



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**EFFECTO DE ESTIÉRCOLES LÍQUIDOS ENRIQUECIDOS EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE JITOMATES CRIOLLOS (*Solanum
lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE BIOESPACIO EN IGUALA
GUERRERO**

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

PRESENTA:

ING. GILBERTO RIVERA LEONIDES

DIRECTOR: Dr. AGUSTÍN DAMIÁN NAVA

CODIRECTOR: Dr. FRANCISCO PALEMÓN ALBERTO

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO, MÉXICO., JULIO DE 2019.

La presente tesis titulada: **EFFECTO DE ESTIÉRCOLES LÍQUIDOS ENRIQUECIDOS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE JITOMATES CRIOLLOS (*Solanum lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE BIOESPACIO EN IGUALA, GRO**, realizada por el alumno **GILBERTO RIVERA LEONIDES**. Forma parte del proyecto de investigación “CONSERVACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE TOMATE NATIVOS DE MÉXICO”, que fue aprobado por un comité Evaluador de la Dirección de investigación de la UAGro, para financiamiento según convocatoria de junio 2013. El presente proyecto forma parte de la línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Alimentos y Productos Naturales, del Cuerpo Académico: Producción Integral de Alimentos con clave: UAGro-CA-166. Esta tesis ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. La dirección de la investigación estuvo integrada por el:

COMITÉ TUTORAL

Dr. Agustín Damián Nava

Profesor-Investigador (UAGro)

Director de tesis

Dr. Francisco Palemón Alberto

Profesor-Investigador (UAGro)

Codirector de tesis

Dr. Elías Hernández Castro

Profesor-Investigador (UAGro)

Asesor

Dr. Blas Cruz Lagunas

Profesor-Investigador (UAGro)

Asesor

Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres

Profesor-Investigador (UAEM)

Asesor

Iguala de la Independencia Guerrero, México, Julio de 2019

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro) por permitirme ser un alumno más en esta honorable casa de estudios.

A mis Asesores los Drs. Agustín Damián Nava, Francisco Palemón Alberto, Elías Hernández Castro, Blas Cruz Lagunas y Oscar Gabriel Villegas Torres por apoyarme, guiarme y compartir sus conocimientos para hacer posible el desarrollo y conclusión de la presente tesis.

A mis hijos que son parte fundamental de mi vida y mi motor de arranque.

A mis padres y hermanos por su apoyo y compañía

Índice de contenido

Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras	v
RESUMEN.....	1
SUMMARY	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Origen.....	5
2.2. Descripción taxonómica	5
2.3. Importancia económica y cultural	5
2.4. Requerimientos climáticos del jitomate	6
2.4.1. Temperatura.....	6
2.4.2. Humedad relativa	7
2.4.3. Luz.....	8
2.5. Requerimientos nutricionales	8
2.6. Funciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas de los nutrientes en las plantas	8
2.7. Enmiendas orgánicas.....	14
2.7.1. Estiércoles.....	14
2.7.2. Composta.....	16
2.7.3. Vermicomposta	18
2.7.4. Té de compost	18
2.8. Contenido relativo de clorofila.....	19
2.9. Análisis del extracto celular de peciolo.....	21
Procedimiento	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización	26
3.2. Materiales y equipo	26
3.3. Elaboración de estiércoles líquidos	27
3.4. Siembra.....	29
3.5. Trasplante	30

3.6.	Tratamientos.....	30
3.7.	Labores culturales.....	31
3.7.1.	Tutorio.....	31
3.7.2.	Podas.....	32
3.7.3.	Control de malezas.....	32
3.7.4.	Control de plagas y enfermedades.....	33
3.7.5.	Cosecha.....	33
3.8.	Variables evaluadas.....	34
3.9.	Análisis estadístico.....	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	Análisis de Varianza de las variables consideradas en los factores genotipos, tratamientos y su interacción.....	37
4.2.	Crecimiento y desarrollo de genotipos de jitomates criollos.....	39
4.2.1.	Altura de planta y número de hojas.....	39
4.2.2.	Largo y ancho de hoja.....	40
4.2.3.	Contenido relativo de clorofila.....	41
4.2.4.	Contenido nutrimental en extracto celular de peciolo.....	43
4.2.5.	Altura del botón floral y días a floración.....	46
4.2.6.	Rendimiento y calidad de fruto.....	47
4.3.	Rendimiento y calidad de frutos en jitomates criollos por efecto de los tratamientos de fertilización.....	50
4.3.1.	Altura de botón floral en jitomates criollos por la aplicación de tratamientos con estiércoles.....	50
4.3.2.	Peso total de frutos en jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos.....	52
4.3.3.	Diámetro polar en genotipos de jitomates criollos por efecto de tratamientos con estiércoles líquidos.....	54
V.	CONCLUSIONES.....	57
VI.	LITERATURA CITADA.....	58

Índice de cuadros

Cuadro 1. Concentración de elementos minerales para una solución nutritiva optima en tres etapas de desarrollo del cultivo de jitomate (después del trasplante).....	13
Cuadro 2. Contenido de nutrientes en tipos de estiércoles en México.....	15
Cuadro 3. Niveles de referencia en savia para jitomate (mg L^{-1}).....	24
Cuadro 4. Análisis de varianza de variables fenológicas y fisiológicas en el ciclo del cultivo de jitomates criollos bajo condiciones de Bioespacio, en Iguala Guerrero.....	38
Cuadro 5. Rendimiento y calidad de frutos en cuatro genotipos de jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados en condiciones de Bioespacio.....	48

Índice de figuras

Figura 1. Hojas a seleccionar para realizar el ECP, A o B.....	22
Figura 2. Proceso de elaboración de estiércoles líquidos.....	28
Figura 3. Siembra en forma manual de genotipos de jitomates criollos en vasos de unicel del número 12 rellenos con composta como sustrato.....	29
Figura 4. Trasplante de genotipos de jitomates criollos (el trasplante se realizó de forma manual colocando una planta por maceta).....	30
Figura 5. Diseño experimental utilizado para la evaluación de los estiércoles ovino líquido (EOL) y estiércol bovino líquido (EBL) en el rendimiento y calidad de jitomates criollos en condiciones de Bioespacio en Iguala, Guerrero.....	31
Figura 6. Tutorio de plantas de jitomates criollos bajo condiciones de Bioespacio.....	32
Figura 7. Cosecha, rendimiento y calidad de frutos de jitomates criollos usados en la investigación.....	34
Figura 8. Comparación de genotipos de jitomates criollos en las variables de altura de planta y número de hojas en condiciones de Bioespacio. ADP: Altura de planta, NDH: Número de hojas ($P \leq 0.05$).....	39
Figura 9. Largo y ancho de hoja en genotipos de jitomates criollos, por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados bajo condiciones de Bioespacio.....	41

Figura 10. Contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas en genotipos de jitomates criollos fertilizados con estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados bajo condiciones de Bioespacio.....42

Figura 11. Contenido nutrimental en extracto celular de peciolo en cuatro genotipos de jitomates criollos.....44

Figura 12. Concentración nutrimental de sodio y calcio en extracto celular de peciolo en jitomates criollos.....45

Figura 13. Altura de botón floral y días a floración en genotipos de jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos como fuente de fertilización bajo condiciones de Bioespacio. ADF: Altura de botón floral (cm), DAF: Días a floración.....46

Figura 14. Altura de botón floral por efecto de tratamientos de estiércoles líquidos enriquecidos aplicados en jitomates criollos cultivados bajo condiciones de Bioespacio.....51

Figura 15. Peso total de frutos por efecto de tratamientos de estiércoles líquidos enriquecidos aplicados a jitomates criollos producidos en condiciones de Bioespacio.....53

Figura 16. Diámetro polar por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos en jitomates criollos cultivados bajo condiciones de Bioespacio.....55

RESUMEN

La producción de alimentos ha incrementado la dependencia de insumos sintéticos lo que ha ocasionado deterioro ambiental con efectos negativos en el suelo, agua, aire, fauna y vegetación. La aplicación de enmiendas orgánicas es una alternativa sustentable para la producción de alimentos inocuos que disminuyen la incidencia de enfermedades en el ser humano; por lo anterior, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de estiércoles líquidos como fuente de nutrientes para la producción de jitomates criollos, en condiciones de Bioespacio. En un diseño de bloques al azar y cuatro repeticiones, se evaluaron 15 tratamientos de estiércoles ovino líquido (EOL) y bovino líquido (EBL) enriquecidos con solución nutritiva (SN) Universal de Steiner a concentraciones de 0.54, 0.36 y 0.18 atm de presión osmótica (PO), aplicados cada 15 días de forma edáfica, y concentraciones de 0.18, 0.09 y 0.045 atm de presión osmótica (PO) en aplicación foliar cada 8 días a cuatro genotipos de jitomates criollos, colectados en el Estado de Oaxaca, y clasificados con la siguiente nomenclatura: G₁=P61MXOAX, G₂:P65VCOAX, G₃:P71VCOAX y G₄:P75VCOAX. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, ancho de hoja, contenido de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas, contenido de Nitratos (NO₃⁻), Potasio (K⁺), Sodio (Na²⁺) y Calcio (Ca²⁺) en extracto celular de peciolo, altura de botón floral, días a floración, número total de frutos, peso total de frutos, diámetro ecuatorial, diámetro polar y sólidos solubles totales. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados muestran que el tratamiento EBL+0.54 atm (383.25 g/planta) obtuvo el valor más alto en peso de frutos y el tratamiento EBL+0.045 atm (45.62 mm) obtuvo el valor más alto en diámetro polar, esto indica que dichos tratamientos pueden ser una alternativa sustentable para la producción de jitomates criollos.

Palabras clave: estiércol líquido, *Solanum lycopersicum* L, solución nutritiva

SUMMARY

The production of food has increased the dependence on synthetic inputs which has caused environmental deterioration with negative effects on soil, water, air, wildlife and vegetation. The application of organic amendments is a sustainable alternative for the production of harmless foods that reduce the incidence of diseases in humans: Therefore, this study aimed to evaluate the effect of liquid manures as a source of nutrients for the production of native tomatoes, under Biospace conditions. In a randomized block design and four replications, 15 treatments of liquid ovine (EOL) and liquid bovine (EBL) manures enriched with Steiner's Universal Nutrient Solution (SN) at concentrations of 0.54, 0.36 and 0.18 atm of osmotic pressure were evaluated. (PO), applied every 15 days of edaphic form, and 0.18, 0.09 and 0.045 atm of osmotic pressure (PO) in foliar application every 8 days to four genotypes of native tomatoes, collected in the State of Oaxaca, and classified with the following nomenclature: G₁= P61MXOAX, G₂= P65VCOAX, G₃= P71VCOAX and G₄= P75VCOAX. The variables evaluated were: plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, chlorophyll content in young, mature and old leaves, content of Nitrates (NO₃⁻), Potassium (K⁺), Sodium (Na²⁺) and Calcium (Ca²⁺) in petiole cell extract, floral bud height, days to flowering, total number of fruits, total fruit weight, equatorial diameter, polar diameter and total soluble solids. Analysis of variance and Tukey media comparison ($p \leq 0.5$) was performed. The results show that the treatment EBL+0.54 atm (383.25 g/plant) obtained the highest value in fruit weight and the treatment EBL+0.045 atm (45.62 mm) obtained the highest value in high polar diameter, this indicates that said treatments they can be a sustainable alternative for the production of native tomatoes.

Key words: liquid manure, *Solanum lycopersicum* L., nutrient solution.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la especie hortícola más importante para el consumo humano, ya que genera grandes ingresos económicos, es fuente importante de generación de empleos y con alto contenido de vitaminas y antioxidantes para la dieta alimenticia (Velasco *et al.*, 2011). México cuenta con diversidad de especies silvestres de jitomate, pero poco se ha estudiado de ellos, por lo que es importante abundar el conocimiento sobre su potencial productivo. Esto permitirá mejorar la productividad (San Juan *et al.*, 2014). Los jitomates criollos tienen potencial para utilizarse como variedades de uso local y como germoplasma (Bonilla *et al.*, 2014). Es una de las hortalizas con mayor demanda en el mercado nacional e internacional, destacando los jitomates tipo Cherry, Saladette, pera, bola y bola grande. En los últimos años se ha incrementado la producción tomatera en un 50 %, reportándose una producción de 2.8 millones de t (2014, SIAP). El jitomate, requiere grandes cantidades de fertilizantes, específicamente nitrogenados (Armenta *et al.*, 2001), lo que ha provocado efectos negativos en el ambiente (Gallardo *et al.*, 2009). Una alternativa viable y económica que proporciona la demanda nutricional de los cultivos, disminución de costos de producción y dependencia de los fertilizantes inorgánicos es la utilización de abonos orgánicos (Capulín *et al.*, 2005; Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007) estudios recientes han demostrado que la aplicación de enmiendas orgánicas son una alternativa sustentable y económica en la producción agrícola (García *et al.*, 2010; Cruz-Lázaro *et al.*, 2009; Ochoa-Martínez *et al.*, 2009; Preciado *et al.*, 2011; Márquez-Quiroz *et al.*, 2014 Y Vázquez *et al.*, 2015). Los fertilizantes orgánicos líquidos son una fuente rica en nutrientes para las plantas, lo que permite obtener productos más saludables para el consumo humano, reduciendo la contaminación y costos de producción (Capulín-Grande *et al.*, 2011). El uso de abonos orgánicos líquidos en la producción de jitomates criollos nos permitirá disminuir

los costos de producción, mejorar la fertilidad de los suelos y la producción de alimentos inocuos (López *et al.*, 2001). La implementación de abonos orgánicos se plantea como una alternativa económica y de inocuidad alimentaria principalmente para disminuir la incidencia de enfermedades en el ser humano (Notario-Medellín *et al.*, 2012; Vázquez *et al.*, 2014). Los altos costos de producción y la contaminación de los suelos agrícolas ha provocado que se busquen alternativas sustentables de fertilización que permita cubrir los requerimientos nutrimentales de los cultivos conservando rendimiento y calidad de frutos (Nieto *et al.*, 2002).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Conocer el efecto de estiércoles líquidos enriquecidos, en el rendimiento y calidad de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.).

1.1.2. Objetivos específicos

1. Identificar el genotipo con mejor rendimiento y calidad de frutos por la aplicación de estiércoles líquidos.
2. Determinar el tratamiento que otorga al jitomate mayor respuesta en rendimiento y calidad de frutos cosechados.

1.2. Hipótesis

1. La aplicación de abonos orgánicos líquidos enriquecidos mejorara el crecimiento y desarrollo de las plantas de jitomate criollo.
2. Los tratamientos proporcionaran los requerimientos nutricionales para mejorar el rendimiento y calidad de frutos de jitomates criollos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

El jitomate es originario de América del Sur, que se extiende desde el Sur de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Chile (Peralta y Spooner, 2007), sin embargo numerosos estudios indican a México como el mayor centro de domesticación (Juárez *et al.*, 2013).

