



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN TOMATE
(*Solanum lycopersicum* L.) EN INVERNADERO BAJO
DIFERENTES FUENTES NUTRICIONALES**

Por:

ANA MARÍA ARTEAGA RESÉNDIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,

Mayo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARÍA AGRÍCOLA

Evaluación del rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

bajo diferentes fuentes nutricionales en un cultivo en invernadero

Por:

Ana María Arteaga Reséndiz

TESIS

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

M. C. Elizabeth De la Peña Casas
Asesor Principal

Dra. Rosalía V. Ocampo Velázquez
Co – Directora Externa

MC. Tomás Gaytán Muñiz
Coasesor

Dr. Martín Cadena Zapata
Coasesor

Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de
Ingeniería



AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar a este momento, por haberme guiado por el buen camino y no abandonarme en los momentos más difíciles de mi carrera, apoyado por mi familia y por todos esos grandes amigos que me dio.

Expreso mi más sincero agradecimiento a los maestros y personal que me apoyaron en la elaboración de este trabajo de tesis.

Un agradecimiento especial a la Dra. Rosalía Ocampo que ha creído en mí como una profesional y siempre ha estado ahí para brindarme su ayuda y conocimiento.

A dos instituciones educativas la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la Universidad Autónoma de Querétaro que me abrieron sus puertas

¡GRACIAS!

DEDICATORIAS

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y mamá (Pedro Arteaga y Ma. Guadalupe Reséndiz)

A mis hermanas Paty y Ceci, que de una u otra forma son la razón por la cual me veo en este punto de mi vida, a puertas del título profesional.

A mi hermano Ernesto (†), que siempre me estuviste alentando en este camino, para ti con todo mi cariño.

A mis amigas Lucero (†), Diana, Charo, Bety y Ana, gracias por su infinita paciencia y brindarme su amistad.

A mis amigos Ksas, Cruz, que me escucharon y dieron palabras que cambiaron el rumbo de mi carrera universitaria, ¡gracias!

Finalmente pero no menos importante a mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

A todos con mucho cariño.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XI
I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 <i>Objetivos</i>	2
1.2 <i>Hipótesis</i>	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	2
2.1 <i>Generalidades del tomate (Solanum lycopersicum L.)</i>	2
2.1.1 <i>Origen</i>	2
2.2 <i>Clasificación Taxonómica del tomate</i>	2
2.3 <i>Caracterización Botánica del tomate</i>	3
2.3.1 <i>Semilla</i>	3
2.3.2 <i>Raíz</i>	3
2.3.3 <i>Tallo</i>	4
2.3.4 <i>Hojas</i>	4
2.3.5 <i>Flores</i>	4
2.3.6 <i>Fruto</i>	4
2.4 <i>Producción de tomate en México</i>	5
2.5 <i>Nutrientes en las plantas</i>	6
2.5.1 <i>Nitrógeno (N)</i>	7
2.5.2 <i>Fosforo (P)</i>	8
2.5.3 <i>Potasio (K)</i>	10
2.5.4 <i>Calcio (Ca)</i>	11
2.5.5 <i>Magnesio (Mg)</i>	12
2.5.6 <i>Hierro (Fe)</i>	13
2.5.7 <i>Zinc (Zn)</i>	14

2.5.8 Cobre (Cu).	15
2.5.9 Manganeseo (Mn).	16
2.5.10 Molibdeno (Mo).	17
2.6 Nutrición mineral de las plantas.	20
2.6.1 Solución Nutritiva.	20
2.6.2 pH de la solución nutritiva.	21
2.6.3 Conductividad Eléctrica (CE).	21
2.7 Métodos de monitoreo de la nutrición del cultivo de tomate.	22
2.7.1 Análisis del extracto celular de peciolo (ECP).	22
2.7.2 Solución del suelo.	24
2.7.2.1 Extracción de la solución del suelo.	24
2.7.2.2 Análisis de solución del suelo.	25
2.8 Generalidades de la agricultura orgánica.	28
2.8.1 Qué es la Agricultura Orgánica.	29
2.9 Agricultura Orgánica en México.	31
2.10 Nutrición Orgánica de las plantas.	33
2.10.1 Fertilizante desechos de hormiga arriera.	35
2.10.2 Lixiviado de lombriz.	36
2.10.3 Fermentos.	36
2.10.4 Bokashi.	37
2.11 Invernaderos.	38
2.11.1 Ventajas de producir en invernadero.	39
2.11.2 Desventajas de los invernaderos.	40
2.12 Antecedentes de la producción de tomate orgánico en invernadero.	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	42
3.1 Ubicación del Experimento.	42
3.2 Descripción del sitio.	42
3.3 Siembra.	43
3.4 Preparación de las camas de trasplante.	44

3.5 <i>Diseño Experimental</i>	45
3.6 <i>Trasplante</i>	46
3.7 <i>Solución Nutritiva</i>	47
3.8 <i>Fertilizantes Orgánicos Utilizados</i>	48
3.8.1 <i>Bokashi</i>	48
3.8.2 <i>Humus de hormiga</i>	49
3.8.3 <i>Lixiviado de lombriz</i>	50
3.8.4 <i>Orgánico fermento de excremento de ganado vacuno (Biol)</i>	50
3.8.5 <i>Orgánico Comercial Biofertilizante (Vermiliq)</i>	51
3.8.6 <i>Aplicación de los fertilizantes orgánicos locales</i>	52
3.9 <i>Muestreo de la solución del suelo</i>	52
3.9.1 <i>Colocación de los chupatubos y extracción de la muestra</i>	54
3.10 <i>Muestreo del extracto celular de peciolo</i>	55
3.11 <i>Manejo del cultivo</i>	55
3.11.1 <i>Poda</i>	56
3.11.2 <i>Entutorado</i>	57
3.11.3 <i>Raleo de frutos</i>	57
3.11.4 <i>Polinización</i>	57
3.11.5 <i>Riego</i>	58
3.11.6 <i>Control de plagas y enfermedades</i>	59
3.11.7 <i>Cosecha</i>	60
3.12 <i>Medición de las variables en estudio</i>	59
3.12.1 <i>Nutrientes en suelo</i>	60
3.12.2 <i>Nutrientes en planta a partir de la muestra extraída del extracto celular de peciolo</i>	62
3.12.3 <i>Rendimiento</i>	62
3.12.4 <i>Calidad del fruto</i>	62
IV. RESULTADOS.....	64

