plagas y enfermedades, la deforestación, las condiciones climatológicas adversas o extremas (Juárez-López *et al.*, 2011a).

La agricultura, además de la producción a campo abierto, se practica en una amplia variedad de ambientes modificados entre ellos destacan las casas sombras y los invernaderos con o sin control ambiental con cultivos en sistemas hidropónicos, sustratos inertes o en el suelo mismo que representan un ejemplo de ecosistemas artificiales para desarrollar la agricultura intensiva. Por otra parte las principales especies cultivadas en estos sistemas de producción son: hortalizas como tomate rojo o jitomate (*Solanum lycopersicon*), pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), plantas ornamentales y flores de corte tales como rosas (*Rosa hybrida* L.), gerbera (*Gerbera* spp.) y crisantemo (*Chrysanthemum* spp). Adicionalmente, en la agricultura protegida también se producen plántulas de hortalizas para trasplante a campo abierto, así como plantas medicinales y aromáticas (Juárez-López *et al.*, 2011b).

2.2.1. Casa Sombra

Las mallas sombras empleadas para cubrir completamente estructuras de invernaderos o estructuras tipo cobertizo, son conocidas comercialmente como casa sombra, consisten en una tela tejida de hilos plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la

cantidad de luz que llega a las plantas y protege de fenómenos naturales como el granizo, vientos fuertes y de plagas como insectos, aves y roedores. Por ejemplo mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 y 95 % del total de la radiación, con las mallas no se evita el paso del agua de lluvia, además son permeables al viento. Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas pero también pueden ser construidas con madera (Juárez-López *et al.*, 2011b).

De acuerdo con Juárez-López *et al.*, (2011b) las ventajas de la casa sombra son:

- Aumento de la calidad y del rendimiento de los frutos por unidad de superficie
- Ampliación de la época de producción o doble ciclo
- Ahorro de agua y fertilizantes por unidad de producto
- Mejora del control de plagas y enfermedades
- Precocidad en la producción de frutos

2.3. La Agricultura Protegida en México

En México existen alrededor de 20 mil hectáreas bajo agricultura protegida, de las cuales aproximadamente 12 mil son de invernadero y las otras 8 mil corresponden a malla sombra y macro túnel principalmente. El 50 % de la

superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (22 %), Baja California (14 %), Baja California Sur (12 %) y Jalisco (10 %). Por otra parte los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el jitomate (70 %), pimiento (16 %), pepino (10 %). También en los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos, en este tipo de estructuras, hacia otras especies como la papaya (*Carica papaya*), fresa (*Fragaria vesca*), chile habanero (*Capsicum chinense*), flores, plantas aromáticas (SAGARPA, 2010).

Cuadro 1. Precios de referencia de agricultura protegida.

Tecnología	Precio por metro cuadrado en pesos	
	Mínimo (\$)	Máximo (\$)
Macro túnel	25.00	29.00
Malla sombra	80.00	110.00
Invernadero tropicalizado	220.00	260.00
Invernadero para clima templado (cortinas motorizadas)	290.00	360.00
Invernadero para cualquier clima (tecnificado)	400.00	510.00

Fuente: SAGARPA, 2012

2.4. Origen del Tomate

El origen del género *Solanum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero en México fue donde se domesticó, quizá porque crecía como maleza entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido llevados a Europa y

servían como alimento en España e Italia. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos de Norteamérica y Canadá (Lesur, 2006).

2.5. Taxonomía

Según Navarro-Lara (2011) la taxonomía del tomate se describe como:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicon*

Nombre científico: *Solanum lycopersicon.*

Nombres comunes: Jitomate, Tomate

2.6. Morfología de la Planta del Tomate

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas, e ilimitado en las

variedades indeterminadas, pudiendo llegar en estas últimas, a 10 m en un año. La ramificación es generalmente simpodial, con lo que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a las inflorescencias o a ramas abortivas. Las hojas son compuestas, imparipinadas con siete a nueve foliolos. La inflorescencia es un dicasio compuesto generalmente por cuatro a 12 flores. El fruto es una baya de forma globular, ovoide o aplastada cuyo peso oscila, según las variedades, entre 5 a 500 g (Nuez, 2001).

2.7. Trasplante

Para el trasplante definitivo, éste 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-Noreña *et al.*, 2006).

2.8. Densidad de Plantación

La densidad de plantación y la poda de frutos en tomate bajo invernadero son unas de las prácticas de manejo que determinan la productividad del cultivo. Las densidades de plantación baja, pero con podas de frutos en las cuales se vayan reduciendo gradualmente el número de frutos que se dejan por racimo, tienen una probabilidad de alcanzar productividades más altas en

comparación con densidades de plantación más altas y con podas de frutos en las cuales se reduce drásticamente el potencial productivo de la planta.

De acuerdo con lo anterior, el tratamiento con la productividad potencial más alta ($6.82 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$) fue aquel con una densidad de plantación de 2 a 3 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ y con una poda de cinco frutos en los primeros cuatro racimos y cuatro frutos en el resto de racimos (Bojacá *et al.*, 2009). Para densidades de plantación de 5.3 y 4 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ se obtiene un promedio de rendimiento de 15 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (Carrillo-Cruz *et al.*, 2003).

2.9. Riego

El manejo del riego en el cultivo de tomate es una de las acciones más críticas del proceso de producción. El riego adecuado permite compensar las extracciones de agua y elementos nutritivos de la planta, controlar la acumulación de sales y mantener un adecuado nivel de oxígeno en el ambiente radical; además el riego afecta positiva o negativamente el crecimiento, la producción, la condición fitosanitaria de la planta, el uso efectivo de fertilizantes y el consumo de energía, la utilización eficiente del agua en la producción, solo puede lograrse cuando la planificación, la operación del suministro del agua y del sistema de distribución estén orientados a atender, en cantidad y tiempo, incluyendo los períodos de escasez de agua, las necesidades de agua del cultivo, necesarias para un crecimiento óptimo y unos altos rendimientos (Doorembos y Kassam, 1986).

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). Por cada 33.88 kilogramos de fruto fresco de tomate se necesitan un metro cubico de agua, lo cual es importante porque algunos híbridos pueden utilizarse en zonas donde se presenten problemas de agua (Carrillo-Cruz *et al.*, 2003). Por otra parte Álvarez *et al.* (2011) mencionan que los frutos regados con menor cantidad de agua presentan el mayor peso y la mejor calidad. La lámina de riego de 0,8 presentó los mejores resultados en área foliar y masa de frutos. El agua de riego con altas cantidades de sales está afectando negativamente la masa promedio de los frutos (Balaguera-López *et al.*, 2009).

2.10. Nutrición

La necesidad de fertilizantes de los cultivos depende de: la disponibilidad de elementos nutritivos en los sustratos, el contenido de materia orgánica, la humedad del suelo, la variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo (Jaramillo *et al.*, 2006). 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).

2.11. Poda

Si se permite que todos los crecimientos axilares crezcan y produzcan frutas, aumentará la cantidad total de frutas, pero serán más chicas y de calidad pobre. Es mejor tener un tallo principal que lleve las frutas, ya que esta práctica producirá frutas más grandes, más uniformes y de más calidad (UEM, 2006) por otra parte la poda de flores y frutos es una práctica que permite balancear el crecimiento vegetativo con el generativo, para optimizar el número y el tamaño de los frutos en el racimo a lo largo de la planta. El manejo de la poda de frutos no tiene una fórmula general y depende de variables como variedad, condiciones climáticas, el estado de desarrollo de las plantas, su vigor y las exigencias del mercado (Bojacá *et al.*, 2009).

2.12. Tutorado

El tutorado permite un crecimiento vertical de las plantas y facilita las labores del cultivo. Éste se construye colocando en cada extremo de cada línea de plantas un poste de madera o acero a una altura aproximada de 2.5 m. Esta práctica suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de una extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillos) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta. Conforme la planta va creciendo se va guiando o sujetando al hilo tutor mediante anillos, hasta que la planta alcance el alambre que va por encima de las mismas (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2006).