2.2. Descripción taxonómica

Clasificación taxonómica del jitomate, Peralta y Spooner (2005)

1. Reino: Vegetal
2. **División:** Tracheophyta
3. Subdivisión: Pterostidales
4. Clase: Angiosperma
5. Subclase: Dicotyledoneae
6. **Grupo:** Metachlamydeae
7. **Orden:** Solanales
8. **Familia:** Solanaceae
9. Género: Solanum
10. **Especie:** *Solanum lycopersicum* L.

2.3. Importancia económica y cultural

El jitomate es la hortaliza con más superficie cultivada a nivel mundial (5, 881,660.0 ha) y la de mayor consumo per cápita (18 kg) (Sánchez *et al.*, 2009; FIRA, 2016; FAOSTAT, 2017). La producción mundial y el consumo per cápita de jitomate rojo ha ido a la alza durante la reciente década. China es el productor y consumidor más importante a nivel mundial con una producción de 59 514 773 ton y un consumo per cápita de 30.2 kg; por otro lado Estados Unidos es el

principal importador con 1.5 millones de toneladas y México es el principal exportador de jitomate rojo con 1.6 millones de toneladas (FIRA, 2017).

El jitomate es la especie hortícola de mayor relevancia en el mundo por su consumo, sus ingresos económicos, empleos que genera y por su alto valor nutritivo (Velasco *et al.*, 2011). México produce 4 243 058 toneladas en 92 993 ha lo que representa el segundo lugar en superficie sembrada y el primero por el valor de su producción (FAOSTAT, 2017). El jitomate es el cultivo hortícola de gran importancia para los productores mexicanos principalmente por los ingresos que le genera y constituye parte esencial de su dieta alimenticia (Velasco *et al.*, 2004). A esta hortaliza de fruto se encuentra en los mercados durante todo el año, su consumo es en fresco o procesado (salsa y/o puré) y es una fuente rica de vitaminas, minerales y antioxidantes que son fundamentales para la nutrición y salud humana (Velasco *et al.*, 2011). Existen dos formas de fruto comercializables, las de “tipo bola” y las formas “alargadas, guaje o Saladette”. Las de tipo bola se emplea principalmente para la exportación y las de tipo Saladette para el mercado nacional (Markwalder, 2006).

2.4. Requerimientos climáticos del jitomate

2.4.1. Temperatura

2.4.1.1. Germinación

Para una buena germinación de la semilla; el suelo debe tener temperaturas de 12 °C a 16 °C (mínima 1 °C y máxima 30 °C). La temperatura óptima para la germinación está comprendida entre los 25 a 28 °C; por debajo de los 10 °C la semilla no germina (Velasco *et al.*, 2011).

2.4.1.2. Crecimiento

El intervalo de temperatura óptimo es de 21 °C a 26 °C; con valores menores a 15 °C detiene la floración y a 10 °C la planta deja de crecer y a temperatura mayor de los 35 °C la fotosíntesis disminuye formando hojas pequeñas y tallos delgados; el crecimiento máximo se obtiene a temperatura diurna de 24 °C y nocturna de 17 °C (Velasco *et al.*, 2011).

2.4.1.3. Floración

La temperatura que la planta requiere en esta etapa es de 23 °C a 26 °C durante el día y de 15 °C a 18 °C por la noche; temperaturas mayores a 28 °C reducen el número de flores y racimos por planta, se producen flores más pequeñas que pueden caer sin ser polinizadas, principalmente por la falta de carbohidratos. Con temperaturas superiores a los 35 °C el polen se deshidrata y el pistilo se prolonga de manera anormal evitando la polinización creando poco amarre de frutos (Velasco *et al.*, 2011).

2.4.1.4. Fructificación

Las temperaturas óptimas de fecundación y amarre de frutos se establecen en los 14 °C y 18 °C durante la noche y de 23 °C a 26 °C en el día (Velasco *et al.*, 2011)

2.4.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de jitomate oscila entre el 60 % y 80 %. Cuando la humedad relativa es mayor a 80 % favorece la presencia de enfermedades fungosas del follaje tales como: tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont.), tizón temprano (*Alternaria solani* Soraver.) y moho gris o botrytis (*Botrytis cinérea* Pers.), agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación abortando parte de las flores (Velasco *et al.*, 2011; Jasso *et al.*, 2012). Si la humedad relativa es menor de 50 % se dificulta la fijación de polen en el estigma de la flor, el polen se

deshidrata y disminuye el amarre de frutos, así mismo la transpiración de la planta disminuye creando problemas por deficiencia de calcio en frutos (Velasco *et al.*, 2011).

2.4.3. Luz

La cantidad de luz solar actúa directamente al proceso de fotosíntesis y esta a su vez en la síntesis de carbohidratos y en consecuencia en el desarrollo de la planta, la floración, producción y calidad de frutos. Por lo que es importante mantener una luminosidad alrededor de los 2,500 a 3,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y con un fotoperiodo de 12 horas luz (Velasco *et al.*, 2011).

2.5. Requerimientos nutricionales

Para la nutrición del jitomate se requieren fertilizantes que contengan los 16 elementos esenciales que forman parte de su estructura molecular y cumplen una función específica (Jasso, 2011). Los elementos esenciales se dividen en no minerales (Carbono, Hidrogeno y Oxígeno) y minerales (Macro elementos: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre; Micro elementos: Manganeso, Fierro, Cobre, Zinc, Cloro, Boro y Molibdeno) que se consideran constituyentes del suelo (Velasco *et al.*, 2011)

2.6. Funciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas de los nutrimentos en las plantas

Nitrógeno (N). Es utilizado por las plantas para sintetizar aminoácidos y la formación de clorofila, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos y coenzimas promotoras del desarrollo (Velasco *et al.*, 2011). Es absorbido en forma de Nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), es fundamental para el crecimiento vegetativo, proporciona el color verde intenso a las plantas, activa el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas y mejora la calidad de las cosechas (Rodríguez, 1998). Un exceso de este elemento se traduce en menor resistencia frente a plagas y

enfermedades, vuelco de las plantas, hojas de color verde azulado y retardo en la maduración (López, 2016).

Fosforo (P). Es componente de los azúcares fosfatos, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos, además de ser componente de la energía orgánica en forma de ATP. Juega un papel clave en la transferencia de energía (Velasco *et al.*, 2011). El fosforo se absorbe en forma de (HPO_4^-) y $(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ es fundamental en la división celular, aporta energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces, estimula la formación rápida de semillas y es el regulador principal de todo los ciclos vitales de las plantas (Rodríguez, 1998). La deficiencia de P se manifiesta por el retraso en la floración y baja producción de frutos y semillas y un exceso puede provocar la fijación de zinc (López, 2016).

Potasio (K^+). Es constituyente del protoplasma de las células como ion libre, es regulador osmótico celular, activador o cofactor de muchas enzimas incluyendo la ATPasa; participa en el transporte de carbohidratos, juega un papel importante en la apertura y cierre de estomas (células guarda), participa en el transporte de Cl , H^+ , Ca (Velasco *et al.*, 2011). Mejora la resistencia a la marchitez, aumenta la resistencia a enfermedades, eleva el contenido de sólidos, el sabor y el contenido de licopeno en el fruto (López, 2016)

Azufre (S). Forma absorbida (SO_4^{2-}). Es componente de las moléculas de cisteína, metionina y también de algunas proteínas (Velasco *et al.*, 2011). Es indispensable para el proceso de formación de proteínas, participa en la síntesis de aminoácidos, ayuda al crecimiento más vigoroso de la planta, mantiene el color verde intenso y estimula la producción de semillas; es un

elemento poco móvil en la planta, la deficiencia de Azufre se presenta en los órganos jóvenes que presentan una clorosis ligada a una disminución del contenido de clorofila (López, 2016).

Calcio (Ca⁺⁺). Es un constituyente de la lámina media de la pared celular en forma de Capectato. Es cofactor de algunas coenzimas involucradas en la hidrolisis de ATP y de los fosfolípidos. La diferencia del Ca²⁺ se manifiesta en un incremento en la fragilidad de los cromosomas. Es muy importante en la regulación del pH, fortalece las raíces, regula la absorción de nutrientes, es un elemento de baja movilidad en el xilema y menor aun vía floema. La característica esencial del calcio es su ausencia de movilidad en la planta a tal punto que, en el mismo vegetal, es posible observar simultáneamente hojas viejas que han acumulado concentraciones elevadas de calcio y hojas jóvenes que presentan signos de deficiencia. La **carencia** se manifiesta en los órganos jóvenes principalmente hojas; en los frutos, una mala nutrición de calcio es la causa de enfermedades fisiológicas como la necrosis apical del tomate y un exceso o toxicidad producirá deficiencia ya sea de Mg o K (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016)

Magnesio (Mg⁺⁺). Es requerido por una cantidad de enzimas involucradas en la transferencia de fosfato. Es un constituyente de la molécula (Velasco *et al.*, 2011). El **exceso** dificulta la asimilación de potasio y puede ocasionar una carencia inducida de K por antagonismo. Su **carencia** se manifiesta en la planta por la presencia de hojas inferiores cloróticas, reduciendo la cosecha y el tamaño de los frutos. Un **exceso** de Mg provoca carencia de calcio (López, 2016).

Manganeso (Mn⁺⁺). Participa en la actividad de algunas enzimas tales como las deshidrogenasas, descarboxilasas, kinasas, oxidadasas, peroxidadasas. Forma parte de la enzima que realiza la fotólisis en el lumen del tilacoide. Es un activador enzimático y constituye un elemento importante en la formación de la clorofila. Su **carencia** produce hojas viejas cloróticas con

lesiones necróticas y malformadas; en hojas jóvenes se aprecia clorosis intervenal. Un **exceso** de Mn se observa en hojas viejas presentando manchas café rodeadas por una zona clorótica o circular (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Fierro (Fe). Es un constituyente de los citocromos que tienen como función la transferencia de electrones. Forma parte de algunas proteínas involucradas en la fotosíntesis, participa en la fijación del N₂ y del enlace respiratorio deshidrogenasa. El **Fe** es necesario para la formación de la clorofila en las células de las plantas; aun cuando la molécula de clorofila no contiene Fe, los cloroplastos son muy ricos en este elemento. El **Fe** juega un rol similar al **Mg** en la estructura de la clorofila, actúa como un activador de procesos bioquímicos como la **Respiración, la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno**. La **carencia** provoca clorosis entre las nervaduras principalmente en las hojas más jóvenes. El **exceso** provoca manchas necróticas en las hojas (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Cobre (Cu⁺⁺). Es componente esencial del ácido ascórbico oxidasa, tirosinasa, lacasa, monoamina oxidasa, uricasa, citocromo oxidasa y galatosa oxidasa. Es un catalizador del metabolismo vegetal así como un componente de enzimas fundamentales como la polifenol oxidasa. El 70 % de cobre se concentra en la clorofila, es un activador de varias enzimas, su función más importante se aprecia en la asimilación. Cuando hay **deficiencia** de este elemento las hojas presentan un color verde oscuro y se enrollan, su **exceso** es perjudicial ya que resulta tóxico para las raíces de las plantas induciendo deficiencia de hierro (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Zinc (Zn⁺⁺). Es constituyente esencial del alcohol deshidrogenasa, deshidrogenasa glutámica, deshidrogenasa láctica, anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa B y otras enzimas. Es un componente de varios sistemas de enzimas importantes y controla la síntesis de

los reguladores de crecimiento vegetal como la **auxina** (ácido indolacético e indolbutírico), sustancias que son necesarias para el alargamiento de células y tejidos. Su **deficiencia** produce clorosis en las hojas jóvenes, detención del crecimiento apical, acortamiento de los entrenudos y disminución de la producción de semillas. El **exceso** trae consigo una deficiencia de hierro (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016)

Boro (B) formas absorbidas: (BO_3^{3-}), (H_2BO_3^-) y (HBO_3^-). Participa en el transporte de carbohidratos. Con deficiencia de Boro, el jitomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) manifiesta en un decremento en el contenido del RNA. Su **carencia** provoca la muerte de meristemos apicales debido a la disminución del contenido en ácidos nucleicos; las plantas presentan un aspecto de arbusto con muchas ramificaciones, ausencia de floración y frutos mal formados. El **exceso** provoca clorosis y quemaduras. El rango entre suficiencia y toxicidad es muy estrecho (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Molibdeno (Mo) forma absorbida (MoO_4). Es constituyente de la Nitrato reductasa de los hongos, bacterias y plantas superiores, y de la xantina oxidasa, aldehído oxidasa de fuentes de animales y esencial para la fijación del N_2 . El rol principal del molibdeno es entrar en la constitución de dos enzimas importantes de la nutrición vegetal: **la nitrogenasa** que permite la fijación de N tanto por las bacterias fijadoras como por los microorganismos que viven en simbiosis con las plantas superiores; y **la nitrato reductasa** que es necesaria en la reducción de los nitratos a nitritos. En estado de **carencia** provoca enrollamiento de los contornos de las hojas y aparición de motas intervenales en hojas maduras, que adquieren un mayor grosor y una curvatura cóncava (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Cloro (Cl). Forma parte de la enzima OEC (complejo productor del oxígeno) que realiza la fotólisis en el lumen del tilacoide para liberar, a partir del H₂O → O₂ y H⁺. Es un agente osmótico que ayuda a mantener la turgencia celular de las plantas y es necesario en reacciones fotosintéticas. Generalmente las plantas deficientes en Cl presentan una clorosis en las hojas jóvenes y marchitamiento de la planta. Un **exceso** de cloro produce un amarillamiento prematuro de las hojas, quemazón de las puntas y márgenes, bronceado y caída de las mismas (Velasco *et al.*, 2011; López, 2016).

Cuadro 1. Concentración de elementos minerales para una solución nutritiva óptima en tres etapas de desarrollo del cultivo de jitomate (después del trasplante).

Elemento	Concentración de elementos minerales (mg L ⁻¹ o ppm)		
	Primeros 30 días	De 30 a 80 días	De 80 días en adelante
N	200	200	220
P	76	76	76
K	220	250	290
Ca	170	215	250
Mg	60	60	60
S	100	100	100
Fe	3	3	4
Mn	1	1	1
B	0.5	0.5	0.5
Cu	0.2	0.2	0.2
Zn	0.2	0.2	0.2

Fuente (Velasco *et al.*, 2011)

2.7. Enmiendas orgánicas

2.7.1. Estiércoles

Los estiércoles han sido utilizados por mucho tiempo para aumentar la fertilidad de los suelos y mejorar sus características para la producción agrícola desde que el productor combino su actividad agrícola con la ganadería en el nivel de traspatio o solar (SAGARPA, 2015). Los estiércoles no presentan problema en su almacenamiento y manejo por los volúmenes pequeños y la facilidad que se presenta para su transporte hasta la parcela del productor (SAGARPA, 2015). La materia orgánica particularmente cuando proviene de estiércoles, contiene importantes cantidades de todos los elementos químicos utilizables por las plantas (Mosquera, 2010). Consecuentemente, el uso de estiércoles en la agricultura apoya al incremento de los rendimientos en los cultivos por las siguientes razones:

- Aportan todos los elementos esenciales que requieren los cultivos.
- Tienen un efecto residual mayor que los fertilizantes químicos.
- Liberan nutrimentos en forma gradual que favorece su disponibilidad para el desarrollo del cultivo.
- Mejoran la estructura del suelo, porosidad, aireación y capacidad para la retención de agua.
- Forman complejos orgánicos con los nutrimentos manteniendo a estos disponibles para las plantas.
- Elevan la capacidad de intercambio catiónico del suelo evitando que los nutrimentos se pierdan por lixiviación.