4.1 Analisis químicos.....	62
4.1.1 Solución del suelo.....	63
4.1.1.1 Nitrógeno en su forma NO_3^-	65
4.1.1.2 Calcio (Ca).....	68
4.1.1.3 Fosforo (P).....	71
4.1.1.4 Potasio (K).....	73
4.1.1.5 Magnesio (Mg).....	75
4.1.1.6 Sulfato (SO_4^{2-}).....	77
4.1.2 Extracto celular de peciolo (ecp).....	80
4.1.2.1 Concentración de Nitratos (NO_3^-).....	80
4.1.2.2 Concentración de Sodio (Na^+).....	81
4.1.2.3 Concentración de Potasio (K).....	83
4.3 Manejo del cultivo.....	84
4.3.1 Manejo fitosanitario.....	84
4.4 Rendimiento.....	85
4.4.1 Rendimiento total por tratamiento.....	85
4.4.2 Rendimiento por planta.....	87
4.4.3 Rendimiento por m^2	88
4.5 Calidad del fruto en cuanto a su peso.....	89
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.....	101
<i>Bitácora de aplicaciones de sanidad</i>	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes morfológicas del tomate.	5
Figura 2. Deficiencia de nitrógeno En la planta de tomate.....	8
Figura 3. Deficiencia de fósforo en la planta de tomate	9
Figura 4. Deficiencia de potasio en plantas de tomate	11
Figura 5. Deficiencia de calcio en el fruto, pudrición apical.....	12
Figura 6. Manifestaciones de deficiencia de magnesio en plantas de tomate.....	13
Figura 7. Deficiencia de hierro en plantas de tomate.....	14
Figura 8. Deficiencia de zinc en hojas de tomate.	15
Figura 9. Deficiencia de cobre en hojas de tomate	16
Figura 10. Deficiencia de manganeso en plantas de tomate	17
Figura 11. Deficiencia de molibdato en plantas de tomate.....	18
Figura 12. Ubicación del Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Querétaro.	41
Figura 13. Invernadero experimental de 432 m ² , ubicado en el Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.	42
Figura 14. Plantulas de tomate de la variedad Cedral	43
Figura 15. Trabajos manuales en la preparación de las camas de trasplante.....	44
Figura 16. Distribución de los tratamientos en el invernadero.	45
Figura 17. Trasplante de plántulas de tomate al invernadero.	46
Figura 18. Preparación de las soluciones nutritivas.....	48
Figura 19. Pila de la composta tipo bokashi	49
Figura 20. A) Hormiga, B) Desechos de hormiga arriera recolectados	49
Figura 21. A) Sistema óptimo para la elaboración de biofertilizante, B) biofertilizante listo para ser aplicado.....	50
Figura 22. Fertilizantes orgánicos marca Vermiliq	52
Figura 23. Fertilizantes locales aplicados.	53
Figura 24. A) chupatubo B) bomba de vacío, C) profundidad del chupatubo, D) agua succionada por el chupatubo.....	54
Figura 25. Equipo utilizado para el muestreo de estrato celular de peciolo.	55
Figura 26. A) poda de hoja B) brote axial	56
Figura 27. Polinización por medio de abejorros.....	57
Figura 28. Contenedores y líneas de riego.	58
Figura 29. Aplicación de insecticidas.....	59

Figura 30. Espectrofotometro	60
Figura 31. Fruto en planta y pesado del fruto.	6464
Figura 32. Concentraciones de NO ₃ en la solución del suelo.....	65
Figura 33. Concentración promedio de Calcio en la solución del suelo.	68
Figura 34. Tendencia del Fosforo en la solución del suelo	70
Figura 35. Concentración promedio de K en la solución del suelo.....	72
Figura 36. Tendencia del Mg en la solución del suelo.	74
Figura 37. Tendencia de las concentraciones de SO ₄ ⁻² en la solución del suelo.....	76
Figura 38. Tendencia de las concentraciones de NO ₃ en el extracto celular de peciolo...	78
Figura 39. Tendencia de las concentraciones de Na ⁺ en el extracto celular de peciolo ...	80
Figura 40. Concentraciones de K en el extracto celular de peciolo.....	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Requerimientos nutricionales de tomate por etapa fonológica (ppm), (Sistema Producto Nacional Tomate Rojo, 2010).....	18
Cuadro 2.2. Requerimientos nutricionales para un rendimiento de 30 kg/m ² y dosis de fertilización sugerida para dos etapas de desarrollo (Castellanos, 2009).....	19
Cuadro 2.3. Concentración de elementos nutritivos por planta (Zaidan et al., 1997).....	19
Cuadro 2.4. Distribución del fertilizante en diferentes etapas en el cultivo de tomate bajo invernadero (Garza et al., 2008).....	19
Cuadro 2.5. Niveles de referencia recomendados en extracto celular de peciolo en el cultivo de tomate en invernadero (Castellanos, 2004).....	24
Cuadro 2.6. Soluciones de nutrientes propuestos por algunos autores, expresada en mmol/L Y dS/m.....	27
Cuadro 2.7. Valores promedio y desviación estándar de la solución del suelo en los años 95/96 y 96/97, expresados en mmol/l y dS/m (CE) (Lao MT et al., 1997).....	27
Cuadro 2.8. Valores de referencia sugeridos para la interpretación del análisis de extracto de pasta para suelos que están bajo explotación en invernadero (Castellanos 2009).....	27
Cuadro 2.9. Importancia económica de la agricultura orgánica en México (Gómez et al., 2006).....	33
Cuadro 2.10. Aportes de los diferentes fertilizantes producidos y recolectados en el campus Amazcala.....	38
Cuadro 3.1. Tratamientos a implementar en un cultivo de tomate bajo invernadero.....	45
Cuadro 3.2. Cantidades para preparar 1000 L de solución nutritiva química.....	47
Cuadro 3.3. Cantidades para preparar 1000 L de solución nutritiva orgánica.....	47
Cuadro 3.4. Contenidos, ficha técnica Vermiliq.....	52
Cuadro 3.5. Cantidades aplicadas de los diferentes fertilizantes orgánicos producidos en el Campus.....	53
Cuadro 3.6. Métodos usados por el espectrofotómetro Hanna HI 83225.....	61
Cuadro 3.7. Sagarpa, Bancomex, Secretaría de Economía (2005) PC-020-2005 pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en tomate bola.....	63
Cuadro 4.1. Concentración de NO ₃ ⁻ en la solución del suelo.....	65
Cuadro 4.2. Concentración de Ca ⁺⁺ en la solución del suelo.....	68
Cuadro 4.3. Niveles de P en la solución nutritiva (SN) y solución del suelo (SS).....	71
Cuadro 4.4. Niveles de K en la solución del suelo.....	72

Cuadro 4.5. Niveles de Mg en la solución del suelo.....	74
Cuadro 4.6. Niveles de SO ₄ -2 en la solución del suelo.....	76
Cuadro 4.7. Niveles de Na en el extracto celular de peciolo.....	
Cuadro 4.8. Producción neta de tomate durante la etapa de evaluación por tratamiento.....	84
Cuadro 4.9. Rendimiento por planta del cultivo de tomate bola variedad Cedral.....	86
Cuadro 4.10. Rendimiento por m ²	87
Cuadro 4.11. Resultados de los pesos promedio por tratamiento.....	88
Cuadro 4.12. Calidad del fruto obtenida durante el ciclo del experimento.....	88
Cuadro 4.13. Costos de los fertilizantes usados durante el periodo del experimento.....	90