2.13. Comercio del Cultivo del Tomate

El tomate a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia, los países que ocupan los primeros tres lugares en exportación, (Cuadro 2) comercializan poco más de 55 % de total mundial. Holanda ocupa el primer sitio, con 22 % del volumen de exportaciones mundiales de jitomate; México tiene el segundo lugar con 18 % de las mismas; en tercer lugar, España con 17 % del total mundial. Por otra parte la producción de tomate en el 2008 se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de jitomate en el mundo, con una participación de 36 %. Le sigue Estados Unidos con 14 %; Turquía, 12 %; India, 11 %; mientras que México (Cuadro 3) ocupó el doceavo lugar, con 3 % de participación en la producción (SAGARPA, 2010).

Cuadro 2. Participación del valor de las exportaciones mundiales.

País	Porcentaje
Holanda	22
México	18
España	17
Estados Unidos	5
Bélgica	4
Resto del mundo	34

Fuente: SAGARPA, 2010

Cuadro 3. Distribución de producción de Tomate en el Mundo.

País	Porcentaje
China	36
Estados Unidos	14
Turquía	12
India	12
Italia	6
Irán	5
Egipto	5
Brasil	4
España	4
México	3

Fuente: SAGARPA, 2010.

2.14. Entorno Nacional del Tomate

En México, el cultivo de tomate cobra relevancia económica y social generando empleos, los sistemas de producción se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituyen el medio en que se desarrollaran las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

En el caso de México, la producción se destina principalmente para el consumo de tomate fresco. El tipo de tomate de mayor producción es el saladette. El estado de Sinaloa es el productor más importante de tomate, uno de los señalamientos que es relevante destacar es que la superficie bajo

agricultura protegida en México se está expandiendo debido a que los productores están respondiendo al mercado internacional (Lucero-Flores *et al.*, 2012). Por otro lado, el tomate orgánico en México alcanza un precio 5.84 veces mayor que el convencional (Márquez-Hernández *et al.*, 2008).

SAGARPA (2010) menciona que en todo México se generaron 2.26 millones de toneladas de jitomate, siendo el principal productor el estado de Sinaloa, cuya producción representó el 35 % del total nacional, cantidad 3.8 veces mayor a lo producido por el segundo lugar, Baja California, con 9 %. Siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8, 6 y 5 %, respectivamente. Regionalmente, a todo lo largo del territorio nacional se distribuye la producción de jitomate, sin embargo, la zona productora de mayor importancia es la noroeste.

2.15. Cultivo de Tomate en la Agricultura Protegida

El desarrollo del cultivo de tomate empleando sustratos, bajo condiciones de la agricultura protegida, es capaz de generar frutos de excelente calidad además de cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria. Por otra parte, en años recientes, la demanda de productos desarrollados orgánicamente se ha incrementado, debido a que los abonos orgánicos permiten, cuando se emplean como parte de los medios de crecimiento, mejorar las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2009).

El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas en México es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento, superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 8 kg \cdot planta⁻¹, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que oscila entre 1.5 y 2 kg \cdot planta⁻¹ (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2006).

2.16. Sustratos

El sustrato es un sistema de tres fracciones cada uno con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida los nutrientes necesarios. Por último la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y de CO₂ del entorno radicular (Lemaire, 2005).

Los sustratos más utilizados en el cultivo del tomate y que han mostrado resultados adecuados en su crecimiento, desarrollo y producción, son: la turba, lana de roca y el polvo de coco; sin embargo, la adquisición de éstos es costosa, por lo que se hace necesario la búsqueda de sustratos que proporcionen un adecuado rendimiento y con bajo costo para este cultivo bajo condiciones de invernadero. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituye el medio en que se desarrollarán

las raíces las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega-Martínez *et al.*, 2010). Los sustratos son una base para mejorar diversas composiciones de una región en particular, esperando con ello optimizar la producción y reducir los costos (Ocampo-Mendoza *et al.*, 2005).

2.17. Vermicompost

El Vermicompost, también conocido como humus de lombriz, o lombricompost, es considerado, por muchos investigadores y productores como uno de los mejores abonos orgánicos del mundo, la cantidad de elementos nutritivos dependerá de las características químicas del sustrato con que se alimentaran las lombrices (Legall-Meléndez *et al.*, 2007). El vermicompost, material similar a la tierra, es producido a partir de residuos orgánicos, contiene un elevado contenido de elementos nutritivos (Ruiz-Morales, 2011).

El humus de lombriz se obtiene a través del vermicompostaje, el cual es un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica por la acción combinada de lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina y como ya se mencionó con una elevada concentración de elementos nutritivos fácilmente disponibles (Mendoza-Gómez, 2008).

2.17.1. Características del Vermicompost

El vermicompost contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrimentos haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces de las plantas. Por otra parte, impide que éstos sean lavados por el agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo; el cual permite de la disponibilidad de los elementos nutritivos cuando la planta los requiera (SAGARPA, 2010). Además el vermicompost contiene sustancias que actúan como reguladores de crecimiento, elevada la capacidad de intercambio cationico (CIC), alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la retención de humedad y la de porosidad lo que facilita la aireación y el drenaje (Hashemimajd *et al.*, 2004), características adicionales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características Químicas del Vermicompost.

Características	Unidades	Concentración
pH	-	6.8 a 7.2
N	%	1.5 a 3.35
P	ppm	700 a 2500
K	ppm	4400 a 7700
C/N	-	10 a 13
CIC	meq•100 g ⁻¹	75 a 81
Ca	%	2.8 a 8.7
Mg	ppm	260 a 576
Mn	ppm	0.2 a 0.5
Cu	ppm	85 a 490
Zn	ppm	87 a 404

Fuente: SAGARPA 2010

Ruiz-Morales, (2011) menciona que las ventajas del Vermicompost son:

- Incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo.
- Los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B), están disponibles para las plantas.
- Favorece la retención de agua en el suelo.
- Mejora las características físicas, químicas y estructurales en el suelo.

2.18. Organismos Implicados en el Proceso del Vermicompost

Se estima que hay en el planeta más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra, sin embargo para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm .Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son: *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* (SAGARPA, 2010). Las lombrices *Eisenia fetida* han demostrado ser la más eficientes para la biodegradación de residuos orgánicos y las más comúnmente utilizadas. (Saavedra, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano 2011, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) en Torreón, Coahuila, México. La institución se encuentra localizada dentro de la Comarca Lagunera (25° 42' y 24° 48' N; 103° 31' y 102° 58' O, a una altitud de 1,139 msnm) la cual se encuentra entre los Estados de Coahuila y Durango, con una precipitación promedio anual de 250 mm y su temperatura promedio anual de 18.6 °C (INEGI, 2009).

Se construyó una casa sombra de 12 m de largo por 5 m de ancho (60 m²) y 3 m de altura, cubierta con una malla antiafidos de 16 hilos•cm⁻² (Protecciones Ecológicas ®) en la cual se llevó a cabo el experimento. Dentro de la casa sombra se instalaron postes de dos pulgadas de grosor por 3 m de altura sobre el nivel del suelo para poder colocar los tutores con alambre galvanizado calibre 12.

3.2. Análisis del Vermicompost

El vermicompost (VC) se adquirió en el Módulo de abonos Orgánicos y Lombricultura de la UAAAN-UL, y fue elaborado a partir de la mezcla de dos tipos de estiércol bovino y caprino con residuos de paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en relación 1:1 en volumen, durante un periodo de 90 días. Para su descomposición se utilizaron lombrices *Eisenia fetida*.