- Liberan bióxido de carbono (CO₂) durante su descomposición que forma ácido carbónico (H₂CO₃) el cual solubiliza nutrientes de otras fuentes.
- Abastecen de carbono orgánico que se utiliza como fuente de energía para organismos heterotróficos presentes en el suelo.
- Aumenta la infiltración de agua, reduciendo el escurrimiento superficial lo que evita la erosión de los suelos.
- Favorecen una mayor resistencia de los agregados del suelo a ser dispersados por el impacto de las gotas de lluvia.
- Los efectos de los estiércoles permiten que el suelo sea más productivo, conserve su fertilidad y tenga un uso sostenido a través del tiempo.

El contenido de nutrientes en los estiércoles es muy variado y depende de la especie que lo produce, edad del animal, eficiencia digestiva, tipo de alimentación y el manejo de recolección, proceso de descomposición y almacenamiento (SAGARPA, 2015).

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en tipos de estiércoles en México

Tipo de estiércol	Nutriente (%)						Nutriente (ppm)			C/N	MO
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Mn	Fe		
Vacuno*	1.5	0.6	2.5	3.2	0.8	1.6	130.6	264.0	<364.0	26.0	70.0
Gallinaza*	3.7	2.2	2.7	5.7	1.0	1.1	516.0	474.0	4,902.0	11.0	70.0
Porcino*	3.7	2.0	30.0	7.5	2.3	0.3				13.0	68.0
Caprino*	2.5	0.6	2.2	8.0	0.2	0.1				18.0	55.0
Ovino**	2.54	1.19	2.83	7.76	1.51	0.52	120.0	306.0	230.0	10.57	64.08
Equino*	1.2	0.2	2.5	6.0	0.2	0.1				33.0	60.0

Fuente: *Romero (1997); **Sierra (1988); Vázquez y Oromi (1989)

Los abonos orgánicos generalmente se han utilizado en terrenos agrícolas con explotación intensiva para mejorar su estructura, aumentar la retención de agua y mejorar la disponibilidad de nutrientes (López *et al.*, 2001) para aumentar el contenido de materia orgánica y como fuente de nitrógeno para los cultivos (Hernández *et al.*, 2010). Los abonos orgánicos constituyen una de las alternativas en el grupo de productos utilizados en la agricultura sustentable, fundamentalmente aquello que se obtiene a partir de fuentes orgánicas de carácter reciclable como el compost y el vermicompost (Luna *et al.*, 2015).

2.7.2. Composta

Uno de los principales problemas ambientales en la producción agrícola, son los residuos orgánicos generados por restos de poda, de cosecha, pos cosecha, estiércol, pasto, entre otros por la falta de conocimiento, espacio, tiempo y prácticas adecuadas para el manejo, se queman, se entierra o se dejan a la intemperie hasta su pudrición. El compostaje tiene la posibilidad de transformar los residuos orgánicos para la producción agrícola; la FAO define al compostajes como la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas y que se emplea para mejorar la estructura del suelo y la de proporcionar nutrientes (FAO, 2013).

Fases del compostaje

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con temperatura y humedad adecuadas se garantiza la transformación más idónea de los restos orgánicos en un material homogéneo y de fácil asimilación para las plantas. El compostaje puede interpretarse como la suma de procesos metabólicos complejos realizados por los microorganismos en presencia de oxígeno, aprovechando el nitrógeno (N) y carbono (C) presentes para producir la biomasa. En este proceso los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponerse

el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Dependiendo de la temperatura generada en el proceso, se observan tres etapas principales en el compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable (FAO, 2013).

Fases del compostaje según la temperatura

Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por lo tanto, el pH puede bajar (hasta 4.0 o 4.5). Esta fase dura entre dos y ocho días (FAO, 2013).

Fase termófila o de higienización. Es cuando el material alcanza temperaturas mayores a los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina (FAO, 2013).

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. A partir de los 60 °C aparecen bacterias que producen esporas y actino bacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de inicio, las condiciones climáticas y del lugar y de otros factores. Esta fase también se le conoce como de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* En esta fase las temperaturas son por arriba de los 55 °C lo que permite

eliminar quistes y huevos de helminto, esporas de hongos Fito patógenos y semillas de malezas (FAO, 2013).

Fase de enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material con compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40 – 45 °C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos. Al bajar la temperatura de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (FAO, 2013).

Fase de maduración

Es un periodo que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonatados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (FAO, 2013).

2.7.3. Vermicomposta

La vermicomposta es el proceso de composteo utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* L.). Durante este proceso, minerales insolubles son solubilizados, quedando disponibles para las plantas cuando la vermicomposta es aplicada directamente al suelo. Al igual que otros compuestos orgánicos complejos, como la celulosa, son parcialmente degradados a compuestos más simples por las bacterias presentes en el tracto digestivo de la lombriz, aumentando la disponibilidad de N (FAO, 2013).

2.7.4. Té de compost

El té de compost es la composición resultante de la fermentación aeróbica de compost en agua y puede utilizarse como fertilizante (Ingham, 2005). Es un extracto líquido del compost que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las plantas (Ochoa-Martínez *et al.*, 2009). Debido a sus características especiales como la transferencia de la biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y compuestos químicos como nutrientes solubles pueden suplir la nutrición de las plantas; el té de compost puede utilizarse como fertilizante alternativo en la producción orgánica de cultivos en invernadero, aplicado al suelo o directamente al follaje (Rodríguez *et al.*, 2009).

Para obtener una mayor calidad en el té durante su preparación deben ser extraídos la mayor parte de especies benéficas de cada grupo de organismos como son bacterias, hongos, protozoos y nutrientes solubles del compost (Ingham, 2005). Regularmente se le agrega piloncillo, ácidos húmicos, ácidos carboxílicos, nitrógeno y fósforo (Ochoa-Martínez *et al.*, 2009). Puede ser al momento de la preparación o al término, justo antes de su aplicación para mejorar la actividad de los microorganismos y para que se adhieran fácilmente al follaje (Ingham, 2005).

2.8. Contenido relativo de clorofila

Las lecturas SPAD son utilizadas para evaluar el estado nutricional de un cultivo y a su vez puede servir de guía para dosificar los fertilizantes nitrogenados. Estudios recientes han demostrado que existe una relación directa entre las lecturas SPAD y el contenido de nitrógeno presente en las plantas, lo que significa que plantas fertilizadas adecuadamente con nitrógeno presentan un color verde más intenso en sus hojas (Escalona *et al.*, 2009).

Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a las hojas es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD-502 y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es

inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas. El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población y fuente de nitrógeno (Rodríguez *et al.*, 1998). El contenido de clorofila varía de acuerdo al estado nutricional de las hojas y determinar la cantidad de clorofila es la base para muchos métodos no destructivos incluyendo los medidores portátiles SPAD (Wood *et al.*, 1993; Piekkielet y Fox, 1995; Blackmer y Schepers, 1995). Estudios recientes han demostrado que el medidor de clorofila (SPAD 502) es una herramienta de diagnóstico simple y fácil de operar que permite medir el verdor o el contenido relativo de clorofila de las hojas en los cultivos. El medidor de clorofila SPAD 502 proporciona medidas rápidas y no destructivas del contenido de clorofila. Algunos estudios que se han hecho con el medidor SPAD 502 se indican a continuación: en Naranja Valencia (*Citrus sinensis* L.) y Tangerino Dancy (*Citrus reticulada* L.) se encontró que los valores más altos en el contenido de clorofila se presentaron cuando la planta tuvo mayor demanda de fotoasimilados (Reyes *et al.*, 2000). En maíz al aplicar cuatro tratamientos de fertilización nitrogenada usando Urea 0, 100, 200 y 400 kg de N por ha, se obtuvieron los siguientes resultados 31.45, 33.05, 34.83 y 37.23 unidades SPAD respectivamente (Novoa y Villagrán, 2000). En café (*Coffea canephora* Pierre) al estudiar la correlación entre el contenido de pigmentos, el contenido total de nitrógeno y las variables de clorofila a fluorescencia con las lecturas SPAD (Torres *et al.*, 2004). En tomate (*Solanum lycopersicum* L.) al evaluar cuatro soluciones nutritivas en invernadero y aplicando los tratamientos de Solución Steiner, Té de compost, Té de vermicompost y Lixiviado se obtuvieron resultados de 54.02, 46.84, 51.49 y 40.90 unidades SPAD respectivamente (Preciado *et al.*, 2011). Al evaluar el índice

SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido utilizando seis dosis diferentes de nitrógeno en la forma de nitrato de amonio (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg macetero), obteniendo índices SPAD de 52.14 a 52.78 asociado a la mayor dosis de fertilización (300 mg) (Riveiro *et al.*, 2015). Se observa que existe una alta correlación entre las unidades SPAD y la concentración de clorofila y/o nitrógeno total.

2.9. Análisis del extracto celular de peciolo

El análisis de extracto celular de peciolo (ECP), permite conocer el estado nutrimental de las plantas en cualquier momento de su desarrollo. El diagnóstico de nutrientes en extracto celular de peciolo es de gran utilidad porque permite identificar la concentración de nutrientes asociados con deficiencias, exceso o desequilibrio en las diferentes fases fenológicas del cultivo. El N-NO_3^- y K^+ son los nutrimentos más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos (Etchevers, 2000).

Rosen *et al.* (1996) refieren que el Nitrógeno, fósforo y potasio son tres elementos que pueden ser diagnosticados con mucha precisión en este órgano de muestreo, toda vez que se definan los niveles adecuados en función de la etapa de desarrollo. El análisis de extracto celular de peciolo es un método relativamente nuevo para analizar el tejido vegetal. En este extracto del jitomate se puede analizar el contenido de nitratos, potasio y fósforo, mediante el uso de técnicas rápidas. Los datos obtenidos mediante este método pueden utilizarse como herramientas en el manejo de la fertilidad del suelo y de la nutrición del cultivo. Mediante el **extracto celular de peciolo** (ECP) cuantificamos la cantidad de nutrientes existentes en la savia. Los datos obtenidos, relacionados con la cantidad de nutrientes existentes en el suelo o sustrato, y las condiciones ambientales, permite realizar un ajuste en el plan de nutrición. Los sensores que se utilizan para realizar la

medición poseen electrodos selectivos para nitrógeno (NO_3^-), potasio, sodio, calcio, magnesio y cloro, hasta el momento es lo más práctico, rápido y económico para medir los nutrientes de una planta. El análisis de ECP es una herramienta que permite interpretar aspectos de la nutrición de cultivos, que otros métodos no consiguen dilucidar y además proporciona información sobre los cambios del cultivo en el momento inmediato Cadahía. (2009).

Procedimiento

Seleccionar la hoja más joven completamente desarrollada, por lo general es la tercera o cuarta, de arriba hacia abajo, iniciando por el meristemo apical (Figura 1). En jitomate puede ser la hoja que está por arriba o debajo del racimo en fructificación. Se deben de tomar de 10-20 hojas/ha. Estas deben de proceder de las cuatro orientaciones de la planta (norte, sur, este y oeste) y de toda la parcela de cultivo.

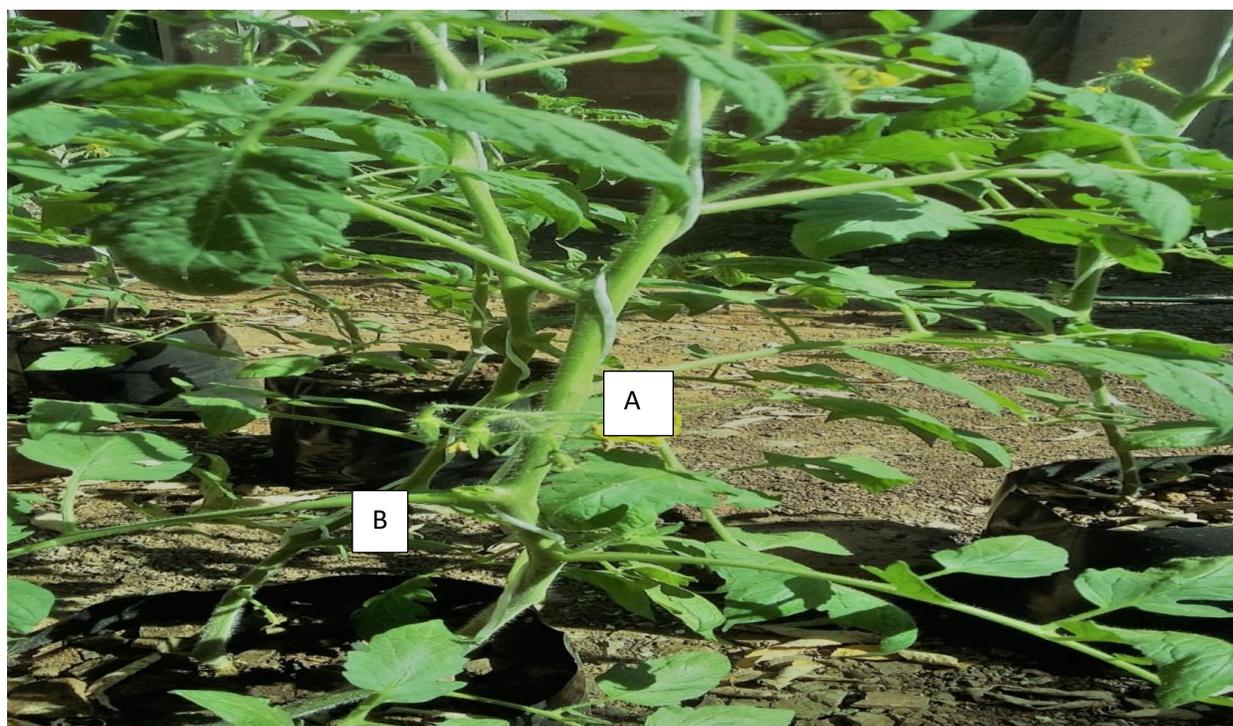


Figura 1. Hojas a seleccionar para realizar el ECP, A o B.

Las hojas deben de ser recolectadas cuando la temperatura se encuentre entre 14 - 28 °C y una humedad relativa de 60 - 85 %.