**PALABRAS CLAVE: TOMATE, FUENTES NUTRICIONALES, FERTILIZACION ORGANICA,
RENDIMIENTO.**

CORREO ELECTRONICO; ANA MARIA ARTEAGA RESENDIZ, anamar_843@hotmail.com

RESUMEN

El tomate es una hortaliza que ocupa el segundo lugar en producción en México y es el principal producto de exportación. Es la principal hortaliza que se produce bajo condiciones de invernadero, en el año 2013 ocupó una superficie de 6,909.25 ha. Por lo anterior, y en la búsqueda de nuevas formas de producción más amigables con el ambiente, se planteó como objetivo evaluar la producción de tomate (var. Cedral) bajo condiciones de invernadero utilizando diferentes fuentes de fertilización orgánica e inorgánica. El experimento se estableció en un invernadero de 432 m² ubicado en el Campus Amazcala, Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se evaluaron dos variables: 1) tipo de fertilizante (fermento líquido de estiércol vacuno, lixiviado de lombriz, bokashi, fertilizantes líquidos orgánicos comerciales y fertilizante químico en solución nutritiva Steiner 100%) y 2) la conductividad eléctrica (2, 2.5, 3 y 4 dS/m²). Se tuvo un total de 15 tratamientos con cinco repeticiones y un tamaño de muestra de 6 plantas. Se registró el peso de cada tomate, por racimo, planta y por tratamiento, los datos se analizaron estadísticamente con el análisis de varianza. El tratamiento con solución nutritiva Steiner 100% con conductividad eléctrica de 2 dS/m presentó mejores rendimientos con 184.010 kg promedio durante el desarrollo del experimento lo que nos dio un promedio por planta de 6.13 kg, mientras que el T2 con nutrición orgánica y conductividad eléctrica de 2.5 dS/m se obtuvieron 173.45 kg, lo que equivale a 5.78 kg por planta. Los niveles del contenido nutrimental en la solución del suelo fueron en el fósforo en su forma P₂O₅ el menor contenido de este elemento lo presentó el T6 (FH-2) con valores de 1 -13 ppm, potasio de 10 ppm en el T2 de nutrición orgánica y 200 ppm los tratamientos 11 y 12 de nutrición química, calcio el T10 (FQS-2.5) presentó los valores máximos y mínimos encontrados 0-400 ppm, magnesio el T10 150 y el T15 valores de 0-10 ppm, mientras que en sulfatos estuvo entre 0-100 el cero lo registró el tratamiento cinco

y el valor máximo de 100 T1, T2, T4 y el T10 y en nitratos los valores encontrados fueron 72-2800 ppm ambos en tratamientos orgánicos T8 y T2 respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su gran demanda y su alto potencial de rendimiento hacen que esta hortaliza sea una de las más producidas en los invernaderos de todo el mundo. En el 2011, México ocupó el décimo lugar en producción con 2'800,115 toneladas (FAOSTAT, 2013). Su importancia reside en la gran mano de obra que requiere este cultivo y los ingresos que genera.

La producción bajo invernadero se ha incrementado en los últimos 15 años en un 44% en nuestro país. Esta tecnología confiere ventajas al productor ya que puede obtener un incremento de hasta cinco veces la producción con relación a campo abierto. Además, el consumo de agua se reduce en un 77% es decir para producir un kilo de tomate en campo abierto se utilizan 89 litros por kilo producido mientras que en hidroponía 20 L (SAGARPA, 2012).

En general, el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura preocupa a los consumidores a nivel mundial debido al alto grado de contaminantes que los alimentos pueden contener. Aunado a lo anterior, los problemas ambientales que éstos generan en los suelos y el agua. Para reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y en la inocuidad de los alimentos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánica-mineral que supriman o reduzcan su uso.

Los abonos orgánicos de origen animal o vegetal son buenas opciones para complementar la nutrición de los cultivos y así reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los costos de producción, utilizados en la agricultura orgánica (Planes *et al.*, 2004; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue evaluar diferentes fuentes de fertilización orgánica y química sobre el rendimiento en un cultivo del tomate bajo condiciones de invernadero.

1.1 Objetivos.

Evaluar diferentes fuentes de fertilización orgánica e inorgánica sobre el rendimiento del tomate bajo condiciones de invernadero.

Determinar el contenido nutrimental en suelo y planta en cada tratamiento.

1.2 Hipótesis.

Los tratamientos con fertilización química y con una conductividad eléctrica de 4, tendrán mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo para ser asimilados por la planta lo que permitirá alcanzar el mayor rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Generalidades del tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

2.1.1 Origen.

El tomate es una planta originaria de Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI, al principio, se cultivaba solo como planta de adorno y a partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. El tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Existen notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores (Von Haeff, 1983). Actualmente el tomate se cultiva en casi la totalidad de países en el mundo (Rick, 1978).

2.2 Clasificación Taxonómica del tomate.

De acuerdo con la página del El Servicio Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2013).

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliopsida
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum L.
Especie	Solanum lycopersicum L.
Variedad	<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. <i>cerasiforme</i> (Dunal) Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen

2.3 Caracterización Botánica del tomate.

De acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO, 2009), la descripción botánica del tomate es:

2.3.1 Semilla.

Es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta de la semilla. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocotíleo y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable (Figura 1a).

2.3.2 Raíz.

El sistema radicular del tomate consta de una raíz principal y gran cantidad de ramificaciones secundarias. En los primeros 30 cm, de la capa de suelo se

concentra el 70% de su masa. Sus funciones son la absorción y transporte de agua y nutrientes, así como la sujeción y anclaje de la planta al suelo (Figura 1b).

2.3.3 Tallo.

Es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos, por ello es importante vigilar su vigor y sanidad, el diámetro de la base puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser de crecimiento determinado o indeterminado. El tallo está cubierto por vellosidades que salen de la epidermis, mismas que expiden un aceite oloroso que al desprenderlo sirve de protección al tallo (Figura 1c).

2.3.4 Hojas.

Las hojas tienen un eje central o peciolo y de este salen pequeñas hojas llamadas folíolos. Las hojas son las responsables de la fotosíntesis, una hoja típica de tomate alcanza hasta 50 cm de largo. En las hojas se encuentran los estomas, estructuras por donde se realiza el intercambio gaseoso, transpiración y asimilación de CO₂, (Figura 1d).

2.3.5 Flores.

El cáliz de 5 sépalos angostamente triangulares, puntiagudos; la corola amarilla, en forma de estrella de 5 puntas (raramente más, hasta 9 principalmente en plantas cultivadas); estambres 5 (raramente más, hasta 9 principalmente en plantas cultivadas), las anteras con sus ápices delgados están unidas entre sí rodeando al estilo, (CONABIO, 2009), (Figura 1e).

2.3.6 Fruto.

La forma, el tamaño y el peso de los frutos dependen de la variedad y del manejo. El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto

maduro es de siete a nueve semanas, en función del cultivar, la posición del racimo y las condiciones ambientales (Figura 1f).