Para conocer sus características se analizó una muestra representativa del VC, las determinaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Suelos de la UAAAN-UL, las características se determinaron mediante diferentes técnicas; la densidad aparente (Da) se obtuvo con el método rápido de la probeta, el pH y la conductividad eléctrica (CE) se determinaron por medio del método de potenciometría, el calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) por el método de espectrofotometría de absorción atómica en el espectrofotómetro (Perkin Elmer, 2380®), para la materia orgánica (MO) se aplicó la técnica de Walkley y Black, el nitrógeno (N) mediante el método de semi-micro Kjeldahl, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el método de cloruro de bario, el fósforo (P) mediante la técnica de Olsen modificado, los microelementos como el cobre (Cu), manganeso (Mn) y Zinc (Zn) mediante extracción con DTPA y absorción atómica con el espectrómetro (Perkin Elmer, 2380®) los valores obtenidos del análisis del VC se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Características del Vermicompost utilizado como parte del sustrato de crecimiento donde se desarrollo el cultivo del tomate.

Características	Unidades	Concentración
CIC	meq•100g ⁻¹	9.0
Ca	meq•100g ⁻¹	111.02
Mg	meq•100g ⁻¹	55.6
P	ppm	1146.07
K	ppm	nd
Mn	ppm	0.75
Cu	ppm	3.32
Zn	ppm	0.23
N	%	0.91
MO	%	13.55
Da	g•cm ⁻³	1.724
Na	meq•L ⁻¹	164.48
pH	-	7.9
CIC	mS•cm ⁻¹	33.1

nd= no determinado

3.3. Análisis de agua de riego

El agua de riego tiene características químicas que pueden influir en el desarrollo del cultivo, por lo cual se elaboró un análisis de ésta (cuadro 6) con la que se cubrió la demanda hídrica del tomate. El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UAAAN-UL, empleándose el método de titulación volumétrica, a excepción de los sulfatos, el cual se utilizó el método de turbidimetria.

Cuadro 6. Análisis de agua de riego aplicada durante el desarrollo del cultivo del tomate.

Características	Unidades	Concentración
Na	meq•L ⁻¹	6.28
Ca	meq•L ⁻¹	4.4
Mg	meq•L ⁻¹	5.68
pH	meq•L ⁻¹	7.31
CE	mS•cm ⁻¹	1.196
sulfatos	ppm	81.75

3.4. Labores culturales.

La siembra de tomate saladette, variedad Ramses (Harris Moran®), se realizó el 24 de febrero de 2011, en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®). El trasplante se llevó a cabo el 21 de abril de 2011, seleccionando las plántulas con 3 a 4 hojas verdaderas colocando una planta por maceta, en bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 litros, éstas se acomodaron en doble hilera con arreglo de tresbolillo con una densidad de 5.3 macetas•m⁻².

3.4.1. Tutorio

A partir que las plantas alcanzaron una altura de 40 cm, el tallo principal fue guiado en forma vertical con hilo tipo rafia de polietileno, atando desde la base de la maceta hasta el cable de acero que pasaba por la parte superior de la estructura, colocando la rafia por cada entrenudo de la planta. Se realizaron podas semanalmente para eliminar brotes axilares con el objetivo de conducir las plantas a un solo tallo, en esta actividad se utilizaron tijeras metálicas

(Barrilito®), las cuales se desinfectaron con una disolución de agua y cloro (Cloralex, Alen®) teniendo una concentración de 100 mL de cloro en 1 L de agua, esto para evitar contaminación de patógenos entre plantas.

3.4.2. Cosecha

La cosecha se realizó semanalmente, esta actividad se llevó a cabo entre los 64 y los 111 después del trasplante, recolectándose los tomates que presentaron un color rosado a rojo, en total fueron 16 cortes, se cosechó hasta el octavo racimo para todas las plantas en todos los tratamientos.

3.4.3. Poda

. La poda de las plantas de tomate se efectuó después de realizar los cortes de frutos, retirando las hojas viejas de las plantas, ubicadas por debajo de los racimos a desarrollar, facilitando la aireación y su coloración para obtener mejor calidad de frutos, se utilizaron tijeras (Barrilito®) para eliminar el material vegetal, éstas se desinfectaron con una disolución de agua y cloro (Cloralex, Alen®) teniendo una concentración de 100 mL de cloro en 1 L de agua, esto para evitar contaminación por patógenos.

3.4.4. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades, se realizaron monitoreos diarios para evitar daños que pudieran afectar el cultivo. El 4 de mayo de 2011 se aplicó repelente orgánico Phytoneem a una dosis de 0.25 mL en 20 L de agua, ya que se registró presencia de araña roja (*Tetranychus urticae*).

3.4.5. Fertilización

Para el tratamiento testigo (S5) se aplicó la solución nutritiva recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009) (Cuadro 7), utilizando los siguientes fertilizantes: Sulfato de magnesio [$MgSO_4$; 0-0-0-0-9.1], Fosfonitrato [NH_4NO_3 , 33-03-00], Nitrato de calcio [$Ca(NO_3)_2$; 15.5-0-0-19], Nitrato de potasio [KNO_3 ; 13-0-46] y Acido fosfórico [H_3PO_4 ; 85 %;], la solución se elaboró en 100 L de agua separando sulfatos y nitratos ya que éstos no son compatibles.

Cuadro 7. Concentración de la solución nutritiva aplicada en cuatro etapas de desarrollo de tomate.

Ion	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
	1 ^{er} Cuaje	1 ^{er} - 3 ^{er} Cuaje	3 ^o - 5 ^o Cuaje	> 5 ^o Cuaje
	mmol•L ⁻¹			
NO ₃ ⁻	6	8	10	12
NH ₄ ⁺	0.5	0.5	0.5	0.5
H ₂ PO ₄ ⁻	1.5	1.5	1.5	1.5
K ⁺	3.5	5.5	7	8.5
Ca ²⁺	4	4	4	4.5
Mg ²⁺	1	1.5	2	2
SO ₄ ²⁻	2.25	2.25	2.25	2.25
HCO ₃ ⁻	1	1	1	1
Na ⁺	<5	<5	<5	<5
Cl ⁻	2	2	2	2
CE (mS•cm ⁻¹)	1.4	1.8	2.2	2.4

3.5. Diseño Experimental

La unidad experimental correspondió a una maceta, con una planta por maceta. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, siendo las parcelas chicas los sustratos y las parcelas grandes los volúmenes de agua aplicados. Los sustratos evaluados fueron cinco cada uno con cuatro repeticiones éstos se aprecian en el Cuadro 8. Para los sustratos S1-S4 se utilizó dos frecuencias de riego y tres volúmenes de agua aplicados, los cuales fueron: riego diario con 0.75 L de agua (RDV1), riego diario con 0.50 L de agua (RDV2) y riego un día sí y uno no, con 0.75 L de agua (RC2D) (Cuadro 9). El sustrato testigo (S5) se regó conforme al riego RDV1 con 0.75 L de agua, al mismo tiempo se aplicó la fertilización recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009), la aplicación consistió en un día sulfatos y al día siguiente

nitratos sucesivamente. De acuerdo al desarrollo del cultivo y a la demanda hídrica se determinó la necesidad de aplicar un riego complementario, tomando en cuenta los siguientes intervalos de riego: del día 1 al 28, 29 al 51, 52 al 71 y 72 al 142 días después del trasplante. Al concluir el experimento los volúmenes de agua aplicados fueron de 245, 209.5 y 122.25 L·maceta⁻¹ para los riegos RDV1, RDV2 y RC2D respectivamente. La interacción entre los volúmenes de riego y los sustratos formaron 13 tratamientos los cuales se pueden apreciar en el Cuadro 10.

Cuadro 8. Relación de Vermicompost y Perlita para los sustratos utilizados para el desarrollo del cultivo del tomate.

Sustrato	(VC)	Perlita
	relación (v:v)	
S1	1	1
S2	1	2
S3	1	3
S4	1	4
S5	0	1

v:v=relación volumen: volumen; VC=Vermicompost; P=perlita

Cuadro 9. Periodos y volúmenes de agua aplicados durante el desarrollo del cultivo de tomate.