2. Colocar las hojas dentro de una hielera y transportarlas al laboratorio.
3. Con una tijera separar el limbo del peciolo y las nervaduras.
4. Cortar el peciolo y las nervaduras en pequeños trozos, de preferencia en tamaños de 0.5 cm, después hay que mezclar bien los pedazos para obtener una mezcla homogénea y representativa.
5. Realizar prensado para extraer la savia. Se puede utilizar un exprimidor de limones, pero si se requiere extraer la savia de varias parcelas se tendrá que realizar con una prensa hidráulica.
6. Colocar la savia en el sensor para realizar lectura. Antes de realizar esta acción verificar que el sensor este calibrado. No deben de pasar más de 24 horas antes de realizar la muestra para obtener datos confiables.
7. Registrar y verificar los datos obtenidos con la tabla de referencia (cuadro 3).

La concentración de nutrientes en extracto celular de peciolo de jitomate bajo condiciones de invernadero muestra una disminución de la concentración de K^+ y $P-H_2PO_4$ a lo largo del ciclo del cultivo, mientras que presenta un incremento en la concentración de $N-NO_3^-$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- y SO_4^- , así mismo se observa una fuerte relación entre la concentración de $P - H_2PO_4^-$ y el pH de la solución de suelo Llanderal. (2014). El contenido de nitratos en ECP en hojas de jitomate presento altas concentraciones en las fases de fructificación y maduración, esto se relaciona con las aplicaciones excesivas de nitratos al suelo como fuente de fertilización, Ruelas *et al.* (2005).

Cuadro 3. Niveles de referencia en savia para jitomate (mg L⁻¹).

Etapa	N(NO ₃ ⁻)	P(PO ₄ H ₂)	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Media	709	233	4850	225	930
Floración	620 - 797	165 - 300	4600 - 4900	190 - 260	580 – 1280
Media	686	165	3650	415	715
Fructificación	664 - 788	150 - 180	3400 - 3900	340 - 490	510 – 920
Media	769	131	3820	450	664
Engorde de fruto	354 - 1414	70 - 253	3200 - 4420	230 - 700	240 – 1370
Media	664	76	2552	834	898
Recolección	133 - 1000	35 - 134	600 - 4590	280 - 1420	190 – 2000
Media total	707	151	3718	481	802

Fuente: Cadahia, L. C. (2008)

El análisis de savia es una herramienta de diagnóstico nutricional para realizar ajustes oportunos de fertilización en los cultivos hortícolas. En papa (*Solanum tuberosum* L.) se realizó el diagnóstico de K⁺ y NO₃⁻ para determinar su estado nutricional, encontrando que es una herramienta de diagnóstico temprana que permite conocer el estatus nutricional y puede utilizarse como pronóstico en el manejo de la producción con ajustes en la fertilización, Gómez *et al.* (2017). Al evaluar el estado nutricional de la vid (*Vitis vinifera*, Red Globe) con la metodología de extracto celular de peciolo para determinar la concentración de N, P y K a partir de tres ensayos de fertilización utilizando N, P₂O₅ y K₂O. Se encontró que existe una fuerte asociación con la concentración en lámina para amonio y fosfato y con la concentración en raíz para fosfato y potasio, Pino *et al.* (2012). El análisis por extracto celular de peciolo permite determinar la

concentración de nitratos en el tejido de las plantas que es un indicador del nivel de suficiencia de nitrógeno, es decir que la mayor concentración de nitrógeno, fosforo y potasio se encuentra en las hojas y tejidos más jóvenes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo de investigación se realizó bajo condiciones de Bioespacio en el campo experimental de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicado en la carretera Iguala – Tuxpan, km 2.5, Iguala de la Independencia Guerrero, encontrándose a una altitud de 757 m, entre las coordenadas 18° 20 34.1” de Latitud Norte, y 99° 30 11” de Longitud Oeste. De acuerdo con el sistema de clasificación Koppen modificado por Enriqueta García (1981), el clima predominante en Iguala de la Independencia Guerrero es el AWo (w) (i´) g, el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano comprendidas entre los meses de Junio a Octubre, con una precipitación media anual de 977 mm.

3.2. Materiales y equipo

- Estiércol bovino y estiércol ovino
- Pala cuadrada marca truper
- Composta
- Molino triturador (modelo CH620, marca KOHLER)
- Enzimas desdobladoras de celulosa y hemicelulosa marca Glumix
- Ácidos carboxílicos
- Vasos de unicel número 12
- Semillas de jitomates criollos (P61MXOAX, P65VCOAX, P71VCOAX y P75VCOAX)
- Fertilizantes solubles

- Bolsas de polietileno (40 cm x 40 cm)
- Vernier digital marca Truper
- Cinta métrica
- Regla graduada
- Pintura vinílica color blanco
- Sustrato (70 % Lama de río, 15 % Tepojal y 15 % Arena)
- Hilo rafia
- Balanza analítica (Type: VE – 204, Marca Velab)
- Esmeriladora angula (230 mm) 9", 127 V-15 a 50/60 Hz 6 600 r/min
- Potenciómetro (pH) HANNA Instruments (modelo HI98107)
- Conductímetro (mS) HANNA Instruments (modelo HI98304)
- SPAD 502 Plus, Minolta, modelo B343
- Medidor de nitrato (NO_3^-) Modelo B-743, HORIBA LAQUAtwin
- Medidor de potasio (K^+) Modelo B-731, HORIBA LAQUAtwin
- Medidor de sodio (Na^{2+}) Modelo B-722 HORIBA LAQUAtwin
- Medidor de calcio (Ca^{2+}) Modelo B-751 HORIBA LAQUAtwin
- Refractómetro para mediciones de sacarosa HANNA Instruments, Modelo HI96801

3.3. Elaboración de estiércoles líquidos

Para la elaboración de los estiércoles líquidos primeramente se recolecto estiércol ovino y bovino; posteriormente los estiércoles se sometieron a un proceso de composteo durante un periodo de 60 días; que consistió en la descomposición de materia orgánica por medio de la acción de bacterias aerobias (presencia de oxígeno) termófilas y su posterior fomentación con

otras especies de bacterias, hongos y actomicetos con la humedad y temperatura adecuadas se asegura una transformación homogénea asimilable para las plantas (FAO, 2013, INIFAP, 2013).



Figura 2. Proceso de elaboración de estiércoles líquidos

Procedimiento de elaboración

El compost obtenido del proceso de composteo se molió con un molino triturador modelo CH620 marca KHOLER, posteriormente se pesó en una báscula digital la cantidad de 40 kg que fueron utilizados en la preparación de los estiércoles líquidos adaptando la metodología propuesta por Ingham, (2005), a continuación se presenta el proceso de elaboración.

- En un tambo de plástico con capacidad para 200 L, se agregaron 40 kg de compost de estiércol previamente pulverizado.
- Se agregó agua de pozo hasta casi llenarlo.
- Se midió el pH, verificando que estuviera ligeramente alcalino (7.3-7.9).

- Se agregaron 150 mL de enzimas Glumix desdobladoras de celulosa.
- Se agito diariamente con ayuda de una esmeriladora adaptada a manera de batidora, cada 24 horas por un lapso de 10 minutos por 15 días consecutivos.
- El día 16 se dejó reposar durante todo el día.
- Finalmente se cosecho el estiércol líquido resultante.

3.4. Siembra

Para el experimento se utilizaron cuatro genotipos de jitomates criollos de crecimiento indeterminado colectados en el Estado de Oaxaca, que fueron clasificados con la siguiente Nomenclatura P61MXOAX, P65VCOAX, P71VCOAX y P75VCOAX. Las semillas de los jitomates se sembraron en vasos de unicel; utilizando composta como sustrato, a cada vaso se depositaron semillas a una profundidad de tres veces el tamaño (Figura 3).



Figura 3. Siembra en forma manual de genotipos de jitomates criollos en vasos de unicel del número 12 rellenos con composta como sustrato.

3.5. Trasplante

El trasplante se realizó el 30 de Junio de 2017, a los 30 días después de la siembra cuando las plántulas tenían de 20 a 25 cm de altura y con 5 o 6 hojas verdaderas. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 40 cm por 40 cm como macetas y como sustrato se utilizó una mezcla de 70 % Lama de río, 15 % Arena y 15 % Tepojal. Las bolsas se colocaron en doble hilera con arreglo de marco real de 50 cm por 50 cm y una separación entre hileras de 1 m, haciendo una densidad de 6 plantas m², con una planta por maceta (Figura 4).



Figura 4. Trasplante de genotipos de jitomates criollos (el trasplante se realizó de forma manual colocando una planta por maceta).

3.6. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación de estiércoles líquidos de Ovino (EOL) y Bovino (EBL) enriquecidos con bajas concentraciones de la solución nutritiva (SN) Universal de Steiner a 0.54, 0.36 y 0.18 atm de presión osmótica (PO) aplicados en forma edáfica y 0.18, 0.09 y 0.045 atm de presión osmótica (PO) aplicados de forma foliar respectivamente a los cuatro genotipos de jitomates criollos, cada tratamiento tuvo un total de cuatro repeticiones distribuidos

en un diseño de bloques completamente al azar de tal forma que se tuvieron un total de 240 unidades experimentales. Los tratamientos de fertilización fueron los siguientes: T₁) EOL+0.54 atm de PO, T₂) EOL+0.36 atm de PO, T₃) EOL+0.18 atm de PO, T₄) EOL, T₅) EBL+0.54 atm de PO, T₆) EBL+0.36 atm de PO, T₇) EBL+0.18 atm de PO, T₈) EBL, T₉) Testigo (agua), aplicados de forma edáfica con un intervalo de aplicación de 15 días y aplicando 200 mL de la solución a cada maceta; T₁₀) EOL+0.18 atm de PO, T₁₁) EOL+0.09 atm de PO, T₁₂) EOL+0.045 atm de PO, T₁₃) EBL+0.18 atm de PO, T₁₄) EBL+0.09 atm de PO y T₁₅) EBL+0.045 atm de PO aplicados directamente al follaje a libre acceso con un intervalo de ocho días.

		REP 1				REP 2				REP 3				REP 4				
		G1	G2	G3	G4													
TRATAMIENTOS	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10
	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Figura 5. Diseño experimental utilizado para la evaluación de los estiércoles ovino líquido (EOL) y estiércol bovino líquido (EBL) en el rendimiento y calidad de jitomates criollos en condiciones de Bioespacio en Iguala, Guerrero.

3.7. Labores culturales

3.7.1. Tutoreo

Las plantas de jitomate fueron tutoradas con rafia desde la base del tallo a la parte apical de la planta, el hilo se enrolló a la planta pasándolo por cada entrenudo de la misma. Esta actividad se realizó periódicamente hasta la finalización del ciclo del cultivo.



Figura 6. Tutorado de plantas de jitomates criollos bajo condiciones de Bioespacio.

3.7.2. Podas

Para el mantenimiento y buen desarrollo del cultivo se realizó el corte de brotes laterales (axilares) con el objetivo de dejar un solo tallo principal y posteriormente se fueron eliminando las hojas viejas, ya que estas no desempeñaban ninguna actividad fotosintética, por el contrario generaban humedad y condiciones favorables para posibles enfermedades. Las podas generalmente se realizaron una vez por semana.

3.7.3. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual una vez por semana, para evitar hospederos de plagas y enfermedades y competencia por nutrientes, agua, espacio, luz y CO₂.

3.7.4. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se colocaron trampas (se utilizaron platos de plástico amarillo recubiertos con vaselina) para realizar muestreos, encontrándose mosquita blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius), Trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande), y pulgones (*Aphidoidea*), las cuales fueron controladas con aplicaciones de extractos de Neen, *Basillus thuringiensis*, y jabón potásico. Las enfermedades presentes fueron marchitez del tomate (*Fusarium oxisporum* Schltdl.), Tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary) y Pudrición apical en frutos de jitomate.

3.7.5. Cosecha

La cosecha se inició después de 62 días del trasplante cosechando aquellos frutos que presentaban coloración roja intensa, realizando cortes semanales. A los frutos cosechados se les midió el diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grados °Brix (SST) y peso de los frutos para determinar el rendimiento y calidad.



Figura 7. Cosecha, rendimiento y calidad de frutos de jitomates criollos usados en la investigación.

3.8. Variables evaluadas

Altura de planta (ADP). Se midió con una cinta métrica, desde la base del tallo de la planta hasta la inserción del peciolo de la última hoja verdadera.

Numero de hojas (NDH). Se cuantificaron todas aquellas hojas con el 100 % de su tamaño y color verde intenso.

Largo de hoja (LDH). Se midió en cm de la base del limbo al ápice de la hoja.

Ancho de hoja (ADH). Se midió en cm el limbo en su parte media de borde a borde.

Contenido de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas (CLRHHJOV, CLRHMAD Y CLRHVIE). Se midió con ayuda del medidor portátil SPAD 502, en hojas jóvenes, maduras y viejas, se tomó una medida por genotipo, tratamiento y repetición.

Contenido nutrimental en extracto celular de peciolo (NO_3^- , K^+ , Na^{2+} y Ca^{2+}). Se realizó por genotipo, tratamiento y repetición. Para ello se cortó una hoja madura por repetición y se separó el peciolo del resto de la hoja, y se cortó en pedazos pequeños que fueron depositados en un triturador/prensa para cuantificar el contenido de iones a través de los siguientes Ionómetros:

- ✓ **Medidor de nitrato (NO_3^-)** Modelo B - 743, HORIBA LAQUAtwin
- ✓ **Medidor de potasio (K^+)** Modelo B - 731, HORIBA LAQUAtwin
- ✓ **Medidor de sodio (Na^{2+})** Modelo B - 722 HORIBA LAQUAtwin
- ✓ **Medidor de calcio (Ca^{2+})** Modelo B - 751 HORIBA LAQUAtwin

Altura del primer botón floral (ADF). Se midió en cm con cinta métrica desde la base del tallo hasta la base del primer botón floral (racimo).

Días a floración (DAF). Se contabilizó el número de días desde la emergencia hasta la presencia del primer racimo floral.

Número de frutos (NDF). Se contó el número total de frutos cosechados durante todo el periodo por planta.

Peso de fruto (PDF). Cada fruto cosechado fue pesado para obtener rendimiento por planta.

Diámetro ecuatorial y polar de fruto (DE y DP). Se usó un vernier digital marca Truper.

Sólidos solubles totales (SST), en °Brix. Se usó un refractómetro (Modelo HI96801) al momento de la cosecha, tomando una muestra de jugo directo del fruto y colocado en el prisma de lectura.

3.9. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en el que se consideraron dos factores; cuatro genotipos de jitomates criollos y abonos orgánicos (estiércol ovino y bovino líquido) enriquecidos con solución nutritiva Steiner y el testigo (agua normal). Se establecieron 15 tratamientos con cuatro repeticiones.