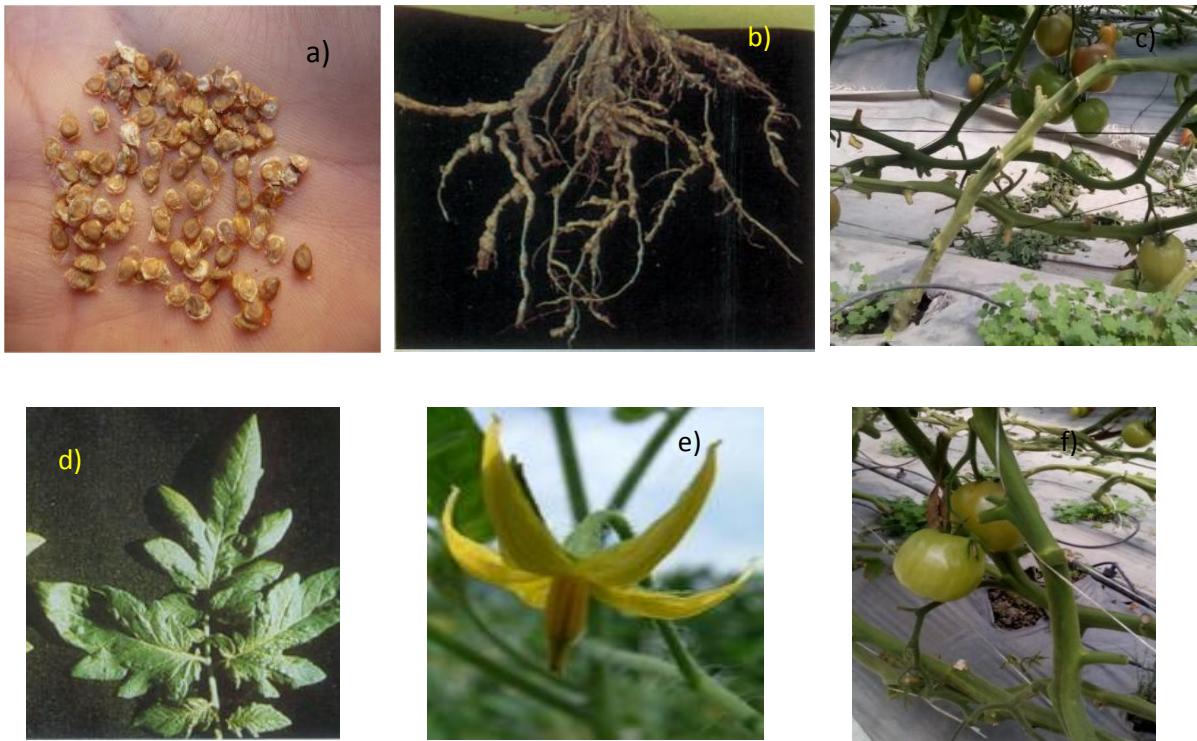


Figura 1. Partes morfológicas de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). a) Semilla, b) raíz (The American Phytopathological Society, 2001), c) tallo, d) hojas (The American Phytopathological Society, 2001), e) flor, f) fruto, (Invernadero le-432, UAQ).

2.4 Producción de tomate en México.

El tomate por su gran demanda y su alto potencial de rendimiento hacen que esta hortaliza sea una de las más producidas en los invernaderos de todo el mundo. En el 2011, México ocupó el décimo lugar en producción con 2'800,115 toneladas (FAOSTAT, 2013). Su importancia reside en la gran mano de obra que requiere este cultivo y los ingresos que genera.

La producción bajo invernadero se ha incrementado en los últimos 15 años en un 44% en nuestro país. Esta tecnología confiere ventajas al productor ya que puede obtener un incremento de hasta 5 veces la producción con relación a

campo abierto; además el consumo de agua se reduce en un 77% es decir para producir un kilo de tomate en campo abierto se utilizan 89 litros por kilo producido mientras que en hidroponía 20 l (SAGARPA, 2012).

El tomate es un cultivo muy importante para México, pues representa su principal producto de exportación; basta mencionar que este cultivo supera en exportaciones al aguacate, cítricos, mangos y plátanos donde México es líder en producción.

En 2011, se exportaron 1'493,316 toneladas, de las cuales el 99.2% fueron a parar a los mercados de Estados Unidos y el resto a Canadá y Japón (FAOSTAT, 2013). Según las estadísticas del SIAP (Sistema de Información Agropecuaria), durante el año agrícola 2012, el promedio de superficie sembrada fue de 55,888.04 ha, mientras que la cosechada fue 55,237.38 ha, y el rendimiento obtenido fue de 51.39 toneladas por hectárea.

La lista de los principales estados productores es encabezada por Sinaloa, que en 2012 tuvo una producción de 1'039,367.64 toneladas, equivalentes al 36.67% de la producción nacional. Baja California ocupa el segundo lugar, con una producción en 2012 de 189,635.96 toneladas. Le sigue Michoacán con 171,038.52 toneladas en el mismo año (SIAP, 2013).

2.5 Nutrientes en las plantas.

Los elementos que forman parte de la composición de nuestro planeta son poco más de 100, pero solo algunos, en virtud de sus características constituyen la materia viva participando a la formación de las complejas moléculas biológicas y en su funcionamiento. Los nutrientes minerales tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta. Excluyendo el hidrógeno, el oxígeno y el carbono que son aportados por la planta, por el agua y el dióxido de carbono, los elementos de fertilidad se definen de acuerdo a que tan grande sea la cantidad requerida para el crecimiento en: elementos principales : nitrógeno (N), fósforo (P),

potasio (K); en elementos secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); microelementos: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (Bo), molibdeno (Mo) y cobre (Cu) (Piaggese, 2004).

Cada planta posee su mínimo, óptimo y máximo de tolerancia para cada uno de los citados elementos: por ello su disponibilidad puede ser anormal por defecto (deficiencia o carencia nutricional), o por exceso, verificándose en tal caso fenómenos de fitotoxicidad (intoxicación), (Piaggese, 2004).

2.5.1 Nitrógeno (N).

Es absorbido por los vegetales tanto en forma de nitrato (NO_3^-) como de amonio (NH_4^+). El amonio es absorbido y utilizado fundamentalmente por las plantas jóvenes, mientras que el nitrato es la principal fuente utilizada durante el periodo de crecimiento. El N ejerce numerosas funciones en la planta debido a que interviene en procesos como formación de aminoácido, síntesis de proteínas, en procesos de ácidos nucleicos, amidas, aminas y varias coenzimas. Debido a que el nitrógeno forma parte de la molécula de clorofila, una deficiencia del mismo origina un color amarillento en las hojas (clorosis), debido a la falta de clorofila. El nitrógeno es también un constituyente de las paredes celulares (Urrestarazu, 2004).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

La deficiencia del nitrógeno, en el cultivo del tomate, produce retardo en el crecimiento vegetativo, las hojas adquieren tonalidades que van desde el verde pálido hasta el amarillo, los folíolos se tornan pequeños con tonalidades purpuras (Siviero, 1996). La vegetación deficiente de nitrógeno viene acompañada de una maduración acelerada del fruto y de una disminución del rendimiento (Figura 2).

Cantidades excesivas de N originan plantas muy suculentas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces y con un amplio desarrollo vegetal aéreo.

Matamoros (1990) y Subbiah (1994), establecieron que el exceso de nitrógeno provoca una serie de inconvenientes como: vegetación excesiva, retraso y prolongación de la floración, escaso cuajado de frutos, frutos blandos con pobre coloración, frágiles y con menos riqueza de azúcares. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa. El crecimiento vigoroso que resulta de aplicar con exceso el nitrógeno, provoca también la rápida utilización de otros elementos, que si no se encuentran en cantidades suficientes en forma asimilable, pueden ocasionar deficiencias.