Periodo (días)	RDV1			RDV2			RC2D			
	Volumen (L)	d*V	VAPM (L)	Volumen (L)	d*V	VAPM (L)	Volumen (L)	d*V	VAPM (L)	
1-28	0.75	28*0.75	21	0.5	28*1.5	14	0.75	14*.75	10.5	
29-51	1.25	23*1.25	28.75	1	23*1	23	1.25	12*1.25	15	
52-71	1.75	19*1.75	33.25	1.5	19*1.5	28.5	1.75	9*1.75	15.75	
72-142	2.25	72*2.25	162	2	72*2	144	2.25	36*2.25	81	
Volumen total de agua •maceta⁻¹			245				209.5			
								122.25		

RDV1=Riego diario; RDV2=Riego diario RC2D=Riego cada dos días; d=días; V=Volumen de agua VAPM=volumen de agua por planta; L=litros de agua

Cuadro 10. Tratamientos resultantes de la composición de las fuentes de variación sustratos y riego aplicados durante el desarrollo del tomate saladette.

Tratamiento	Riego	Sustrato VC:P
T1	RDV1	(S1) 1:1 v:v
T2	RDV1	(S2) 1:2 v:v
T3	RDV1	(S3) 1:3 v:v
T4	RDV1	(S4) 1:4 v:v
T5	RDV1	(S5) 0:1 v:v
T6	RDV2	(S1) 1:1 v:v
T7	RDV2	(S2) 1:2 v:v
T8	RDV2	(S3) 1:3 v:v
T9	RDV2	(S4) 1:4 v:v
T10	RC2D	(S1) 1:1 v:v
T11	RC2D	(S2) 1:2 v:v
T12	RC2D	(S3) 1:3 v:v
T13	RC2D	(S4) 1:4 v:v

RDV1=Riego diario; RDV2=Riego diario RC2D=Riego cada dos días; VC=vermicompost; P=perlita; v:v=relación volumen volumen; S = Sustratos (S1 – S5)

3.6. Variables Evaluadas

Para determinar el efecto de los volúmenes de riego aplicados y los sustratos en estudio, se consideraron dos frutos de cada racimo por maceta, en los cuales se evaluaron las siguientes variables: diámetro ecuatorial (DE), longitud del fruto (LF), espesor del pericarpio (EP), las cuales se midieron con un vernier (TRUPER®) registrando los valores en centímetros, además se determinó el número de lóculos (NL) para lo cual los tomates se partieron a la mitad para contabilizar las cavidades, también se evaluó el peso promedio del fruto (PF) y rendimiento total (R), el cual se determinó con una báscula digital (Sartorius®) registrando los valores en gramos y kilogramos respectivamente, el

contenido de sólidos solubles (SS) fue determinado en °Brix con un refractómetro automático (ATAGO®).

Por otro lado se cuantifico la altura de la planta (AP) y el diámetro del tallo (DT) semanalmente anotando los valores en centímetros, para la lectura de estas variables se midió hasta el día 142 después del trasplante.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con parcelas divididas siendo la parcela grande el volúmen de agua aplicado y las parcelas chicas los sustratos, se realizó un análisis de varianza y en su caso una prueba de comparación de valores promedio utilizando la prueba DMS al 5 %. Ambos análisis se realizaron mediante el programa SAS (SAS, 1999).

IV. Resultados y discusión

4.1. Rendimiento total

De acuerdo al análisis de varianza, los resultados obtenidos para la fuente de variación riego, la variable rendimiento total mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), siendo el riego RDV2 en el cual se obtuvo el mayor rendimiento con $1.63 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, superando con al menos 18.89 % a los riegos RDV1 y RC2D los cuales se obtuvieron rendimientos de 1.39 y $1.42 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, respectivamente. Por otra parte para la fuente de variación sustrato no presentó diferencias significativas ($P \geq 0.05$), pero el S3 destacó con $1.58 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, superando con al menos 3.8 % al resto. Finalmente para los tratamientos se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), destacando el T8 (RDV2xS3) con un rendimiento con $1.70 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, seguida del tratamiento T9 (RDV2 x S4) con un rendimiento de $1.69 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, éstas al menos superaron con 7.06 % al resto de las interacciones (Cuadro 11).

Considerando que el mayor rendimiento, $1.70 \text{ kg} \cdot \text{maceta}^{-1}$, se obtuvo con el riego RDV2, al aplicar un volumen de 209.5 L de agua $\cdot \text{maceta}^{-1}$ y tomando en cuenta que se colocaron $5.2 \text{ macetas} \cdot \text{m}^{-2}$, el rendimiento fue de 8.84 kg m^{-2} ,

se puede estimar que la productividad del agua fue de $8.11 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, bajo condiciones de casa sombra. Este valor fue ampliamente superado por la productividad de $35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, reportada por Flores *et al.* (2007) para tomate, sólo que este cultivo fue desarrollado bajo condiciones invernadero. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede estimar, que el riego, en el cultivo establecido en sustratos de crecimiento, se puede eficientar, al manipular los volúmenes y frecuencias de riego aplicados en sustratos de crecimiento ya que si afecta los resultados.

El rendimiento promedio general fue de $1.47 \text{ kg}\cdot\text{maceta}^{-1}$, considerando $5.2 \text{ macetas}\cdot\text{m}^{-2}$, el rendimiento por hectárea fue de $76.44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, éste valor superó al rendimiento de $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ para tomate orgánico, en condiciones de campo abierto, reportado por la SAGARPA (2005). Por otro lado los resultados obtenidos fueron superados por lo establecido por Márquez-Hernández *et al* (2008), quien obtuvo un rendimiento promedio de $91.42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, en sus cuatro mezclas sobresalientes las cuales fueron Vermicompost + arena al 50 %, Vermicompost + Perlita al 37.5 y 50 %, además de Biocompost al 37.5 % + Perlita, los cuales estuvieron establecidos en condiciones de invernadero. Lo anterior contrasta con lo establecido por Subler *et al* (1998) quienes determinaron el mejor desarrollo del cultivo se registró con las proporciones menores de vermicompost. Cruz-Carrillo *et al.* (2003) evaluaron el rendimiento de tomate tipo saladette en distintas densidades de plantación, reportaron en $4.2 \text{ plantas}\cdot\text{m}^{-2}$ un rendimiento de $17.373 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ lo cual no concuerda con lo obtenido en el presente experimento.

Cuadro 11. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en fruto de tomate saladette, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de malla sombra.