Los datos obtenidos de las variables se procesaron en el paquete estadístico SAS 9.4 donde se realizó análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Varianza de las variables consideradas en los factores genotipos, tratamientos y su interacción

De acuerdo con el análisis de varianza para genotipos se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) en altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hoja, contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, contenido de K^+ , Na^{2+} , Ca^{2+} , altura de botón floral, días a floración, número total de frutos, peso total de frutos, diámetro ecuatorial y diámetro polar; mientras que en contenido relativo de clorofila en hojas viejas, contenido de nitratos (NO_3^-) y solidos solubles totales solo presentaron diferencias estadísticas significativas; y en la contenido relativo de clorofila en hojas maduras no presentó diferencias significativas. Con respecto a los tratamientos el análisis mostró diferencias altamente significativas en altura de botón floral, peso total de frutos y diámetro polar; mientras que número total de frutos solo presentó diferencias estadísticas. Por otro lado las variables altura de planta, número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas, contenido nutrimental de nitratos, potasio, sodio, calcio, días a floración, diámetro ecuatorial y solidos solubles totales no mostraron significancia estadística.

En la interacción entre genotipos y tratamientos los resultados indican que las variables como contenido nutrimental de sodio y peso de frutos presentaron diferencias altamente significativas, mientras que las variables contenido nutrimental de nitratos, días a floración y diámetro polar presentaron diferencias estadísticas significativas; y las variables altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hojas, contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas, contenido de potasio, calcio, altura de botón floral, número total de frutos, diámetro ecuatorial y solidos solubles no mostraron significancia estadística (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza de variables fenológicas y fisiológicas en el ciclo del cultivo de jitomates criollos bajo condiciones de Bioespacio, en Iguala Guerrero.

VARIABLES	GEN	TRAT	GEN*TRAT	ERROR	CV %	MEDIA
ADP	8748.97**	481.11	351.10	363.05	13.79	138.11
NDH	269.65**	17.08	15.52	14.48	13.58	28.02
LDH	168.44**	18.20	12.15	18.78	14.82	29.24
ADH	71.14**	10.43	8.39	9.51	14.58	21.15
CLRHJOV	398.09**	21.12	40.14	37.88	17.04	36.12
CLRHMAD	64.74	15.73	31.24	28.88	15.04	35.71
CLRHVIE	103.93*	26.90	23.40	34.76	18.19	32.41
NO ₃ ⁻	1594858.19*	450782.92	842437.36*	494196.6	33.68	2086.95
K ⁺	3764819.44**	180148.81	135474.21	187876.3	16.42	2639.58
Na ²⁺	50650.31**	10567.21	13691.65**	6929.97	27.93	297.97
Ca ²⁺	44528.6**	1485.32	755.85	1087.08	29.16	113.06
ADF	1224.57**	145.48**	43.57	33.31	11.89	48.52
DAF	328.47**	18.60	17.89*	11.4	8.7	38.77
NDF	81.42**	6.24*	4.65	3.42	45.55	4.06
PDF	184417.20**	25216.13**	20541.62**	11025.13	35.3	297.44
DE	2537.07**	286.61	116.51	112.99	17.78	59.75
DP	646.99**	74.80**	39.99*	26.11	12.38	41.25
SST	1.71*	0.36	0.60	0.44	19.72	3.39

ADP: Altura de planta, NDH: Número de hojas, LDH: Largo de hoja, ADH: Ancho de hoja, CLRHJOV: Contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, CLRHMAD: Contenido relativo de clorofila en hojas maduras, CLRHVIE: Contenido relativo de clorofila en hojas viejas, NO₃⁻ : Contenido nutrimental de nitratos, K⁺: potasio, Na²⁺: sodio y Ca²⁺: calcio, ADF: Altura de primer racimo floral, DAF: Días a floración, NDF: Número de frutos, PDF: Peso de frutos, DE: Diámetro ecuatorial, DP: Diámetro polar y SST: Solidos solubles totales, CV: Coeficiente de

variación, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, NS: No significativas.

4.2. Crecimiento y desarrollo de genotipos de jitomates criollos

4.2.1. Altura de planta y número de hojas

El genotipo G₂ alcanzó un valor 150.13 cm de altura que es estadísticamente superior a los genotipos G₃ con un valor de 140.70 cm de altura y G₁ con un valor de 140.28 cm de altura y estos a su vez son estadísticamente diferentes al genotipo G₄ que obtuvo un valor de 121.33 cm de altura (Figura 7). El genotipo G₂ (31 hojas/planta) fue estadísticamente superior a los genotipos G₁, G₃ y G₄ con un valor de (28, 27 y 26 hojas/planta, respectivamente), (Figura 8). Los resultados obtenidos indican que el número de hojas está directamente relacionado con la altura de la planta, por lo que entre más alta este la planta mayor número de hojas presentará la planta (Figura 8).

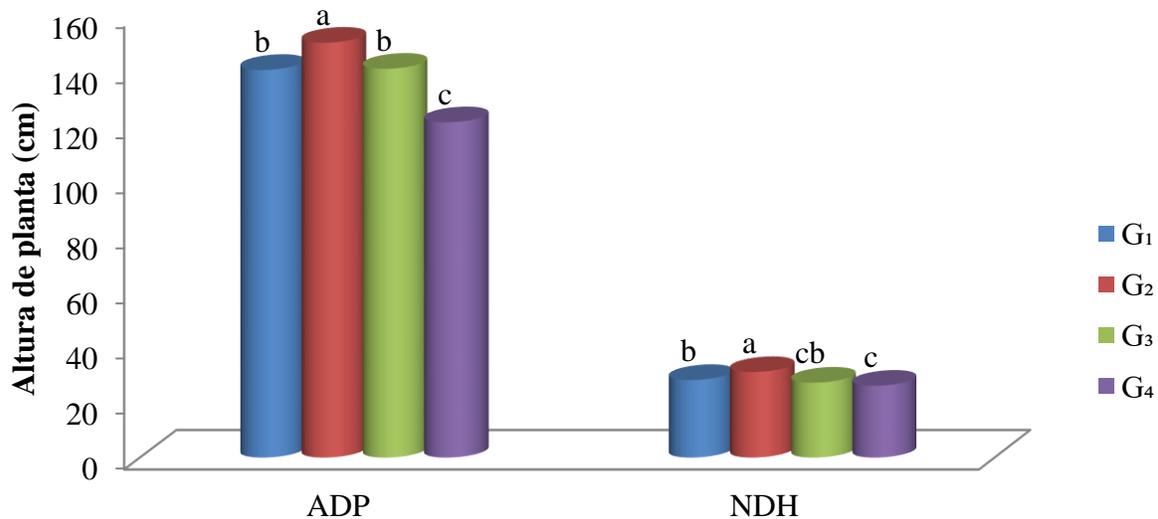


Figura 8. Comparación de genotipos de jitomates criollos en las variables Altura de planta y número de hojas en condiciones de Bioespacio. ADP: Altura de planta, NDH: Número de hojas ($p \leq 0.05$)

Los resultados del presente estudio demuestran que el genotipo G₂ fue el que presentó mejor altura y número de hojas. Los valores obtenidos en estos genotipos, son ligeramente menores que los reportados por Bonilla *et al.* (2014) quienes encontraron un valor medio para altura de planta de 158.78 cm y de 34.25 hojas en tomates nativos colectados en el Estado de Puebla y Oaxaca, sembrados en un sistema de hidroponía y aplicaron la solución nutritiva de Steiner (1984) en una concentración del 50%. Mientras que Maldonado *et al.* (2016) al evaluar 100 poblaciones nativas de tomate, encontró que el 80 % de las poblaciones estuvieron dentro un intervalo de 110 a 140 cm de altura. Por otro lado, Carrillo y Chávez. (2010) encontraron una altura promedio de 150 cm a los 60 días después del trasplante en muestras de tomate silvestre de Oaxaca establecidas en condiciones de invernadero con sistema de Fertirriego y aplicaron la fertilización 12 - 43 - 12; 19 - 19 - 19 y 13 - 6 - 40 de N - P - K, más la aplicación semanal de nitrato de calcio. Los resultados obtenidos en este experimento fueron similares a los encontrados por Bonilla *et al.* (2014), Maldonado *et al.* (2016) y Carrillo y Chávez. (2010), pero inferiores a los encontrados por Juárez *et al.* (2012) donde los genotipos evaluados presentaron valores de 228.1 cm, 212.6 cm y 163.1 cm respectivamente bajo condiciones de invernadero.

4.2.2. Largo y ancho de hoja

El genotipo G₁ (31 cm de longitud); fue estadísticamente superior al genotipo G₄ (27 cm de longitud), pero no a los genotipos G₂ y G₃ (29 y 30 cm de longitud) (Figura 8). En relación a la variable ancho de hoja (ADH) el genotipo G₁ (23 cm) obtuvo el valor más alto y fue estadísticamente superior a los genotipos G₂, G₃ y G₄, con valores promedio de 20 y 21 cm de ancho (Figura 9).

Con respecto a largo y ancho de hoja Carrillo y Chávez (2010), encontraron valores medios en longitud de hoja de 34.7 cm en tomates silvestres y semidomesticados de Oaxaca, México sembrados en condiciones de invernadero.

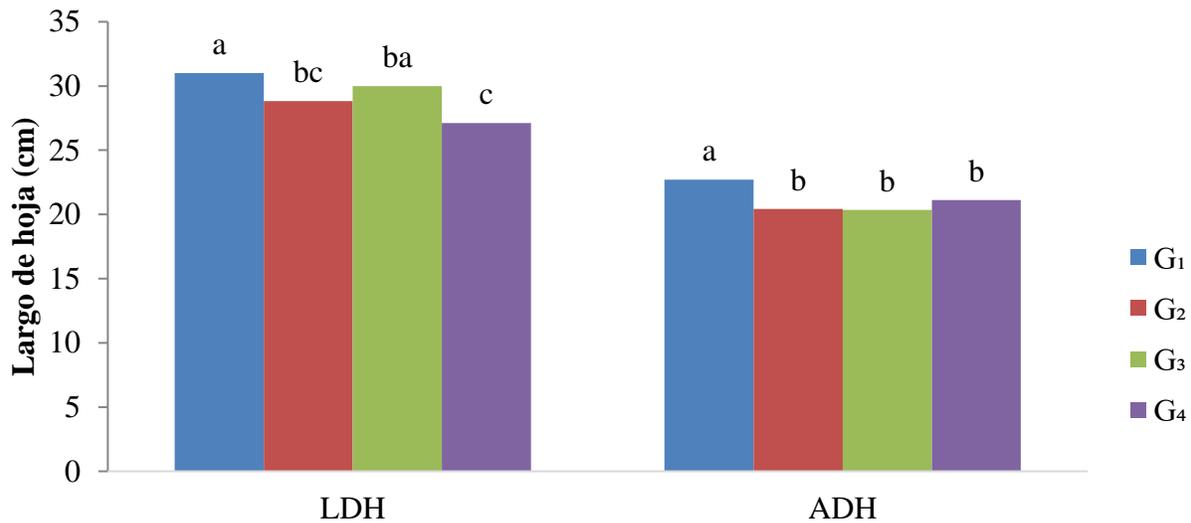


Figura 9. Largo y ancho de hoja en genotipos de jitomates criollos, por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados bajo condiciones de Bioespacio.

4.2.3. Contenido relativo de clorofila

El G₁ obtuvo un valor medio de unidades SPAD de 38.58 y el G₂ alcanzó un valor de 38.01 unidades SPAD, ambos son estadísticamente diferentes a los genotipos G₃ (33.44 SPAD) y G₄ (34.25 SPAD). El contenido relativo de clorofila en hojas maduras no fue significativo y presentaron los siguientes valores los genotipos G₂ (36.85), G₁ (35.92), G₄ (35.30) y G₃ (34.42) unidades SPAD. En el contenido relativo de clorofila en hojas viejas, el genotipo G₂ (34.16 SPAD), fue estadísticamente diferente al genotipo G₃ (31.21 SPAD), pero no superó a G₁ (32.65 SPAD) y G₄ (31.61 SPAD), respectivamente (Figura 10).

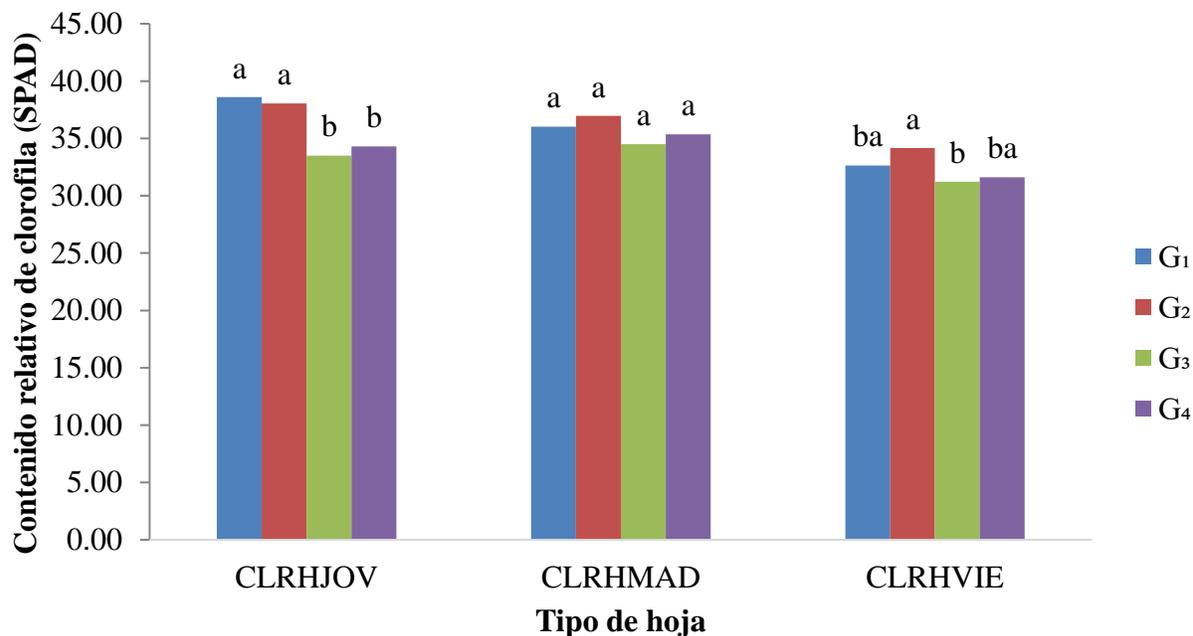


Figura 10. Contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas en genotipos de jitomates criollos fertilizados con estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados bajo condiciones de Bioespacio.

Al respecto Rodríguez *et al.* (1998) realizaron mediciones de contenido relativo de clorofila en plantas de tomate cultivar Rio Grande a los 45, 60, 75 y 90 días después del trasplante y encontraron mediciones con intervalos de 7.73 a 53.93 unidades SPAD, así mismo reportaron que existe una correlación altamente significativa entre las lecturas SPAD y el contenido de nitrógeno en la planta, lo que significa que entre más alto sea el valor de la lectura de unidades SPAD, se tiene mayor contenido de nitrógeno. Por otro lado, Preciado *et al.* (2011), encontró valores de 54.02, 46.84, 51.49 y 40.90 unidades SPAD al muestrear hojas de tomate cultivar Cid del tipo Saladette, en Solución nutritiva Steiner, Té de vermicompost, Té de compost y Lixiviado de vermicompost. Otros estudios han reportado resultados relativamente similares en el contenido relativo de clorofila; en plantas de café al muestrear hojas adultas se obtuvieron 40 unidades SPAD (Torres-Neto *et al.*, 2005); en arroz cv Bing 9363 con 40.3 unidades SPAD, (Jinwen *et al.*,

2011); en Papaya (*Carica papaya* L.) reportaron valores inferiores a las 40 unidades SPAD (Torres-Neto *et al.*, 2002). La pérdida o disminución del contenido de clorofila en las hojas está asociado a daños causados por factores ambientales (Hendry y Price, 1993; Kara y Mujdeci, 2010).