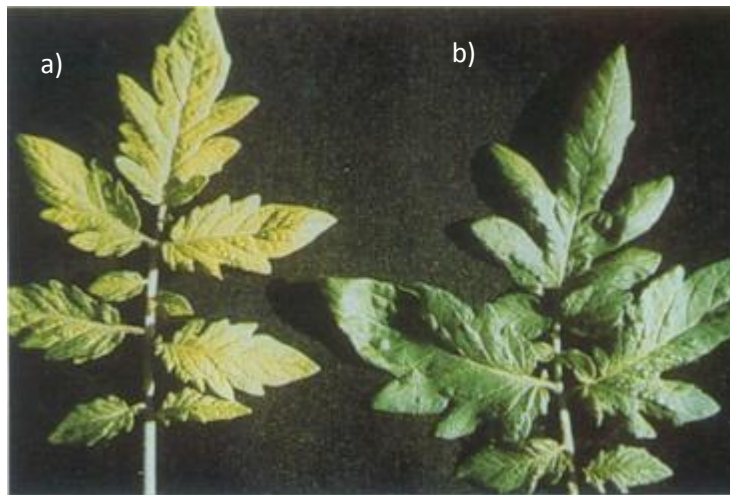


Figura 2. Deficiencia de nitrógeno, a) deficiente contenido de N y b) óptimo contenido de nitrógeno (The American Phytopathological Society, 2001).

2.5.2 Fosforo (P).

El fosforo se encuentra en todos los tejidos de la planta en una concentración variable, según la parte del aparato vegetativo que se considere, el P es esencial en la formación de enzimas y proteínas (Rodríguez *et al.*, 2002).

El P existente en el suelo en igual cantidad en promedio en forma orgánica e inorgánica. H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} son las dos formas de aniones del fósforo que dependen del pH del suelo.

➤ **Alteraciones por deficiencia y exceso**

Los síntomas generales de la falta de fósforo están ligados a un desarrollo anormalmente débil del vegetal, tanto en su parte aérea como en el sistema radicular. Las características más específicas cuando existe deficiencia aparecen en las hojas que se hacen más delgadas, erectas, de menor tamaño que las normales y con las nervaduras poco pronunciadas, las hojas viejas son las primeras que muestran los síntomas (Urrestarazu, 2004), (Figura 3).

Wilcox (1996), asocia la insuficiencia de fósforo con la maduración tardía, el retardo de la floración y la caída de las flores y frutos. El síntoma más común que aparece en las hojas viejas es un verde negruzco o azulado que puede estar acompañado con tintes bronceados o púrpuras. Alteraciones por exceso son frecuentes clorosis férricas por la insolubilización que sufre el hierro ante dichos excesos.



Figura 3. Deficiencia de fósforo en planta de tomate (The American Phytopathological Society, 2001).

2.5.3 Potasio (K).

La principal función del potasio se asocia con las relaciones hídricas y absorción de agua por la planta. Mantiene el potencial osmótico de las células. Es descrito como el elemento de la calidad, debido a que las frutas y vegetales que se producen con adecuados niveles de potasio presentan mayor calidad poscosecha y mayores niveles de azúcares (Alcantar, 2007).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

La falta de potasio origina un retraso general del crecimiento, que se hace sentir en los órganos de reserva: semillas, frutos. Los tallos son más delgados ya que todo el elemento es utilizado en el ápice vegetativo. Si el estado deficitario se agudiza, en las hojas se inicia un moteado de manchas cloróticas y prosigue por el desarrollo de amplias necrosis en la punta y en los bordes, en muchos casos las hojas tienden a curvarse hacia arriba (Urrestarazu, 2004), (Figura 4).

La absorción excesiva y su enriquecimiento hace disminuir la de otros elementos, por ello, el exceso origina comúnmente situaciones a deficiencias de magnesio, hierro y zinc (Urrestarazu, 2004).



Figura 4. Deficiencia de potasio en plantas de tomate a) The American Phytopathological Society, 2001, b) Epstein and Bloom 2004 en *Plant Physiology*, Fifth Edition by Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger 2010.

2.5.4 Calcio (Ca).

El calcio se presenta en la planta como pectano, componente de toda pared celular de las plantas. Su disponibilidad está asociada al pH de la solución nutritiva (5.5 -6.2 en el caso del tomate). Ante una caída severa del pH, el primer nutrimento que se afecta es el calcio (Urrestarazu, 2004).

➤ **Alteraciones por deficiencia y exceso.**

La deficiencia de calcio provoca clorosis y detiene el desarrollo radicular, originándose raíces cortas, gruesas y con una coloración parda. Una planta con suministro excesivo de Ca^{+2} se puede reflejar en un desbalance de cationes, tales como una deficiencia de Mg^{+} o de K^{+} (Castellanos, 2009) (Figura 5).



Figura 5. Deficiencia de calcio en el fruto, pudrición apical (Intagri, 2009) y como se manifiesta en la planta (Epstein and Bloom 2004 en *Plan Physiology by Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger 2010*).

2.5.5 Magnesio (Mg).

El magnesio es absorbido por la planta como Mg^{+2} es un constituyente metálico de excepción en la molécula de clorofila, pigmento este esencial para que las plantas verdes puedan llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis (Casas *et al.*, 1999).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

Las hojas viejas se tornan amarillas, con clorosis intervenal y cuyas nervaduras permanecen verdes por deficiencias, (Figura 6). El exceso de Mg^{+2} se refleja en un desbalance de cationes y por lo tanto en un déficit de K^{+} y Ca^{+2} (Castellanos, 2009).



Figura 6. Manifestaciones de deficiencia de magnesio en plantas de tomate, a) The American Phytopathological Society, (2001) y b) Cultivo de tomate en invernadero, Campus Amazcala, UAQ.

2.5.6 Hierro (Fe).

Este micronutriente es esencial en la síntesis de clorofila y participa en las reacciones de óxido-reducción (Piaggese, 2004).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso

La clorosis intervenal en las hojas más jóvenes es el síntoma característico de deficiencia. Cuando la severidad de la deficiencia se incrementa, la clorosis se difunde a las hojas más viejas, (Figura 7).

El Fe puede acumularse en varios cientos de ppm sin causar síntomas de toxicidad. La toxicidad produce un bronceado en las hojas con manchas color café delgadas; este síntoma es frecuente en el arroz (Rodríguez *et al.*, 2002).



Figura 7. Deficiencia de hierro en plantas de tomate (The American Phytopathological Society, 2001).

2.5.7 Zinc (Zn).

Este nutrimento es parte de la auxina, una de las hormonas mejor conocidas como reguladoras de crecimiento (Piaggese, 2004).

➤ **Alteraciones por deficiencia y exceso.**

La deficiencia por Zn se muestra como aparición de clorosis en las áreas intervenales de las hojas nuevas, en forma de bandas. Con el crecimiento de la severidad de la deficiencia, el crecimiento de la hoja y de la planta se ve afectado y las hojas mueren y caen de la planta (Figura 8). El exceso de Zn en las plantas particularmente sensibles al Fe se manifiesta en una clorosis.

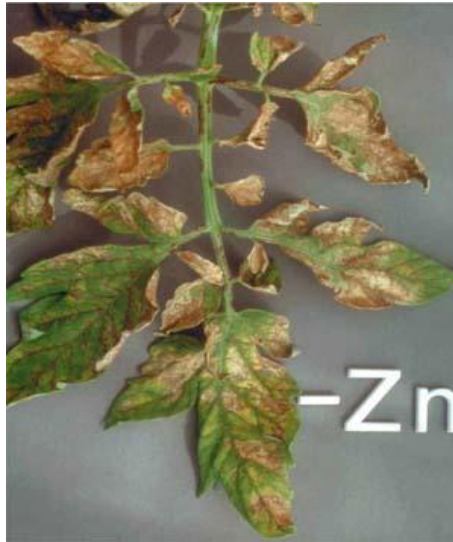


Figura 8. Deficiencia de zinc en hojas de tomate (Epstein and Bloom 2004 en Plant Physiology, Fifth Edition by *Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger 2010*).