		PF (g)	DP (cm)	DE (cm)	EP (cm)	SS (°Brix)	NL	R (kg·planta ⁻¹)
Riego (R)		ns	ns	*	Ns	ns	ns	**
	RDV1	38.13 a	4.95 a	3.33 b	0.55 a	5.38 a	3 a	1.39 b
	RDV2	41.82 a	5.14 a	3.64 a	0.54 a	5.27 a	3 a	1.63 a
	RC2D	38.10 a	5.05 a	3.41 b	0.52 a	5.4 a	3 a	1.42 b
Sustrato (S)		(*)	(**)	(ns)	(ns)	(**)	(ns)	(ns)
	S1	35.16 a	4.81bc	3.37ab	0.51 a	5.59 a	3 a	1.40 ab
	S2	39.26 a	5.02 b	3.47 a	0.52 a	5.53 ab	3 a	1.46 ab
	S3	43.31 a	5.39 a	3.62 a	0.55 a	5.25 ab	3 a	1.58 a
	S4	41.65 a	5.10ab	3.43ab	0.58 a	5.05b	3 a	1.52 ab
	S5	35.25 a	4.58 c	3.15 b	0.51 a	5.35 ab	3 a	1.29 b
^z T	R x S	nd	*	ns	ns	*	ns	*
T1	RDV1 x S1	36.13 abc	4.99 bcd	3.31 bcd	0.58 b	5.69 ab	3a	1.39 bcd
T2	RDV1 x S2	37.27 abc	4.92 bcd	3.37 bcd	0.51 b	5.60 ab	3 a	1.31 bcd
T3	RDV1x S3	38.83 abc	5.24 ab	3.49 abcd	0.54 ab	5.25 bc	3 a	1.46 abcd
T4	RDV1x S4	43.19 ab	5.04 abcd	3.32 bcd	0.68 a	5.03 c	3 a	1.51 abcd
T5	RDV1x S5	35.25 bc	4.98 cd	3.15 d	0.51 b	5.35 abc	3 a	1.29 cd
T6	RDV2 x S1	39.19 ab	4.91 bcd	3.56 abc	0.52 ab	5.34 abc	3 a	1.58 ab
T7	RDV2x S2	40.82 ab	4.96 bcd	3.63 ab	0.53 ab	5.41 abc	3 a	1.54 abc
T8	RDV2x S3	44.57 a	5.55 a	3.81 a	0.57 ab	5.26 bc	3 a	1.70 a
T9	RDV2x S4	42.82 ab	5.16 ab	3.55 abc	0.52 ab	5.07 c	3 a	1.69 a
T10	RC2D x S1	30.15 c	4.54 d	3.22 cd	0.52 ab	5.74 a	3 a	1.23 d
T11	RC2Dx S2	39.68 ab	5.18 ab	3.42 abcd	0.51 b	5.59 ab	3 a	1.53 abc
T12	RC2Dx S3	43.53 ab	5.36 ab	3.57 abc	0.53 ab	5.26 bc	3 a	1.58 abc
T13	RC2Dx S4	39.06 ab	5.12 abc	3.43 abcd	0.53 ab	5.06 c	3 a	1.35 bcd
	Media general	39.264	5.05	3.45	0.54	5.36	3	1.477
	CV (%)	15.302	7.81	7.80	22.51	5.45	8.46	13.5

^zT = tratamiento; ^yValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con $P \leq 0.05$. PF = Peso de fruto; DP = Diámetro polar; DE = Diámetro ecuatorial; SS = sólidos solubles; EP = espesor de pericarpio; NL = número de lóculos; R = rendimiento; CV = coeficiente de variación. ns= no significativo; *=significativo ** altamente significativo.

4.2. Sólidos solubles

Para esta variable la fuente de variación riego, no presentó una diferencia significativa ($P \geq 0.05$), mientras que la comparación de medias destacó, el riego RC2D con un valor de 5.4 °Brix, seguido del RDV1 y RDV2 con un valor de 5.38 y 5.27 °Brix respectivamente. Por otra parte la fuente de variación sustrato presentó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), siendo los sustratos más

destacados S1 y S2 con un rango de 5.59 y 5.53 °Brix, superando con al menos 4.2 % al resto de los sustratos. Finalmente en los tratamientos no se presentó una diferencia significativa ($P \leq 0.05$), pero destacó el tratamiento T10 (RC2DxS1) y el T1 (RDV1xS1) con valores de 5.74 y 5.69 °Brix superando al resto con al menos 2.4 %. Tomando en cuenta la media general que fue 5.36 °Brix, este valor fue similar a lo reportado por Moreno-Reséndez *et al.* (2005) quienes al evaluar el desarrollo del tomate en mezclas de Vermicompost:arena (50:50; %, en volumen), reportaron valores promedio de 5.3 °Brix. Los resultados obtenidos fueron no coinciden a lo establecido por Acosta (2003), quien evaluó tomate en invernadero no encontró diferencia significativa y determinó un valor de 4 °Brix en todos los tratamientos.

Debido a que el agua de riego que se aplicó al cultivo establecido en sustratos presentó un alta concentración de sales, se puede contemplar lo dicho por Dorais *et al.* (2001), que al incrementarse la salinidad, en los medios de crecimiento, también se incrementa el contenido de SS de los frutos. Por su parte Plaut *et al.* (2004) destacan que la mayor acumulación de sólidos solubles en el fruto pudiera deberse, por una parte, a una menor absorción y acumulación de agua por los frutos, y para superar este problema los frutos acumulan solutos orgánicos como azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa), con lo que se logra disminuir el potencial osmótico, facilitando así la absorción de agua en los frutos

4.3. Peso del fruto

Para la fuente de variación riego, el peso del fruto no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$), sin embargo, destacó el riego RDV2 con 41.82 g, superando al riego RDV1 y RC2D, los cuales obtuvieron 38.13 y 38.10 g respectivamente. Para la fuente de variación sustrato el análisis de varianza demostró una diferencia significativa, ($P \leq 0.05$), el mayor resultado de medias se obtuvo en el sustrato S3 con 43.31 g superando al resto de los sustratos con al menos 3.8 %. Para los tratamientos no se registró una diferencia significativa ($P \geq 0.05$), pero si destacó el tratamiento T8 (RDV2xS3) con 44.57 g, superando al resto de los tratamientos con al menos 2.33 %. Considerando la media general, con un valor de 39.2 g, en condiciones de casa sombra, el resultado fue ampliamente superado por lo establecido por Rodríguez-Dimas *et al.* (2009) Quienes obtuvieron un peso promedio de 183.2 g para los genotipos Romina y Granitio, desarrollados en sustratos de Compost + Arena, Arena de rio y Te de Compost en condiciones de invernadero, debido a los resultados se puede estimar que las condiciones ambientales favorecen a un buen desarrollo del cultivo, ya que en condiciones de casa sombra no se puede controlar favorablemente condiciones como la temperatura, humedad relativa. De igual manera el peso promedio general del fruto fue superado por lo reportado por Ortega-Farías *et al.* (2001) quienes evaluaron el efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento de tomate, y obtuvieron un peso promedio de 194 g.

4.4. Diámetro Polar

Para la fuente de variación riego, el análisis de varianza no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$), sin embargo el RDV2 mostró un mayor resultado con 5.14 cm, seguido del riego RC2D y RDV1, con 5.05 y 4.95 cm respectivamente. Por otra parte para la fuente de variación sustrato se registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), el mayor resultado se mostró en el sustrato S3 con un resultado de 5.39 cm para el diámetro polar, superando al resto de los sustratos con al menos 5.39 %. Para los tratamientos, la variable mostró una diferencia significativa ($P < 0.05$), el mayor valor en cuanto a diámetro polar lo presentó el tratamiento T8 (RDV2xS3) con un valor promedio de 5.55 cm superando con 5.59 % al resto de los sustratos.

El promedio general para el diámetro polar fue de 5.05 cm obtenido en condiciones de casa sombra, lo cual fue ampliamente superado por los resultados obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.* (2008), quienes al evaluar sustratos con de arena + fertilizantes orgánicos (1:1; v:v) y arena + vermicopost de estiércol de bovino + micronutrientes (4 % Fe, 2 % Zn, 1 % Mn), quien obtuvo valores promedio de 5.4 y 6.1 cm, en los híbridos Miramar y Big Beef (Seminis Vegetable Seeds ®) establecidos en condiciones de invernadero. De igual manera el diámetro polar fue superado por lo establecido por Ortega-Farías *et al.* (2003) quienes determinaron diámetros polares de 5.4, 5.8, 6.1 y 6.2 cm, al evaluar tomate con diferentes frecuencias de riego durante el día (aplicando cuatro riegos, con diferentes volúmenes de agua).

4.5. Diámetro Ecuatorial

La fuente de variación riego para esta variable, presentó una diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo el riego RDV2 el que presentó mayor resultado con 3.64 cm, superando a los riegos RDV1 y RC2D con al menos un 5.58 % a estos. Mientras que para la fuente de variación sustrato no hubo diferencia significativa pero el sustrato S3 mostró un valor mayor con 3.62 cm superando con al menos un 4.14 % a los sustratos S2, S4, S1 y el testigo S5 que mostraron un valor de 3.47, 3.43, 3.31 y 3.15 cm respectivamente.