4.2.4. Contenido nutrimental en extracto celular de peciolo

En contenido relativo de nitrato observado en el genotipo G₁ (2248 ppm) fue estadísticamente diferente al genotipo G₂ (1904 ppm), pero no superó a los genotipos G₃ (1998 ppm) y G₄ (2198 ppm). La concentración de potasio (K⁺) demuestran que el genotipo G₁ (3003 ppm) obtuvo el valor más alto y fue estadísticamente diferente a los genotipos G₂ (2598 ppm), G₃ (2512 ppm) y G₄ (2445 ppm) (Figura 11). En Na²⁺ los genotipos G₂ (316 ppm) y G₃ (322 ppm) alcanzaron los valores más altos y fueron superiores estadísticamente al genotipo G₄ (257 ppm), pero no superaron al genotipo G₁ (297 ppm); para calcio los genotipos G₃ (138 ppm) y G₄ (135 ppm) presentaron los mayores valores y fueron superiores estadísticamente a los genotipos G₁ (89 ppm) y G₂ (90 ppm) (Figura 12).

En esta investigación la concentración de NO₃⁻ presentó un valor mínimo de 1904 ppm y un máximo de 2248 ppm, comparados con los niveles de referencia propuestos por (INTAGRI, 2018) los niveles de NO₃⁻ están por arriba de los 1,100 ppm. Sin embargo Leyva *et al.* (2005) encontraron concentraciones similares con un valor de 2090 mg L⁻¹ en extracto celular de peciolo y de frutos. Otros estudios reportaron 1050 mg L⁻¹ de NO₃⁻ en chile (Brizuela-Amador *et al.*, 2005). En tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.) encontraron valores medios de 1,290 ppm (Castro-Brindis *et al.*, 2000). Otros estudios reportaron valores inferiores en otras especies vegetales, por ejemplo en chile poblano cv. San Luis en Vertisoles en Guanajuato con 500 mg L⁻¹

(Castellanos-Ramos *et al.*, 2001). En tomate (*Solanum lycopersicom* L.) la concentración mínima fue de 810 ppm y la máxima de 1663 ppm (Llanderal, 2014).

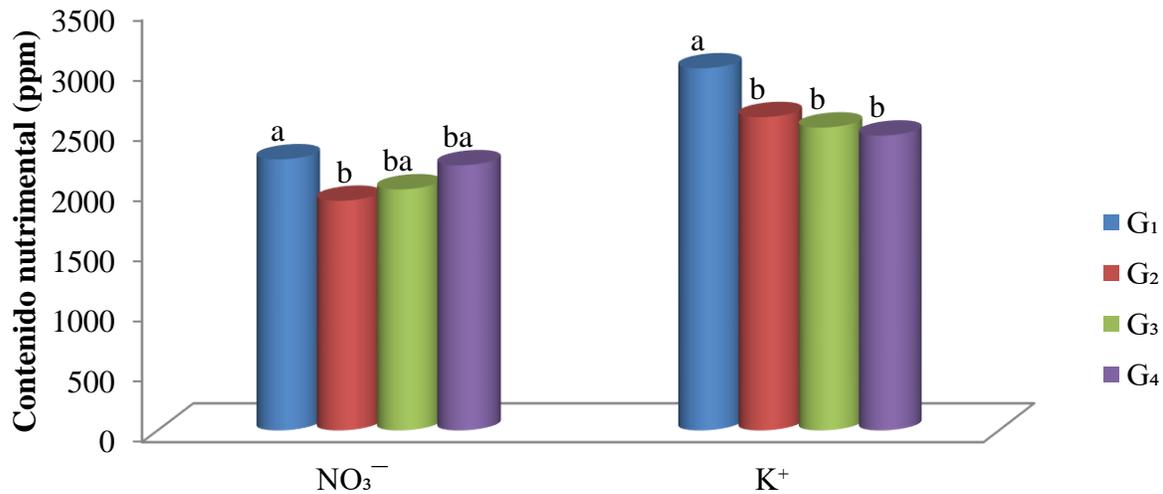


Figura 11. Contenido nutrimental de nitrato y potasio en extracto celular de peciolo cuatro genotipos de jitomates criollos

Para esta investigación la concentración potasio K⁺ presentó un valor mínimo de 2445 ppm y el valor máximo de 3003 ppm. Estos valores son similares a los reportados por Armenta (2001) (2691 ppm) en cultivo de tomate en sistema de campo y riego por goteo. Y menores a los reportados por Llanderal (2014) que presento un valor mínimo de 3010 ppm y un valor máximo de 6447 ppm. El potasio mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico. Está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas. El potasio también es necesario para la síntesis de pigmentos, sobre todo licopeno. En la fotosíntesis, regula la apertura y cierre de estomas, por lo tanto regula la absorción de CO₂ (Adams, 1986; Hartz *et al.*, 1999))

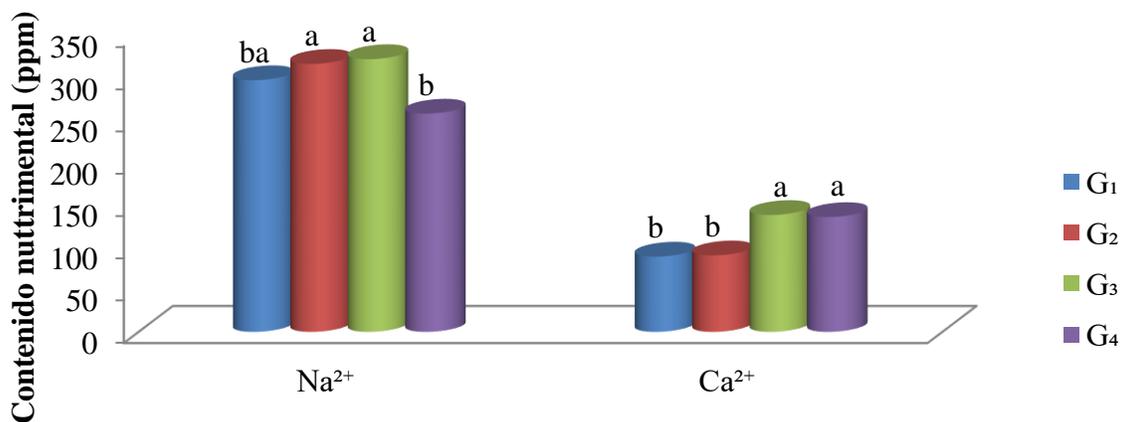


Figura 12. Contenido nutrimental de sodio y calcio en extracto celular de peciolo en jitomates criollos

En este trabajo de investigación la concentración de Na²⁺ en extracto celular de peciolo presentó un valor mínimo en el G₄ (257 ppm) y un valor máximo en el G₃ (322 ppm) siendo menor a los reportados por Llanderal (2014) en plantas de tomate cv “**Canaria**” donde reportó un valor medio de 5,517 ppm, con un valor mínimo de 4,095 ppm y un máximo de 7,581 ppm y un coeficiente de variación del 13 %. Mientras que Olías *et al.* (2009) reportó en plántulas de tomate un valor medio de 1,679 ppm y un coeficiente de variación del 78 %. Sin embargo son superiores a los reportados por Burgueño (1999) quien considera que 50 ppm son un valor óptimo para el cultivo de tomate.

En la concentración de Ca²⁺ en extracto celular presentó un valor mínimo en el G₁ de 89 ppm y un valor máximo en el G₃ de 138 ppm. Estos valores están muy por abajo a los encontrados por Llanderal (2014) en tomate cv “**Canaria**” que reporto el valor más bajo de 4,094 ppm y el más alto de 7,557 ppm con un coeficiente de variación de 11 % cultivado bajo condiciones de invernadero con fertirrigación. Sin embargo Burgueño (1999) considera un valor óptimo de 200 ppm. La principal función del Ca²⁺ es mantener la integridad celular y la permeabilidad de

membranas, pero también participa en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico (Jones, 2003).

4.2.5. Altura del botón floral y días a floración

En la variable altura del botón floral (ADF) los genotipos más sobresalientes fueron G₁ (52 cm) y G₃ (52 cm) y son estadísticamente diferentes a los genotipos G₂ (48 cm), a su vez, el G₂ superó al G₄ (42 cm) (Figura 13). Al respecto Bonilla *et al.* (2014) encontraron valores de 30.58 cm en colectas con frutos de forma arrañada, 25.39 cm en colectas con frutos en forma de ojo de venado, 43.46 cm en colectas con fruto tipo cuadrado o pimiento y 32.46 para el híbrido SUN7705, cultivados en invernadero.

Con respecto a días a floración el genotipo G₁, presentó 42 días después de la siembra (dds) fue estadísticamente superior al genotipo G₃ que floreció a los 40 dds y este a su vez fue estadísticamente superior a los genotipos G₂ y G₄ que obtuvieron a los 37 dds (Figura 13).

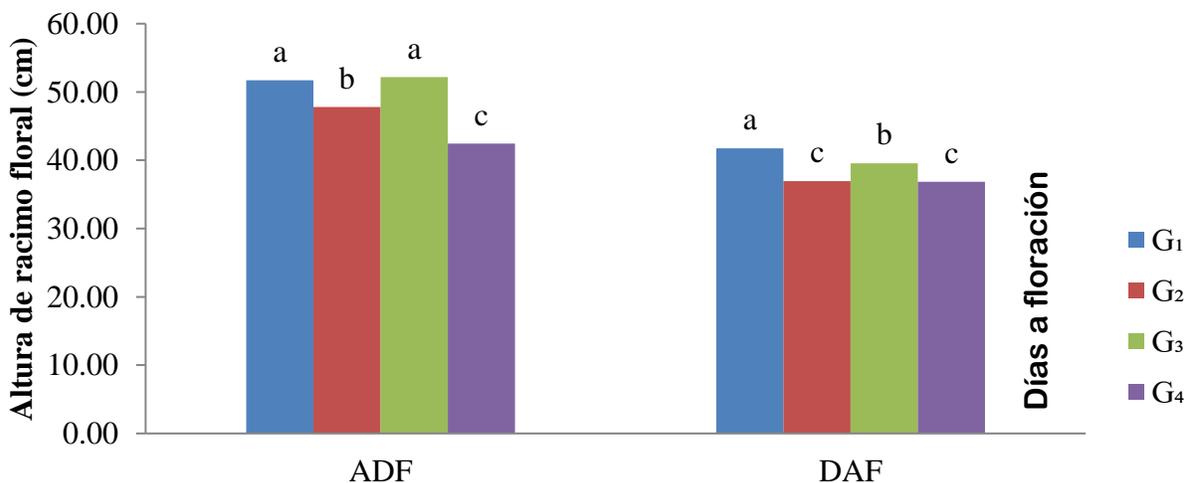


Figura 13. Altura de botón floral y días a floración en genotipos de jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos como fuente de fertilización bajo condiciones de Bioespacio. ADF= Altura de...

Estos resultados se aproximan a los reportados por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servía. (2010) quienes encontraron valores de 51.8 a 63.1 dds en poblaciones semidomesticadas y poblaciones nativas de tomates silvestres del Estado de Oaxaca y cultivadas en invernadero. Mientras que Juárez *et al.* (2012) encontraron valores similares de 46.7 dds en genotipos nativos de jitomate cultivados en hidroponía. Así mismo Márquez-Hernández *et al.* (2006) reportaron valores de 44.3 dds en la variedad de tomate Cherry cultivado en invernadero e hidroponía. Sin embargo Carrillo-Rodríguez *et al.* (2013) obtuvieron un intervalo de 21 a 69 días después del trasplante en poblaciones nativas de Jitomate del Estado de Oaxaca. Por otro lado, estos valores son menores comparados con los que obtuvieron Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) al evaluar cuatro grupos de 40 colectas de tomates nativos conocidos como arriñonados, chinos criollos, cuadrados o tipo pimiento, ojo de venado, cereza y el híbrido comercial SUN7705 tipo Saladette.

4.2.6. Rendimiento y calidad de fruto

En número de frutos (NDF) cosechados por planta los genotipos G₄ (5.06 frutos por planta) y G₃ (5.03 frutos por planta) fueron estadísticamente superiores a los genotipos G₂ (3.36 frutos por planta) y G₁ (2.78 frutos por planta). En peso de frutos (PDF) El genotipo G₄ (375 g por planta) alcanza un rendimiento promedio más elevado y fue estadísticamente diferente a los genotipos G₃ (292 g por planta), G₂ (277 g por planta) y G₁ (246 g por planta). Con respecto al diámetro ecuatorial el genotipo G₁ (64.85 mm) fue estadísticamente superior al genotipo G₃ (50.50 mm) pero no superó estadísticamente a los genotipos G₂ (63.65 mm) y G₄ (60.01 mm). En diámetro polar el G₁ (45.76 mm) obtuvo el valor más alto y fue estadísticamente diferente al G₂ (41.01 mm), este a su vez fue estadísticamente superior al G₄ (37.93 mm), sin embargo no superó al G₃ (40.30 mm). En sólidos solubles totales el G₁ (3.56 °Brix) obtuvo el valor más alto y fue

estadísticamente superior al G₂ (3.18 °Brix) pero no superó a los genotipos G₃ (3.48 °Brix) y G₄ (3.33 °Brix) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento y calidad de frutos en cuatro genotipos de jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos y cultivados en condiciones de Bioespacio.

GEN	NDF	PDF (g)	DE (mm)	DP (mm)	SST (°Brix)
G ₁	2.78 b	245.51 b	64.85 a	45.76 a	3.56 a
G ₂	3.36 b	276.96 b	63.65 a	41.03 b	3.18 b
G ₃	5.03 a	291.91 b	50.50 b	40.30 cb	3.48 ba
G ₄	5.06 a	375.38 a	60.01 a	37.93 c	3.33 ba

GEN: Genotipo, NDF: Número de frutos, PDF: Peso de frutos, DE: Diámetro ecuatorial, DP: Diámetro polar, SST: Sólidos solubles totales.