2.5.8 Cobre (Cu).

Es un componente de algunas enzimas metabólicas. El Cu está implicado en la formación de la pared celular y como otros micronutrientes en el transporte electrónico y reacciones de oxidación (Urrestarazu, 2004). Una deficiencia de este elemento se refleja en un crecimiento muy lento mientras que un exceso puede provocar una deficiencia de Fe (Castellanos, 2009).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

Los síntomas por deficiencia del Cobre son un crecimiento reducido con hojas jóvenes distorsionadas y necrosis del meristemo apical. El exceso de Cu puede inducir la deficiencia de Fe y clorosis. El crecimiento radicular se suprimirá, lo que inhibirá la elongación y la formación de raíces laterales (Castellanos, 2009) (Figura 9).



Figura 9. Deficiencia de cobre en hojas de tomate (Epstein and Bloom 2004 en *Plant Physiology*, by Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger 2010).

2.5.9 Manganeso (Mn).

Este micronutriente es absorbido preferentemente por la planta como ion manganeso (Mn^{2+}). En este estado oxidativo forma complejos estables con moléculas biológicas. El manganeso como el hierro cataliza la formación de la clorofila y las reacciones de óxido-reducción en los tejidos (metabolismo de las auxinas) (Piaggese, 2004).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

La deficiencia de este elemento se refleja en una clorosis intervenal con las nervaduras prominentemente verdes en las hojas maduras medias, permaneciendo el resto de la planta con hojas verde oscuro. Un exceso se refleja en un reducido crecimiento y una necrosis a lo largo de la vena principal, rodeada de un amarillamiento (Castellanos, 2009) (Figura 10).



Figura 10. Deficiencia de manganeso en planta de tomate (Ic-2000, UAQ).

2.5.10 Molibdeno (Mo).

El contenido de Mo en la hoja usualmente <1 ppm en la materia seca, debido en parte al muy bajo nivel de molibdato en la solución del suelo. El Mo puede ser absorbido en cantidades más alta sin tener efecto toxico en las plantas. El intervalo normal varia de 0.34 a 1.5 ppm de molibdato. Favorece la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico. Además es un elemento esencial para la síntesis de la clorofila (Piaggese, 2004).

➤ Alteraciones por deficiencia y exceso.

La deficiencia de Mo induce síntomas de deficiencia de N. Las hojas más viejas y de la parte media se vuelven cloróticas primero y en algunos casos los márgenes de las hojas se enrollan y el crecimiento y la formación de flores es restringido.

La deficiencia se manifiesta por lo general bajo forma de clorosis en las hojas basales más viejas. Aquellas más jóvenes resultan pálidas y menos desarrolladas de lo normal (Figura 11). Se presenta una disminución del crecimiento de la planta y una reducción de la floración, el tomate es medianamente sensible (Piaggese, 2004).

Los altos contenidos de Mo en las plantas superiores no les causan problemas, pero estas son tóxicas para rumiantes que consumen plantas que contienen 5 o más ppm de Mo.



Figura 11. Deficiencia de molibdato (Epstein and Bloom 2004 en Plant Physiology, Fifth Edition by Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger 2010).

Se cuenta con diversas formulaciones de soluciones nutritivas para tomate entre las que podemos citar en el Cuadro 2.1 y 2.2.

Cuadro 2.1. Requerimientos nutricionales del tomate por etapa fenológica (ppm), (Sistema Producto Nacional Tomate Rojo, 2010).

Elemento	Crecimiento	Desarrollo	Floración	Fructificación
N	150	200	250	300
P	60	70	80	90
K	250	250	300	350
Ca	285	285	300	350
Mg	60	70	80	80
Fe	3	0	0	0
Mn	0.5	0	0	0
B	0.5	0	0	0
Cu	0.1	0	0	0
Zn	0.1	0	0	0

Cuadro 2.2. Requerimientos nutricionales para un rendimiento de 30 kg/m² y dosis de fertilización sugeridas para dos etapas de desarrollo (Castellanos, 2009)

Nutrimento	Consumo Neto		Fertilización kg/ha/día	
	Kg/t	Kg/ha	Crecimiento	Producción
N	2.1	630	1.5-3.5	3.5-4.5
P ₂ O ₅	0.7	210	0.8-1.2	1.0-1.5
K ₂ O	4.4	1320	2.5-5.0	6.0-7.0
Ca	2.3	690	1.5-3.5	3.0-4.0
Mg	0.4	120	0.4-0.8	0.7-0.9

También existen propuestas de nutrición considerando la etapa fenológica del cultivo, Cuadro 2.3 y 2.4 (Zaidan *et al.*, 1997 y Garza *et al.*, 2008).

Cuadro 2.3. Concentración de elementos nutritivos por planta (Zaidan *et al.*, 1997).

Estado de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100 - 120	40 - 50	150 - 160	100 - 120	40 - 50
Floración y cuajo	150 - 180	40 - 50	200 - 220	100 - 120	40 - 50
Inicio de maduración y cosecha	180 - 200	40 - 50	230 - 250	100 - 120	40 - 50

Cuadro 2.4. Distribución del fertilizante en diferentes etapas en el cultivo de tomate bajo invernadero (Garza *et al.*, 2008).

Etapa	ddt	N (kg/Ha)	P ₂ O ₅ (kg/Ha)	K ₂ O (kg/Ha)
Floración a cuaje de frutos	31 - 60	40	40	27
Cuaje a inicio de cosecha	60 - 120	50	40	46
Cosecha	120 ---	120	40	127

La producción comercial exitosa de tomate bajo invernadero requiere que el productor haga uso óptimo de los recursos disponibles. Uno de los recursos de

mayor importancia es el fertilizante, orgánico e inorgánico, que proveen los nutrimentos necesarios para un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate. Si faltan nutrimentos el rendimiento y calidad del producto serán pobres, en cambio con excesos el costo de producción se incrementa, pudiendo ocasionar toxicidad en la planta de tomate y también la posibilidad de una lixiviación de los nutrimentos provocando contaminación de los mantos acuíferos.

2.6 Nutrición mineral de las plantas.

2.6.1 Solución Nutritiva.

Una solución nutritiva es el conjunto de elementos nutrimentales requeridos por las plantas, disueltos en agua (Islas, 2008). En una solución nutritiva ocurren prácticamente todos los nutrimentos considerados esenciales para las plantas, de tal manera que el cultivo no tiene ninguna restricción desde el punto de vista de su nutrición.

La solución nutritiva contiene nutrimentos que se clasifican según su carga eléctrica, si el elemento o compuesto está cargado negativamente se le denomina anión y si está cargado positivamente se le denomina catión (Castellanos, 2009).

Una solución nutritiva para que tenga disponibles los nutrimentos que contiene no debe tener precipitados. Steiner (1961) definió la solución nutritiva verdadera como aquella fórmula que coincidía con el análisis químico de la misma y que sea homogénea en todas sus partes: además debe cumplir los siguientes requisitos: 1) una relación mutua de aniones, 2) una relación mutua de cationes, 3) una concentración iónica total y 4) pH, el cual debe de oscilar entre 5.5 y 6.2. finalmente sugirió que la solución nutritiva universal debía contener las proporciones de cationes y aniones que a continuación se especifican, NO_3^- (60%), H_2PO_4^- (5%), SO_4 (35%), Ca^{2+} (45%) K^+ (35%) Mg^{2+} (20%).