Mientras que para los tratamientos no se registró una diferencia significativa ($P \geq 0.05$), pero destacó con un valor mayor el tratamiento T8 (RDV2xS3), con un valor de 3.81 cm superando al resto de las interacciones con al menos un 4.72 %. Los resultados obtenidos fueron ampliamente superados por los obtenidos por Cruz-Lázaro *et al.* (2010) quien obtuvo un valor promedio de 5.6 cm al evaluar el efecto de tres compostas y tres Vermicompost mezcladas en diferentes proporciones (100, 75 y 50%) con arena, bajo condiciones de invernadero, ya que en estas las necesidades climáticas son mas controladas que en casa sombra, y esto conlleva a un mejor desarrollo del cultivo.

4.6. Espesor de pericarpio

De acuerdo al análisis de varianza, no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para las fuentes de variación riego, sustrato ni para los tratamientos la mayoría de los resultados fueron similares, pero sí se mostró un valor mayor para el tratamiento T4 (RDV1x S4) teniendo un valor de 0.68 cm superando al resto de los tratamientos con al menos en un 14.71 %.

La media general obtenida por el análisis mostró un valor de 0.54 cm, este valor fue superado por lo obtenido por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2008) quienes al evaluar sustratos con de arena + fertilizantes orgánicos (1:1; v:v) y arena + vermicopost de estiércol de bovino + micronutrientes (4 % Fe, 2 % Zn, 1 % Mn), obtuvieron valores promedio de 0.70 y 0.84 cm para los híbridos Big.Beef y Miramar, de acuerdo a que no hubo diferencia significativa en ninguna de las fuentes de variación ni para los tratamientos, se puede estimar que los sustratos ni los riegos influyen en esta variable y que depende de la variedad del tomate para su calidad, esto concuerda con Rodríguez-Dimas *et al.*, (2008), quienes no obtuvieron diferencias significativa para el espesor de pericarpio.

4.7. Número de Lóculos

El análisis de varianza no demostró diferencias significativas para las fuentes de variación riego, sustrato ni para los tratamientos, los resultados presentaron un valor similar con tres lóculos para los tomates evaluados, por lo

tanto se puede estimar que las fuentes de variación no influyen en el desarrollo de número de lóculos, esto concuerda con Márquez-Hernández *et al.*, (2008), quienes al evaluar sustratos de: compost comercial, Biocompost y Vermicompost; el segundo factor, medios inertes: arena de río y perlita; y el tercer factor, niveles de composta: 12.5, 25, 37.5 y 50%, obtuvieron el mismo número de lóculos para el cultivo del tomate.

4.8. Altura de Planta

Para esta variable la fuente de variación riego mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), siendo el riego RDV2 quien obtuvo un valor de 292.7 cm superando con al menos un 5.8 % al resto de los riegos, la fuente de variación sustrato presentó diferencias altamente significativa ($P \leq 0.01$), siendo el sustrato S2 quien obtuvo la mayor altura con 280.36 cm superando con al menos un 1 % al resto de los sustratos, para los tratamientos el análisis mostró una diferencia altamente ($P \leq 0.01$), siendo el tratamiento T7 (RDV2x S2), quien obtuvo un valor de 319.58 cm, superando con 9.1 % al resto de las interacciones (Cuadro 12), lo anterior supera a lo encontrado por García (2006) quien reporta una media de 225 cm. Las menores alturas se presentan en las frecuencias de RC2D y se debe a que los requerimientos de agua aumentan conforme, al crecimiento de las plantas, esto pudo haber afectado el crecimiento de las plantas ya que la menor altura se presentó en las frecuencias de riego menos constantes y en las de menor volumen de riego. Tanto Bender, (2008) y Al-Omran *et al.*, (2010) mencionan que cuando se genera estrés

hídrico en el cultivo de tomate, la planta reacciona cerrando sus estomas para evitar la transpiración. Los resultados contrastan a los obtenidos por Moreno-Rezéndez *et al.* (2005) ya que mencionan que la altura de plantas de tomate no varía a diferentes porcentajes de compost más arena. Jacobo *et al.* (1973) reportaron que al utilizar el compost como sustrato o en mezcla es favorable, debido a que tiene la capacidad de activar los procesos microbiológicos, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad; junto con ello, actúan como regulador de la temperatura, que retarda la fijación de ácidos fosfóricos minerales, haciendo el fósforo más asimilable como macroelemento, ya que constituye el segundo elemento en importancia para el crecimiento de las plantas.

4.9. Diámetro Del Tallo.

Para esta variable, el análisis de varianza mostró una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) tanto para las fuentes de variación sustrato, riego y los tratamientos. Para la fuente de variación riego RDV1 obtuvo un valor de 1.53 cm superando al resto de los riegos establecidos, mientras que para el sustrato el mayor valor se presentó S1 con 1.58 cm, finalmente para los tratamientos, el mayor valor se obtuvo en T1 (RDV1 x S1) con un valor de 1.63 cm. De la misma manera que la altura de la planta, el diámetro tuvo un desarrollo menor en la frecuencia de un día si y uno no y menor volumen de agua y esto puede deberse a los requerimientos de agua aumenta conforme, al crecimiento de las plantas.

Cuadro 12. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en la planta de tomate saladette, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de malla sombra.

T		Altura planta	Diámetro del tallo
		cm	Cm
	Riego (R)	(**)	(**)
	RDV1	275.5 b	1.53 a
	RDV2	292.7 a	1.52 a
	RC2D	265.54 c	1.39 b
	Sustrato (S)	(**)	(**)
	S1	274.94 e	1.58 a
	S2	280.36 a	1.49 b
	S3	279.16 b	1.47 bc
	S4	276.25 d	1.46 c
	S5	278.33 c	1.42 d
	R x S	(**)	(**)
T1	RDV1 x S1	278.41 f	1.63 a
T2	RDV1 x S2	251.33 l	1.62 b
T3	RDV1x S3	281.83 e	1.53 bcd
T4	RDV1x S4	287.58 c	1.42 e
T5	RDV1x S5	278.33 f	1.46 e
T6	RDV2 x S1	277.33 g	1.56 b
T7	RDV2x S2	319.58 a	1.51 cd
T8	RDV2x S3	290.33 b	1.53 bcd
T9	RDV2x S4	283.58 d	1.5 d
T10	RC2D x S1	269.08 i	1.55 bc
T11	RC2Dx S2	270.16 h	1.34 f
T12	RC2Dx S3	265.33 j	1.34 f
T13	RC2Dx S4	257.58 k	1.34 f
	Media general	277.73	1.48
	CV (%)	0.13 %	1.6 %

*=significativo ** =altamente significativo; ns=no significativo

V. CONCLUSIÓN

Los abonos orgánicos van ganando relevancia en la producción agrícola, ya que estos sustratos cuando se utilizan como medios de crecimiento del cultivo cubren las necesidades nutrimentales de los cultivos, al mismo tiempo se reducen los costos de producción ya que no se usan fertilizantes sintéticos. Es importante llevar un buen manejo de los volúmenes y frecuencias de agua de riego, para evitar la mala utilización del recurso, ya que con volúmenes menores de agua se puede cubrir la demanda del cultivo del tomate

Las fuentes de variación Riego RDV2, el sustrato S3, y el tratamiento T8 (RDV2xS3), cubren las necesidades nutrimentales del cultivo de tomate, para obtener alrededor de $88.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, sin adición de fertilizantes sintéticos, superando al resto de los tratamientos incluyendo al testigo, al cual aplicó solución nutritiva. Con respecto a las variables: peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa, las mismas fuentes de variación superaron a los demás tratamientos, además que se redujo el consumo de agua pues se aplicó $209.5 \text{ litros de agua}\cdot\text{maceta}^{-1}$, con los cuales es posible realizar el ahorro de aproximadamente $40 \text{ L de agua}\cdot\text{maceta}^{-1}$ pues en el testigo se aplicaron $249 \text{ L de agua}\cdot\text{maceta}^{-1}$