Los resultados indican que los genotipos G₃ y G₄, fueron los mejores en cuanto al número y peso total de frutos. Estos valores son menores a los reportados por Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) en número de frutos (14.04) y un poco menor en peso de frutos (352.32 g) en jitomates arriñonados y tipo pimienta de uso local en el Estado de Puebla y Oaxaca. Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) reportaron valores promedio de 349, 1321, 782 y 2007 g por planta en colectas de tomatillo, bola pequeño, riñón y Saladette. Maldonado-Peralta *et al.* (2016) reportaron valores de 33 frutos por planta y un rendimiento de 2400 g por planta en colectas de jitomates nativos. Esto indica que las poblaciones nativas de Jitomates criollos de México tienen una amplia variación en formas y tamaños de plantas y frutos (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). Las condiciones en las que se estableció el experimento el mejor rendimiento fue de 375.38 g por planta. El diámetro ecuatorial presentó un valor mínimo de 50.50 mm y un valor máximo de 64.85 mm con un valor

medio de 59.75 y un coeficiente de variación del 17.78 %, este valor fue similar al reportado por Agudelo *et al.* (2011) quienes obtuvieron 44 mm de diámetro ecuatorial, un valor medio de 22.4 mm y un coeficiente de variación del 16.3 % en la caracterización morfológica de tomate tipo cereza. Mientras que Maldonado-Peralta *et al.* (2016) reportaron 47.1 mm con un coeficiente de variación de 22.31 % en colectas de tomates nativos. Juárez-López *et al.* (2013) reportaron valores de 56.6 mm y 32.2 mm en genotipos de jitomates nativos cultivados en hidroponía. Con respecto al diámetro polar el genotipo G₁ fue el que presentó el valor más alto con 45.76 mm y el valor más bajo el genotipo G₄ con un valor de 37.93 mm y el valor medio fue de 41.25 mm y un coeficiente de variación de 12.38 %, estos valores son similares a los reportados por Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) quienes reportaron 41.26 mm y un coeficiente de variación de 12.87 % en tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local. Maldonado-Peralta *et al.* (2016) reportaron un valor medio de 37.9 mm y un coeficiente de variación de 20 % en colectas Mexicanas de tomates nativos, por otro lado Carrillo y Chávez. (2010) reportan un valor medio de 22 mm, con un coeficiente de variación de 7.8 % en 21 muestras de poblaciones de tomate semidomesticado y 28 muestras de tomate silvestre. La concentración de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto presentó un valor máximo de 3.56 °Brix y un mínimo de 3.18 °Brix. Con un valor medio de 3.39 °Brix y coeficiente de variación del 19.72 %. Estos valores están por debajo a los reportados por Juárez-López *et al.* (2009) quienes informaron que los valores variaron desde 5.8 hasta 8.0 °Brix, en la evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate. Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) reportaron valores de 4.08 °Brix y un coeficiente de variación del 21.51 %. Sin embargo son similares a los reportados por Maldonado-Peralta *et al.* (2016) quienes reportaron el valor medio de 3.18 °Brix y un coeficiente de variación del 13 %, en colectas mexicanas de jitomates nativos. Los sólidos solubles totales son muy importantes porque indican el contenido

de sustancias antioxidantes, que coadyuvan con la prevención de enfermedades cancerígenas y cardiovasculares (Luna y Delgado, 2014).

4.3. Rendimiento y calidad de frutos en jitomates criollos por efecto de los tratamientos de fertilización

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4) se presentaron diferencias altamente significativas en las variables altura de botón floral (ADF), peso de frutos (PDF) y diámetro polar (DP) mientras que el resto de las variables fueron no significativas: altura de planta (ADP), número de hojas (NDH), largo de hoja (LDH), ancho de hoja (ADH), contenido relativo de clorofila en hojas jóvenes, maduras y viejas (CLRHJOV, CLRHMAD Y CLRHVIE), contenido nutrimental en nitratos, potasio, sodio y calcio (NO_3^- , K^+ , Na^{2+} y Ca^{2+}), días a floración (DAF), número de frutos (NDF), diámetro ecuatorial (DE) y sólidos solubles totales (SST).

4.3.1. Altura de botón floral en jitomates criollos por la aplicación de tratamientos con estiércoles

En altura de botón floral el tratamiento EBL+0.09 atm (55.87 cm), que corresponde a la combinación de estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.09 atm de presión osmótica (PO) en aplicación foliar fue estadísticamente superior a los tratamientos EOL+0.54 atm (46.81 cm), EOL+0.36 atm (47.93 cm), EOL+0.18 atm (44.12 cm), EOL (45.06 cm), EBL+0.54 atm (48.43 cm), EOL+0.18 atm F (48.31 cm), EOL+0.09 atm F (46.68 cm), EBL+0.18 atm F (47.50 cm) y EOL+0.045 atm F (45.37 cm); pero no a los tratamientos EBL+0.36 atm (51.93 cm), EBL+0.18 atm (51.75 cm), EBL (49.50 cm), Testigo (49.37 cm) y EOL+0.045 atm F (49.25 cm); el tratamiento que fue estadísticamente inferior es EOL+0.18 atm

(44.12 cm) que corresponde a la combinación de estiércol ovino líquido más la solución Steiner a 0.18 atm de presión osmótica en aplicación edáfica (Figura 14).

Al respecto Bonilla-Barrientos *et al.* (2014), reportaron un valor medio de 35.65 cm con un coeficiente de variación del 5.83 %, en jitomates arriñonados y tipo pimiento cultivados en hidroponía y fertilizados con solución nutritiva de Steiner en concentraciones de 50 % y 100 %. Muñoz (2003) menciona que debe haber entre seis y once hojas debajo de la primera inflorescencia, por el contrario si estas son escasas los fotoasimilados serán insuficientes para abastecer las primeras flores y crecimiento de frutos.

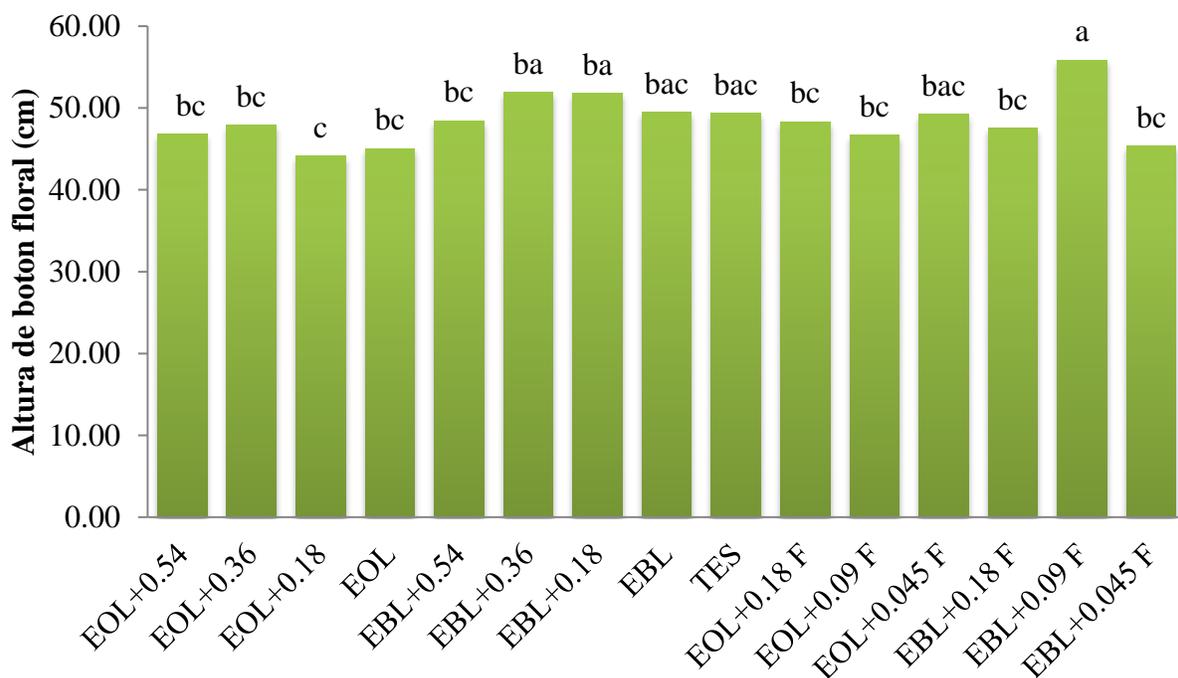


Figura 14. Altura de boton floral por efecto de tratamientos de estiércoles líquidos enriquecidos aplicados en jitomates criollos bajo condiciones de Bioespacio.

EOL+0.54: estiércol ovino líquido más solución Steiner a 0.54 atm de presión osmótica (PO), EOL+0.36: estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.36 atm PO, EOL+0.18 atm : estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EOL: estiércol ovino líquido, EBL+0.54 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.54 atm de PO, EBL+0.36

atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.36 atm de PO, EBL+0.18 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EBL: estiércol bovino líquido, Testigo: agua de pozo, EOL+0.18 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.09 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.045 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.18 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.09 atm F: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.045 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar.

4.3.2. Peso total de frutos en jitomates criollos por efecto de estiércoles líquidos

En peso total de frutos el tratamiento EBL+0.54 atm (383.25 g por planta) que corresponde a la combinación de estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.54 atm de presión osmótica (PO). En aplicación edáfica fue estadísticamente superior al tratamiento EBL+0.09 atm F (219.81 g por planta) corresponde a la combinación estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.09 atm de PO. en aplicación foliar; sin embargo no superó a los tratamientos EOL+0.54 atm (332.87 g/planta), EOL+0.36 atm (323.56 g/planta), EOL+0.18 atm (329.37 g/planta), EOL (287.68 g por planta), EBL+0.36 atm (280.56 g por planta), EBL+0.18 atm (342.87 g por planta), EBL (272.25 g por planta), TESTIGO: agua de pozo (267.25 g por planta), EOL+0.18 atm F (288.93 g por planta), EOL+0.09 atm F (262.00 g por planta), EOL+0.045 atm F (277.62 g por planta), EBL+0.18 atm F (295.25 g por planta) y EBL+0.045 atm F (298.37 g por planta) (Figura 15).

Los resultados indican que el estiércol bovino líquido más la solución de Steiner presentó mejores resultados en cuanto al peso total de frutos por planta. Los resultados obtenidos están muy por debajo a los reportados por De la Cruz-Lázaro *et al.* (2009) que reportaron 0.99 kg por planta al aplicar composta de estiércol bovino en tomate híbrido SUN-7705 bajo condiciones de invernadero; sin embargo Márquez-Hernández *et al.* (2013) reportaron 3.4 kg por planta al aplicar fertilización orgánica en dos genotipos de tomate (Bosky y Big Beef) bajo condiciones de invernadero y Vázquez *et al.* (2015) reportaron valores de 2.13 y 2.89 kg por planta en tratamientos con aplicación de composta y valores de 2.28 y 2.94 kg por planta para tratamientos con aplicación de té de composta en tomate variedad hermosa tipo Saladette bajo condiciones de invernadero.

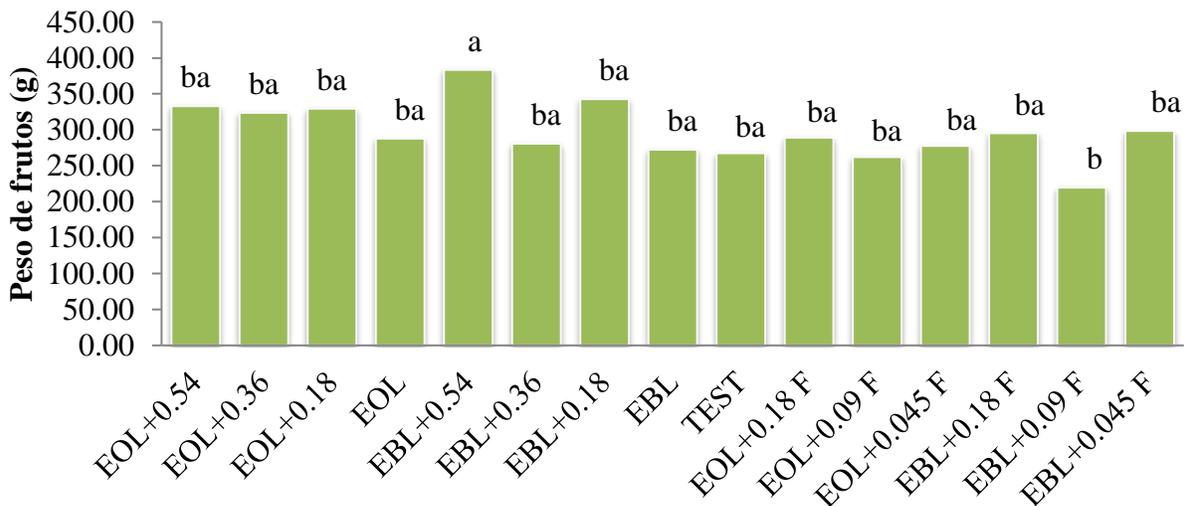


Figura 15. Peso total de frutos por efecto de tratamiento de estiércoles líquidos enriquecidos aplicados a jitomates criollos producidos en condiciones de Bioespacio.

EOL+0.54 atm: estiércol ovino líquido más solución Steiner a 0.54 atm de presión osmótica (PO), EOL+0.36 atm: estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.36 atm de PO, EOL+0.18 atm: estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EOL: estiércol

ovino líquido, EBL+0.54 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.54 atm de PO, EBL+0.36 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.36 atm de PO, EBL+0.18 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EBL: estiércol bovino líquido, TESTIGO: agua de pozo, EOL+0.18 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.09 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.045 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.18 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.09 atm F: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.045 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar.

4.3.3. Diámetro polar en genotipos de jitomates criollos por efecto de tratamientos con estiércoles líquidos

En el diámetro polar el tratamiento EBL+0.045 atm F (45.62 mm) obtuvo el valor más alto y fue estadísticamente superior a los tratamientos EOL (36.68 mm); EOL+0.18 atm F (39.31 mm) y EBL+0.09 atm F (38.93 mm); pero no superó a los tratamientos EOL+0.54 atm (43.93 mm), EOL+0.36 atm (41.68 mm), EOL+0.18 atm (39.93 mm), EBL+0.54 atm (40.00 mm), EBL+0.36 atm (42.68 mm), EBL+0.18 atm (44.37 mm), EBL (40.31 mm), TES (agua de pozo) (40.62 mm), EOL+0.09 atm F (39.87 mm), EOL+0.045 atm F (39.87 mm) y EBL+0.18 atm F (43.00 mm). El valor medio del diámetro polar fue de 41.25 mm con un coeficiente de variación de 12.38 % y el valor más bajo lo registro el tratamiento EOL (36.68 mm) y corresponde a estiércol ovino líquido en aplicación edáfica (Figura 16).

Los resultados de diámetro polar antes mencionados se aproximan a los reportados por De la Cruz-Lázaro *et al.* (2009) quienes reportaron valores de 42.4 a 50.0 mm en jitomate híbrido SUN-7705 cultivados bajo condiciones de invernadero y fertilizados con composta y vermicomposta. Capulín-Grande *et al.* (2011) reportaron valores de 47.7 mm a 54.3 mm para diámetro polar en plantas de jitomate híbrido FA-906 Gabriella, fertilizadas con extracto líquido de estiércol bovino fermentado y no fermentado. Preciado *et al.* (2011) obtuvieron mediciones de 61.6 mm, 58.72 mm, 61.0 mm y 58.7 mm de diámetro polar en jitomate CID del tipo Saladette fertilizado con solución Steiner, Té de compost, Té de vermicomposta y lixiviado de lombriz, cultivado bajo condiciones de invernadero.