2.6.2 pH de la solución nutritiva

El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. El pH del sustrato o de la solución nutritiva afecta la disponibilidad de nutrientes, a veces de forma considerable. Los fosfatos se hacen menos solubles cuando el pH aumenta, esto particularmente en el rango de pH 6.0-7.0, cinco micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn) se hacen menos solubles con pH alto, mientras que el molibdeno (Mo) se hace menos disponible bajo pH 5.5 (Urrestarazu, 2004).

El crecimiento y desarrollo de las plantas se ven reducidos en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilación de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Por lo cual el pH de la solución nutritiva tiene un papel fundamental para el éxito de los cultivos, por lo que se deben extremar los cuidados para garantizar a los cultivos la perfecta absorción de los nutrientes controlando los niveles de pH (Urrestarazu, 2004).

2.6.3 Conductividad Eléctrica (CE).

Un factor importante a considerar en la solución nutritiva es el relativo a la concentración iónica total (Steiner, 1961), ya que esta determina el crecimiento, el desarrollo y la producción de la planta (Flores, 2011). La cantidad total de iones de las sales disueltas en la solución nutritiva ejerce una fuerza llamada presión osmótica (Favela *et al.*, 2006), la cual es una propiedad coligativa de las soluciones que depende de la cantidad de solutos disueltos (Londowme, 2006).

Una medida indirecta para determinar la presión osmótica es la conductividad eléctrica (CE) (Favela *et al.*, 2006) parámetro que se define como la capacidad de una disolución para transmitir la corriente eléctrica. La conducción de electricidad al aplicar un campo eléctrico se debe al movimiento de los iones en disolución, los cuales transfieren los electrones a la superficie de los electrodos para completar el paso de corriente (Hanna, 2011).

La medición de la CE se realiza a través de un potenciómetro, la unidad en que se mide la CE estimada a 25°C son los decisiemens por metro (dS/m) o milisiemens (mS/m). La CE mide concentraciones de cationes o aniones en solución, por lo que, cuanto mayor es la cantidad de aniones y cationes mayor es la lectura de la CE.

2.7 Métodos de monitoreo de la nutrición del cultivo de tomate.

El análisis vegetal es actualmente la herramienta integral para diagnosticar el estado nutrimental tanto de cultivos anuales como perenes (Dow y Roberts, 1982).

2.7.1 Análisis del extracto celular de peciolo (ECP).

El peciolo como órgano de diagnóstico es un ejemplo de las relaciones entre contenidos nutrimentales de la planta y sus comportamientos agronómicos.

El status de N-NO₃, P y K en extracto celular de peciolo resulta de gran utilidad, pues son los elementos nutritivos más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos, particularmente las hortalizas por lo que esta herramienta de diagnóstico viene a ser de gran utilidad, aun cuando se utilice solamente para diagnosticar 3 de los 14 elementos nutritivos minerales esenciales para la nutrición del cultivo (Marschner, 1996). La técnica de análisis de nitratos y potasio en extracto celular de peciolo mediante el uso de equipo portátil de electrodos específicos llamados Cardi's, ha sido estudiada ampliamente y corroborada mediante el uso de equipo científico de laboratorio (Rosen *et al.*, 1996).

En cuanto al muestreo se deberá tomar la hoja más recientemente madura, de arriba hacia abajo y a ésta se le eliminarán los folíolos, en el caso de tomate simple. La muestra de peciolos se lleva de inmediato a la prensa para obtener su

extracto o bien llevar al congelador para que se congele por unas horas y se facilite la extracción del jugo celular y se lea la concentración de estos elementos.

En cuanto a los valores de referencia en extracto celular de peciolo para tomate de invernadero la Universidad de Florida sugiere niveles de: N-NO₃ del orden de 1000 a 1200 mg/l y 4500 a 5000 mg/l de K, en las etapas iniciales que van del trasplante a los 45 días; niveles de 800 a 1000 mg/l de N-NO₃ y 4000 a 5000 mg/l de K para la etapa de engorde de frutos y de 700 - 900 mg/l de N-NO₃ y 3500 a 4000 mg/l de K durante toda la etapa de cosecha del tomate. Estos valores deben de tomarse con precaución, pues aún deben ser validados mediante investigación en México (Ramírez, 2007).

En base a muestreos realizados en invernaderos comerciales de Guanajuato en el cultivo de tomate, sugiere los siguientes niveles de N, P y K para extracto celular de peciolo (ECP) para las diferentes etapas de desarrollo, 15 a 30 días después del trasplante (ddt) 500 a 800 ppm de N-NO₃ y de 400 a 800 de los 45 ddt a la cosecha, mientras que para fosforo y potasio los niveles se mantienen constantes durante el ciclo del cultivo del orden de 200 a 400 ppm y 3000 a 4000 ppm respectivamente. Reitera que estos niveles son preliminares y que deberán ser corroborados mediante investigación formal en los próximos años (Ramírez, 2007).

Castellanos 2004 en Castellanos 2009, muestra los niveles sugeridos en el extracto celular de peciolo en un cultivo en invernadero en cuatro diferentes etapas, cuadro 2.5

Cuadro 2.5. Niveles de referencia recomendados en extracto celular de peciolo en el cultivo de tomate en invernadero (Castellanos, 2004).

Días después del trasplante (ddt)	N-NO₃	P ppm	K
25	600 – 1,100	180 – 400	3,000 – 4,000
50	600 – 1,100	180 – 400	3,000 – 4,000
75	600 – 1,000	180 – 400	3,000 – 4,000
Cosecha	600 – 800	180 – 400	3,500 – 5,000

2.7.2 Solución del suelo.

2.7.2.1 Extracción de la solución del suelo.

La solución del suelo puede ser extraída directamente, in situ, mediante tubos provistos de cápsulas porosas en un extremo, los cuales son enterrados a la profundidad deseada (10, 20, 30 cm), generalmente la zona de máximo crecimiento y/o abastecimiento de agua y nutrientes. En el caso de la fertirrigación la cápsula porosa es colocada en la zona del suelo humedecida por el gotero o microaspersor. La solución que penetra al interior del bulbo poroso, que es hueco, se extrae por succión. En esta solución se pueden analizar las concentraciones nutrimentales en el suelo y, a partir de estos valores, establecer relaciones entre ellos (Mendieta, 2011).

Los análisis de solución del suelo nos ayudan a conocer la interacción entre la disolución de nutrientes aplicada y el suelo o sustrato, verificando pH, C.E. y elementos minerales de interés en general. La proporción o equilibrio químico adecuado en la solución del suelo puede influir en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Mendieta, 2011).

La solución del suelo es el intermediario nutritivo entre el complejo absorbente del suelo y la planta, la composición de la solución del suelo es variable según el tipo de suelo, la riqueza en elementos nutritivos (fertilización), la estación y el grado de humedad del suelo. El contenido de elementos minerales en la solución del suelo es de particular interés, puesto que la planta absorbe dichos elementos de ahí, dependiendo esto en gran parte de su concentración (Mendieta, 2011).