De acuerdo a los resultados, se puede estimar que el Vermicompost puede ser un medio de crecimiento adecuado para el desarrollo del cultivo de tomate ya que con las diferentes dosis aplicadas se cubrieron las necesidades nutrimentales.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta B., B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México.
- Al-Omran, A. M., Al-Harbi, A. R., Wahb-Allah, M. A., Nadeem, M., Al-Eter, A. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. *Turk Journal Agriculture*. 34: 59–73.
- Álvarez, J., López, J., Balaguera H., Merchán, J., Veloza, J. 2011. Láminas de riego y calidad de problemas de salinidad en tomate (*Solanum lycopersicum L.*).
- Balaguera-López H. E., Álvarez-Herrera J. G. Martínez-Árevalo y G. E. Balaguera W. 2009. El contenido de arcilla del suelo influye en el rendimiento del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicom L.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. (3) 1. Pp 199-209
- Basal, S. and Kapoor, K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dug with *Eisenia Foetida*. *Bioresour. Technology*. 73. Pp 95-98.
- Bender Ö. D. 2008. Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. *Compost Science & Utilization* (16)125–131
- Bojacá C. R., Luque N. Y., y Monsalve O I. 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. (3) 2: 188-198.
- Cano-Ríos P., Moreno-Reséndez A., Márquez-Hernández C., Rodríguez-Dimas. N., y Martínez-Cueto V., 2004. Producción de Tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. In: *Memorias del simposio nacional de horticultura: diseño, manejo y producción*.
- Carrillo-J., Jiménez-Félix, Ruiz-Jaime, Díaz-Gustavo, Sánche-Prometeo, Perales-Catarino y Arellanes-Anselmo. 2003. Evaluación de Densidades de siembra en tomate (*Lycopersicom Esculentum Mill.*) en Invernadero. *Agronomía Mesoamericana* (14) 1: 85-88.
- Castellanos J. Z. y Ojodeagua J. L. 2009. Formulación de la solución nutritiva. Manual de producción de tomate en invernadero. J. Z. Castellanos (Ed.). *Intagri*. México. 131-156
- Cháirez-Araiza C. y Palerm-Vinqueira J.2004. El entarquinamiento: el caso de la comarca lagunera. *Organizaciones autogestivas para el riego*. 85-97.
- Cruz Carrillo, J., Jiménez f., Ruiz J., Díaz G., Sánchez P., Perales C., Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon*

esculentum Mill) en invernadero. Rev. Agronomía Mesoamericana. 14(001):85-88.

- De la Cruz-Lázaro E., Osorio-Osorio R., Martínez-Moreno E., Lozano-Del Rio L., Gómez-Vázquez A y Sánchez-Hernández. R. 2010. Uso de Compostas y Vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Inverciencia*. 35(5): 363-368.
- Deaquiz-Oyola Y, Álvarez-Herrera J, y Fraile A. 2008. Efecto de diferentes laminas de riego u sustratos en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Colombiana en Ciencias Hortícolas* (2) 1: 54-65.
- Dennis-Rivera, R. 2007. La tecnología de invernadero en el Valle del Yaqui: Una Alternativa para el Desarrollo Regional. en: Octavo Congreso Nacional y Cuarto Congreso Internacional de la Red de Investigación y Docencia sobre Innovación Tecnológica. Culiacán de Rosales, Sinaloa México. 19 p. Disponible *in*: <http://www.uasnet.mx/ridit/Congreso2007/m3p26.pdf>. Fecha de recuperación: 11 de diciembre de 2011.
- Doorembos, J. y A. Kassam A. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO –Riego y Drenaje N° 33. 211 pags. Roma, 1986. Disponible en: <http://innovaciontec.idict.cu/index.php/innovacion/article/viewFile/251/252>
- Dorais, M., Papadopoulos A.P. and Gosselin A. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Vol. 56.
- Flores, J. W., Ojeda-Bustamante. I., López. A., Rojano y Salazar I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *TERRA Latinoamericana*. 25(2): 127-134
- Gallardo, C. 2006. Sustratos para plantas y sus características. Universidad Nacional De Entre Ríos Disponible en: http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/ENTRE_RIOS/58/macronutrientes%20en%20sustratos%20para%20plantas.pdf fecha de consulta 13 de Octubre 2012.
- García V., G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila México.
- Hashemimajd K., Kalbasi, M. Golchin, A. and Shariatmandari. H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. 27:1107-1123.
- Hu, W.H, Zhou, Y.D. Du, Y.S. Xia, X.J. and Yu. J.Q. 2006. Differential response of photosynthesis in greenhouse and field ecotypes of tomato to long-term chilling under low light. *Journal of Plant Physiology* 163:1238-1246.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica de los Estados Unidos Mexicanos. (INEGI). 2009. Torreón Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística05035.

- Jacobo, A., Uexkull H., 1993 Nutrición y abono de los cultivos tropicales y subtropicales. Cuarta edición. México: Ediciones ecoamericanas. 626p.
- Jaramillo-Noreña. J., Rodríguez, V.P., Guzman-A. Miriam., Zapata, M. A. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Boletín Técnico 21 Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48 p.
- Juárez-López. P., Bugarín-Montoya. R., Sánchez-Monteón. A., Balois-Morales R., Juárez-Rosete C. y Cruz-Crespo E. 2011a. Horticultura protegida en Nayarit, México situación actual y perspectivas. Revista Bio Ciencias. 1 (4):16-24.
- Juárez- López P., Bugarín-Montoya. R., Castro-Brindis R., Sánchez-Monteón A., Cruz-Crespo E., Juárez-Rosete C., Alejo-Santiago G y Balois-Morales .2011b. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida Revista Fuente.(3) 8: 21-27
- Legall.-Meléndez J. R., Dicovski Rioboó L. E. y Valenzuela-Castellón Z. 2007. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales.
- Lemaire, F. 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Ediciones Mundi Prensa. Primera edición. Madrid- España. 210p
- Lesur, L. 2006. Manual del cultivo del tomate: una guía paso a paso. Editorial Trillas. Primera edición 2006. México. 79 p
- Llonin, D. y Medina, N. 2002. NUTRICIÓN MINERAL CON N, P Y K EN LA SIMBIOSIS HONGOS MICORRIZÓGENOS-TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN FERRALSOLS. Cultivos tropicales (23) 4: 83-88.
- López-Camelo A.F., Gómez P.A. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. Horticultura Brasileira 22(3):534-537.
- Lucero-Flores, J. M. Sánchez-Verdugo, C. y Almendarez-Hernández, M. A. 2012. Inteligencia de mercado de tomate saladette. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz Baja California Sur, México. 74 p.
- Márquez-Hernández. C., Cano-Ríos P. y Rodríguez-Dimas. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos en la producción de tomate en invernadero Agricultura Técnica en México. 34 (1): 69-74.
- Mendoza-Gómez L. 2008. Manual de Lombricultura. Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Secretaria de Educación Pública. Disponible en: <http://www.cecytech.edu.mx/Pdf/manuallombricultura.pdf>
- Moreno-Reséndez, A., Valdés-Perezgasga M. y Zarate-López T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de Vermicompost/Arena Bajo condiciones de Invernadero. Agricultura técnica de Chile. 65 (1): 26:34
- Moreno-Reséndez A, Aguilar-Durón J. y Luévano-González A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios 15(29): 763-774.
- Navarro-Lara, P. 2011. Caracterización y evaluación de variedades de tomate en invernadero ecológico. Trabajo de investigación. Universidad de Almería.
- Nuez. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones mundi-prensa. Primera edición Primera impresión 1995. Reimpresión 2001. España. 790 p
- Ocampo-Mendoza, J., Caballero, M. R. y Tornero, C. M. A. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. In: Agricultura, Ganadería, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 55-73.