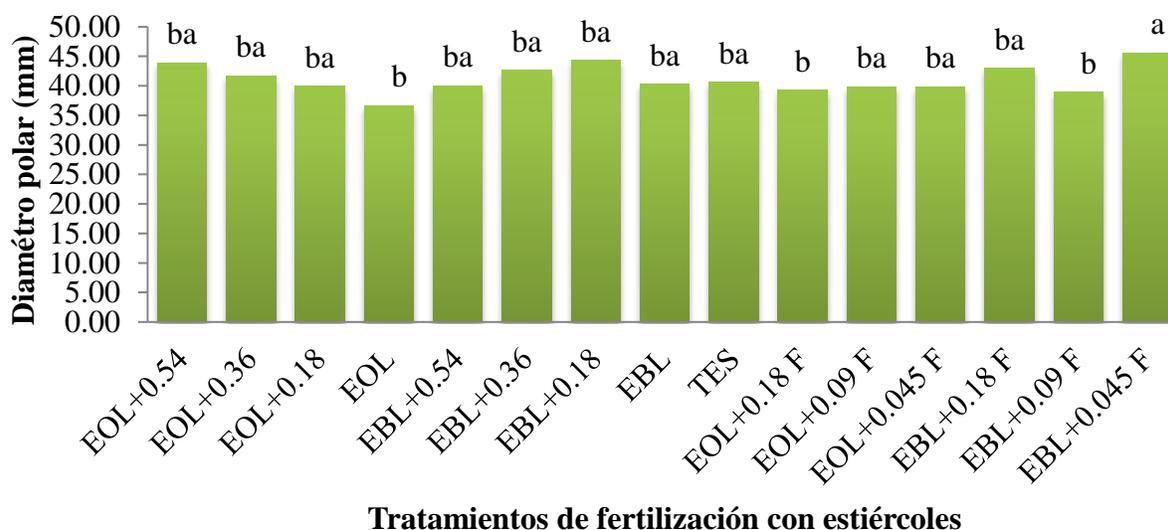


Figura 16. Diámetro polar por efecto de estiércoles líquidos enriquecidos en jitomates criollos cultivados bajo condiciones de Bioespacio. EOL+0.54 atm: estiércol ovino líquido más solución Steiner a 0.54 atm de presión osmótica (PO), EOL+0.36 atm: estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.36 atm de PO, EOL+0.18 atm: estiércol ovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EOL: estiércol ovino líquido, EBL+0.54 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.54 atm de PO, EBL+0.36 atm: estiércol bovino líquido más solución

de Steiner a 0.36 atm de PO, EBL+0.18 atm: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.18 atm de PO, EBL: estiércol bovino líquido, TESTIGO: agua de pozo, EOL+0.18 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.09 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EOL+0.045 atm F: estiércol ovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.18 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.18 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.09 atm F: estiércol bovino líquido más solución de Steiner a 0.09 atm de PO en aplicación foliar, EBL+0.045 atm F: estiércol bovino líquido más la solución de Steiner a 0.045 atm de PO en aplicación foliar.

V. CONCLUSIONES

Los genotipos de jitomates criollos evaluados presentaron una amplia variabilidad fenotípica en las variables evaluadas, por lo que pueden ser empleados como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético.

Los genotipos G₁ y G₂, presentaron características deseables en altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hoja, contenido relativo de clorofila, contenido nutrimental de nitratos, potasio y sodio, altura de botón floral, días a floración, diámetro ecuatorial, diámetro polar, y sólidos solubles totales.

Los genotipos G₃ y G₄ en la planta conservaron mayor contenido nutrimental de calcio, produjeron mayor número y peso total de frutos.

Los estiércoles líquidos enriquecidos modificó la respuesta de los genotipos en caracteres como altura de botón floral, peso de frutos y diámetro polar.

El estiércol bovino líquido tuvo mayor efecto en las variables altura de botón floral, peso total de frutos y diámetro polar por lo que se puede considerar como una alternativa sustentable para la producción orgánica de jitomate bajo condiciones de Bioespacio.

VI. LITERATURA CITADA.

- Adams, P. 1986. Mineral nutrition. The tomato crop a scientific basis for improvement. Chapman and Hall. 281 – 324.
- Alcántar, G. G.; Trejo. T. L. 2007. Nutrición de cultivos. Colegio de posgraduados Mundi-Prensa, México, 437 p.
- Argenta, G., Ferreira, S. P. R., Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciencia Rural* 34 (5): 1379 – 1387.
- Armenta, B. A. D., Baca, C. G. A., Alcántar, G. G., Kohashi, S. J., Valenzuela, U. J. G., Martínez, G. A. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en Fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7 (1): 61 – 75.
- Bonilla B. O., Lobato O. R., García Z. J. J., Cruz I. S., Reyes L. D., Hernández L. E., Hernández B. A. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37 (2): 129 – 139.
- Brizuela, A. P. B.; Alcántar, G. G.; Sánchez, G. P.; Tijerina, C. I.; Castellanos, R. J. Z. y Maldonado, T. R. 2005. Nitratos en soluciones nutritivas en el extracto celular de pecíolo de chile. *Terra Latinoamericana*. 23 (4):469-476.
- Burgueño, H. 1999. La Fertigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Bursag SA de CV. 42 p.
- Cadahía, L. H. 2005. **Fertirrigación**: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa. 683p.
- Cadahía, C. y Eymar, E. 2009. El análisis como método de diagnóstico nutricional. *Agricultura* 1: 728 – 728.

- Carrillo, R. J. C. y Chávez, S. J. L. 2010. Caracterización agro morfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (Núm. Especial 4): 1 – 6.
- Castro, B. R., Sánchez, G. P., Peña, L. P., Alcántar, G. G., Baca, C. G. y López, R. M. L. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃⁻ en el extracto celular de peciolo de tomate de cascara. *Terra*, 141-144.
- De la Cruz L. E., estrada B. Ma., Robledo T. V., Osorio O. R., Márquez H. C., Sánchez H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 25 (1): 59 – 67.
- Etchevers B. J. D. 2000. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Edafología. 1: 209 – 219.
- FIRA. 2017. Panorama Agroalimentario. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Tomate rojo. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2017.pdf.
- FAOSTAT. 2017. “Statistics of crops production by country” Food and Agriculture Organization. <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> (12 de Junio de 2019)
- García, H. J. L., Orona, C. I., Salazar, S. E., Vázquez, V. C., Zúñiga, T. R., López, M. J. D., y Rueda, P. E. O. 2010. Filosofía, desarrollo y adopción de la agricultura orgánica: el caso de México. *Agricultura Orgánica – Agrofaz* 10 (1): 1 – 9.

- Hartz, T. K., Miyao, G., Mullen, R. J., Cahn, M. D., Valencia, J., Brittan, K. L. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124: 199 – 209.
- Hernández-Rodríguez, O. A.; Ojeda-Barrios, D. L.; López-Díaz, J. C.; Arras-Vota, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia* 4 (1): 1-6.
- Hendry, G. A. F. and Price, A. H. 1993. Stress indicators: Chlorophylls and carotenoids. *Methods in comparative plant ecology*. London: Chapman & Hall, p. 148-152.
- Hidalgo, J.C.; Frutos, I.; Nieto, J.; Cadahía, C.; Vega, C.; Pastor, M. 2006. Fertilización potásica en olivar de regadío de la variedad Picual. Influencia sobre el contenido de potasio en hoja, savia y frutos. **Fruticultura Profesional** 161: 107-111.
- Ingham, E. R. 2005. *The compost Tea Brewing Manual*. 5th Edition. Soil Foodweb Incorporated. Corvallis, Oregon 97333. 91 p.
- Jasso, Ch. C., Martínez G. M. A., Alpuche, S. J. R., y Garza, U. E. 2011a. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. Folleto técnico No. 41. INIFAP-CIRNE- Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, México. 39 pág.
- Jasso, Ch. C., Martínez G. M. A., Alpuche, S. J. R., y Garza, U. E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. Folleto técnico. No. MX0310305. INIFAP. 54 p.
- Juárez, L P; Castro, B. R; Colinas, L. T; Sandoval, V. M; Ramírez, V. P; Reed, D; Cisneros, Z. L; King, S. (2013). Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos

- nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cultivados en hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(2): 207-216.
- Jones, B. J. R. 2003. Plant nutrition manual. CRC Press LLC. Florida, U.S.A. 149 p.
- Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos y S. King (2009) Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). Revista Chapingo. Serie Horticultura 15:5-9.
- Kara, B.; Mujdeci, M. 2010. Influence of late-season nitrogen application on chlorophyll content and leaf area index in wheat. Scientific Research and Essays. 5(16):2299-2303.
- López M. J. D; Díaz E. A; Martínez R. E; Valdez C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. Terra Latinoamericana 19 (4): 293-299.
- López M. L. M. 2016. Manual técnico del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola. INTA. 126 p.
- Luna M. R. A; Reyes P. J. J; López B. R. J; Reyes B. R; Murillo C. G; Samaniego A. C; Espinoza C. A; Ulloa M. C; Travéz T. R. 2015. Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Centro agrícola. 42 (4): 67-74.
- Luna G. M. L., Delgado A. A. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria 18(1): 51-66.

- Llanderal, A. 2014. Concentración de nutrientes en savia en cultivo de tomate bajo invernadero. IFAPA.
- Maldonado P. R., Ramírez V. P., González H. V. A. Castillo G. F., Sandoval V. M. Livera M. M., Cruz H. N. 2016. Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) nativos. Agroproductividad 9 (12): 68 – 75.
- Márquez H. C., Cano R. P., Chew M. Y. I., Moreno R. A., Rodríguez D. N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate Cherry bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura. 12 (2): 183 – 189.
- Markwalder-Benítez, S. D., L. Hernández-Hernández. 2008. Deficiencia de boro en tomate Saladette indeterminado bajo cubierta. Visión Politécnica 8: 16-29.
- Márquez, Q. C., López, E. S. T., Sánchez, C. E., García, B. M.L., De la Cruz, L. E. y Reyes, C. J. L. 2014. Effect of vermicompost tea on yield and nitrate reductase enzyme activity in saladette tomato. Journal of Soil Science and plant Nutrition. 14 (1): 223 – 231.
- Muñoz, J.J. (2003). El cultivo de tomate en invernadero. En: J. J. Muñoz y J. Castellanos (eds.). Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México, pp. 226-262.
- Notario M. C. M. y Sosa M. M. E. 2012. El jitomate (*Solanum lycopersicum*: aporte nutrimental, enfermedades postcosecha y tecnologías para su almacenamiento en fresco. Temas Selectos de Ingeniería de alimentos 6 (1): 40 – 53.
- Nuño M. R. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California. Fundación Produce. P (34).
- Novoa, S. A. R y Villagrán, A. N. 2000. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Instituto de investigaciones científicas.1 -10.

- Ochoa M. E., Figueroa V. U., Cano R. P., Preciado R. P., Moreno R. A., Rodríguez D. N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15 (3): 245 – 250.
- Peralta, E. I. y Spooner, M. D. (2005). New Species of Wild tomatoes (*Solanum lycopersicum*: Solanaceae) from northern Peru syst. Bot. 343 pp.
- Piekielek, W. P., Fox, R. H., Toth, J. D. & Macneal, K. E. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87:403–408.
- Pino, P., Callejas, R., Razeto, B. y Reginato, G. 2012. Análisis químico del extracto peciolar para evaluar el estado nutricional en la vid. Pesq. Agropec. Bras. 47 (1): 111 – 117.
- Preciado R. P., Fortis H. M; García H. J. L., Rueda P. E. O., Esparza R. J. R., Lara H. A., Segura C. M. A. Orozco V. J. A. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. Interciencia. 36 (9): 689 – 693.
- Reyes, S. I., Villegas, M. A., Colinas, L. M. T., Calderón, Z. G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. Agrociencia 34 (1): 49 – 55.
- Ribeiro, C. A., Leoschua, K., De Padua, S. A., Martínez, U. R. A. 2015. Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. IDESIA, 33 (2): 97 – 105.
- Rick C. M. 1988. Tomato-like nightshades: affinities, auto-ecology, and breeders opportunities. Economic Botany. 42
- Román, P., Martínez M. M y Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. FAO: 112 p.
- Rodríguez, M. Ma. N., Alcántar, G. A., Aguilar S. A., Etchevers B. J. D., Santizo R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16 (2): 135-141.

- Ruelas, L. G., Sánchez, G. P., Alcántar, G. G., Valenzuela, U. J. G., Gavi, R. F. y Martínez, G. A. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolo y frutos de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (2): 145 -150.
- Sánchez-del Castillo, F., E. C. Moreno-Pérez y E. L. Cruz-Arellanes. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15(1): 67-73.
- San Juan, L. F., Ramírez, V. P., Sánchez, G. P., Livera, M. M., Sandoval, V. M., Carrillo, R. J., Perales, S. C. 2014. Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 37 (2): 159 – 164.
- Sory-Toure, A., R. Nieto-Ángel, J. E. Rodríguez-Pérez, A. F. Barrientos-Priego, L. A. Ibáñez-Castillo, E. Romanchik K y C. A. Núñez-Colín. 2010. Variación anatómica del xilema en tallo de cultivares de tomate injertados en un tipo criollo. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16(1): 67-76.
- Torres, N. A., Campostrini, E., Goncalves, O. J., Bressan, S. R. E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD – 502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulture* 104: 199 – 209.
- Torres, N. A., Campostrini, E., Oliveira, J. G., kiyoshi, Y. O. 2002. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. *Braz. J. Plant Physiol.* 14 (3): 203 - 210.
- Trinidad, S. A. 2015. Abonos orgánicos. Ficha técnica No 6. Sistema de Agronegocios Agrícolas. Colegio de Postgraduados. 8p.

- Trinidad, S. A. 2015. Utilización de estiércoles. Ficha técnica No 7. Sistemas de Agronegocios Agrícolas. Colegio de Postgraduados. 8 p.
- Vázquez V. P., García L. M. Z., Navarro C. M. C., García H. D. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios. 36: 1351 – 1356.
- Vázquez H. G., Barrios D. B., Barrios D. J. M. Cruz R. W y Berdeja A. R. 2014. Rentabilidad de la producción de jitomate silvestre orgánico (*Solanum lycopersicum* L.) en cubiertas plásticas de bajo costo. Revista Mexicana de Agronegocios 34: 773-783.
- Velasco, H. E., Miranda, V. I., R. Nieto, Á. H., Villegas, R. 2004. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. Revista Chapingo. Serie Horticultura 10(2): 239-246.
- Velasco H., E. 2011. Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. bba. Chapingo, Méx.
- Wood, C. W.; Reeves, D. W y Himelrick, D. G. 1993. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: A review. Proceedings Agronomy Society of N. Z. 23. Economic Botany 42:145–154.