- Ortega-Farías S., Ben-Hur L., Valdés H y Paillán H. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. Rev. Agri. Téc. (chile) 61(4):479 – 487
- Ortega-Farías S., Ben-Hur Leyton., Valdés H y Paillán H. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano. Rev. Agri. Téc. Chile. 63(4)
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J. Sandoval-Castro E., Salcido-Ramos, B. y Manzo-Ramos F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. Revistas Científicas de América Latina pp 339-336.
- Plaut Z, Grava A, Yehezkel Ch, and Matán E. 2004 How do salinity and water stress affect transport of water assimilates and ions to tomato fruits? *Physiol. Plant.* 122: 429-442
- Porter-Humpert C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle* 39 30-35
- Raviv, M. O., Katan, J. Hadar, Y. Yogev, A. Medina, S. Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High- nitrogen compost as a medium for organic container Grow Crops. *Bioresour Technol.* 96: 419-427.
- Reddy, A. R., Chaitanya K. V., Jutur P. P., Granam A. 2005. Photosynthesis and oxidative stress responses to water deficit in five different mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 11 291–298.
- Ruiz,-Morales, M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta. Universidad Iberoamericana. Primera edición electrónica.
- Rodríguez-Dimas N., Cano-Ríos P., Figueroa-Viramontes U., Palomo-Gil, A., Favela-Chávez E., Álvarez-Reyna V., Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez A. 2008. Producción de tomate en invernadero con Humus de Lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 31 (3): 265-272.
- Rodríguez-Dimas N., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes U., Favela-Chávez, E., Moreno-Reséndez A., Márquez-Hernández C., Ochoa-Martínez E., Preciado-Rangel P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Revista Terra Latinoamericana* 27 (1): 319-327.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- Saavedra-González M.2007. Tesis. Biodegradación de alperujo utilizando hongos del genero *Pleorotus* y anélidos de la especie *eisenia foetida*. Universidad de Granada Instituto de Biotecnología.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON). Versión 1.1. México, D. F.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lombricultura. Pp 1-8, disponible: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultur a.pdf> última visita 12/09/2012.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Monografías de cultivos jitomate. Disponible <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Precios de referencia 2012. Tecnologías de agricultura protegida precios de referencia. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Agricultura%20Protegida%202012/Precios%20de%20referencia%202012.pdf>.
- Sánchez del Castillo F. 2007. Proyecto Educativo de la Licenciatura Ingeniero Agrónomo en Horticultura Protegida. Chapingo, México. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 86.
- Subler, S. Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.
- Ucan-Chan I., Sánchez-Del Castillo F., Magaña-Contreras E. y Corona Sáez T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 28 (1): 33-38
- Universidad Estatal de Mississippi UEM. 2006.. Guía de cultivo de tomate en invernadero. Publicación 2419
- Vallejo C., F.A. y Estrada S., E.I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Palmira. Universidad Nacional de Colombia.

VII. APÉNDICE

Cuadro 13. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable rendimiento, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	455102.86	227551	5.7	0.008 **
Sustrato	4	264733	66183	1.66	0.1859 ns
RxS	6	266689	44448	1.11	0.3782
Error	30	1197959	39931		
Total	51	2666957			
CV %	13.52696				
Media	1477.271				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativo

Cuadro 14. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable peso de fruto, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	123.591258	61.7956291	1.71	0.1977 ns
Sustrato	4	418.2954	104.573858	2.9	0.0386 *
RxS	6	187.47	31.246146	0.87	0.5312
Error	30	1082.88579			
Total	51	2212.91644			
CV %	15.30183				
Media	39.26335				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativo

Cuadro 15. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro ecuatorial, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.64227804	0.32113902	4.43	0.0207 *
Sustrato	4	0.59357406	0.14839352	2.05	0.1132 ns
RxS	6	0.07095563	0.01182594	0.16	0.9847
Error	30	2.17688906			
Total	51	4.18120431			
CV %	7.800323				
Media	3.4533385				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 16. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro polar, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.10012529	0.05006627	0.32	0.7272 ns
Sustrato	6	2.72303161	0.6807579	4.38	0.0066 **
RxS	4	0.73615737	0.1226929	0.79	0.5856
Error	30	4.66540396			
Total	51	9.62687968			
CV %	7.81371				
Media	5.046923				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 17. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable numero de lóculos, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.04166667	0.02083333	0.34	0.7176 ns
Sustrato	4	0.19583333	0.04895833	0.79	0.5418 ns
RxS	6	0.29166667	0.0386111	0.78	0.59
Error	30	1.8625			
Total	51	2.82692308			
CV %	8.4683				
Media	3				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa

Cuadro 18. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable espesor de pericarpio, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.00880813	0.00404067	0.27	0.7629 ns
Sustrato	4	0.04433685	0.01108421	0.75	0.5665 ns
RxS	6	0.0660309	0.01100515	0.74	0.619
Error	30	0.4429655			
Total	51	0.67891228			
CV %	22.51063				
Media	0.540413				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 19. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable grados °Brix, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.18565929	0.09282965	1.09	0.35 ns
Sustrato	4	2.24371823	0.56092956	6.57	0.0006 **
RxS	6	0.28442821	0.0474047	0.56	0.762
Error	30	2.56133831			
Total	51	6.62151483			
CV %	5.450833				
Media	5.360558				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 20. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable altura de planta, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	4549.4647	2274.73237	17958.4	< .0001
Sustrato	6	171.520299	42.880075	7378.88	<.0001
RxS	6	5623.14637	937.191061	7378.88	<.0001
Error	20	2.5333	0.12667		
Total	38	10384.7981			
CV %	0.1281				
Media	277.73				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa

Cuadro 21. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro del tallo, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.15033077	0.07516538	214.45	< .0001
Sustrato	4	0.11711966	0.02922799	83.54	< .0001
RxS	6	0.08718034	0.01453006	41.46	< .0001
Error	20	0.00701	0.0003505		
Total	38	0.39809744			
CV %	1.256703				
Media	1.489744				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa

Cuadro 22. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable rendimiento para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	1078135.47	89844.623	2.27	0.0286 *
Error	36	1424446.29	39567.953		
Total	51	2666957.22			
CV %	13.46516				
Media	1477.271				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 23. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable peso de fruto para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	757.437086	63.1197572	1.68	0.1121 ns
Error	36	2.59902696	0.07219519		
Total	51	4.18120431			
CV %	15.59268				
Media	39.26335				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 24. Cuadrados medios y significancia para la variable diámetro ecuatorial, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	1.53655781	0.12804648	1.77	0.091 ns
Error	36	5.09363608	0.14148989		
Total	51	9.62687969			
CV %	7.78053				
Media	3.453385				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 25. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro polar, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	3.78339669	0.31528306	2.23	0.0316 *
Error	36	2.03846154	0.05662393		
Total	51	2.82692308			
CV %	7.453084				
Media	5.046923				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 26. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable número de lóculos, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	0.57692308	0.04807692	0.85	0.6022 ns
Error	36	0.51244841			
Total	51	2.82692308			
CV %	8.087456				
Media	3				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 27. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable espesor de pericarpio, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	0.1149287	0.00957739	0.67	0.7653 ns
Error	36	0.51244841	0.01142347		
Total	51	67891228			
CV %	22.07739				
Media	0.540413				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 28. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable grados °Brix, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	2.70811908	0.22567659	2.24	0.0308 *
Error	36	3.62151483	0.10073526		
Total	51	6.62151483			
CV %	5.920805				
Media	5.360558				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa.

Cuadro 29. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable altura de planta, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra, establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	10344.1314	862.01095	6303.46	<.0001 **
Error	24	3.28205	0.13675		
Total	38	10384.7981			
CV %	0.133151				
Media	277.73				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa

Cuadro 30. Cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro de tallo, para la producción de tomate en condiciones de casa sombra, establecido en diferentes sustratos, láminas de riego y su interacción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Interacción	12	0.35466308	0.02955256	49.25	<.0001 **
Error	24	0.0144	0.0006		
Total	38	0.398097			
CV %	1.644236				
Media	1.48				

**=Altamente significativo al 1 %; *=significativo al 5 % y ns= no significativa