2.7.2.2 Análisis de solución del suelo.

La extracción de la solución del suelo (ESS), permite caracterizar la composición iónica de la misma. Un método muy extendido consiste en tomar muestras del suelo y analizar el extracto de saturación del mismo. Este procedimiento altera la estructura del suelo y favorece los procesos fitopatológicos aunque cuenta con numerosas referencias técnicas y recomendaciones agronómicas (Mendieta, 2011).

La extracción mediante extractores de succión es un método no destructivo tanto para la estructura del suelo como para el sistema radicular de las plantas (Van der Ploeg y Beese, 1977), y permiten la obtención de muestras en condiciones de sub-saturación.

El uso de ESS no es un método reciente; Briggs y McCall (1904) fueron los primeros en proponer su uso para succionar el agua del suelo que realmente pudieran disponer las plantas. Ha sido utilizada en investigación para los estudios de salinidad del suelo (Aragüés, 1986). Algunos autores la han utilizado como herramienta para conocer la acidificación provocada por la deposición de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en suelos forestales (Novak *et al.*, 1995; Carnol *et al.*, 1997), o la acumulación de Al^{3+} en este mismo tipo de suelos (Matzner *et al.*, 1998). Ha sido utilizada como método para conocer el contenido hídrico del suelo (Wu *et al.*, 1995; Holland *et al.*, 2000), y el drenaje del agua y lixiviación de solutos según el método de riego (Jaynes *et al.*, 1993). En 1997 se estudió su eficacia para la determinar la interacción de pesticidas en el suelo (Perringanier *et al.*, 1997) así como su concentración a distintas profundidades (Weaver *et al.*, 1990; Lanwrence *et al.*, 1995). Ha sido empleada en la horticultura almeriense (Cadahía, 1998), y en la actualidad, el uso de los ESS en horticultura tienen una gran importancia dentro del campo de la nutrición como alternativa a otros métodos de extracción de la solución nutritiva (Lao *et al.*, 1996).

A partir de una calidad concreta de agua de riego aportamos los nutrientes necesarios para obtener una solución ideal, sin embargo, es preciso tener en

cuenta posibles interacciones con el suelo, que modifican la solución nutritiva inicial. Dada la composición de la cápsula se observaron incrementos en las concentraciones de calcio, potasio y sodio y fijación de fósforo a partir de la solución nutritiva original (Lao *et al*, 1996). González *et al.*, (1999) pusieron de manifiesto la influencia de la temperatura, CE y pH en las concentraciones de algunos iones obtenidos mediante la ESS. Respecto a las concentraciones obtenidas a partir del extracto de saturación, aparecían en mayor proporción los iones Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y en menor proporción Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y NH_4 . Aunque los ESS pueden utilizarse sin restricción para Cl^- y NO_3^- , se aconseja precaución para los demás iones.

Hartch y colaboradores (1997), estudiaron la correlación entre los contenidos iónicos, obtenidos en ESS y los obtenidos al analizar el extracto de saturación en suelos arcillosos. El contenido de nitratos fue de 11.3 mg/L en el extractor mientras que en extracto de saturación fue hasta diez veces inferior. Por otra parte, Ranger *et al.*, (2001), compararon las concentraciones y otros parámetros del suelo, obtenidos a partir de extracto de saturación del suelo y de la ESS, estableciendo que ambas técnicas son válidas aunque las medidas procedentes del ESS podían sufrir alguna modificación por las extracciones de la planta.

En el cuadro 2.6 se presentan los contenidos de la solución de nutrientes sugerida por algunos autores, en cuadro 2.7 los resultados obtenidos por Lao y colaboradores en la solución del suelo en dos diferentes ciclos de cultivo. También Castellanos (2009) hizo una clasificación de los diferentes nutrientes en el suelo de acuerdo a su concentración la categorización se encuentra en el cuadro 2.8.

Cuadro 2.6. Soluciones de nutrientes propuestos por algunos autores, expresada en mmol/L y dS/m

Autor (fecha)	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE	pH
Cadahia (1998)	16	2	2.5	(1)	9	5.5	1.5		
Martínez y García (1994)	12	1.5	2	0.5	7.5	3.5	1.25		5.5
Coi y Lisaint (1975)	12	3.3	1.5	2	5.2	6.2	1.5		
Sonneveld (1980)	10.5	1.5	2.7	0.5	7.5	3.7	1		
White (1992)	20.3	2.3	5		11.1	6.1	3.3	3.4	6
Escudero (1993)	10-18	1-1.5	1.5-2.5		7-9	4-6	1.5- 2.5	2-3.5	5-5.8
Cooper (1982)	14.3	1.9			8	4.2	2.2		

Cuadro 2.7. Valores promedio y desviación estándar de la solución del suelo en los años 95/96 y 96/97, expresados en mmol/l y dS/m (CE) (Lao MT *et al.*, 1997).

	Periodo 1		Periodo 2		Periodo 3		Periodo 4	
	Promedio	Desviación Estd	Promedio	Desviación Estd	Promedio	Desviación Estd	Promedio	Desviación Estd
pH	7.7 a	0.3	7.8 a	0.2	7.9 a	0.3	7.8	0.3
CE	3.3 a	0.9	2.9 b	0.7	2.7 b	0.8	2.9	0.8
NO ₃ ⁻	14 a	5.9	12.5 a	6.8	12.1 a	5.1	12.7	6.3
NH ₄ ⁺	1.4 a	1.2	0.5 b	0.5	0.4 b	0.3	0.74	0.6
H ₂ PO ₄ ⁻	0.2 a	0.2	0.2 a	0.2	0.2 a	0.1	0.2	0.2
K ⁺	6.2 a	2.7	5.7 a	3.0	6.6 a	3.0	6.0	2.9
Ca ²⁺	6.5 a	2.9	5.6 a	2.0	4.6 b	1.1	5.5	2.1
Mg ²⁺	5.6 a	2.0	4.2 b	1.5	3.1 c	1.3	4.2	1.7
Na ⁺	9.5 a	5.9	6.0 b	3.6	7.1 ab	4.5	6.9	4.5
Cl ⁻	8 a	6.1	7.3 a	6.1	7.2 a	5.6	7.3	5.9

Cuadro 2.8. Valores de referencia sugeridos para la interpretación del análisis de extracto de pasta para suelos que están bajo explotación en invernadero (Castellanos, 2004 en Castellanos 2009)

Determinación (me/L)	Muy bajo	Bajo	Mod. Bajo	Medio	Mod. Alto	Alto	Muy alto
Ca ⁺⁺	< 1.00	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-10.0	10.0-15	15-20	> 20.0
Mg ⁺⁺	< 1.00	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-8.0	8.0-10	> 10.0
Na ⁺	< 2.00	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-8.0	8.0-10	10.0-15	> 15.0
K ⁺	< 0.50	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	> 5.0
NO ₃ ⁻	< 2.00	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-8.0	8.0-12	12.0-14	> 14.0
SO ₄ ⁻²	< 1.00	1.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-10	10.0-15	> 15.0
K/Ca	< 0.10	0.1-0.15	0.15-.02	0.2-0.4	0.4-0.5	0.5-0.75	> 0.75
K/Mg	< 0.10	0.1-0.15	0.15-0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	0.8-1.0	> 1.0
Ca/Mg	< 0.80	0.8-1.0	1.0-1.2	1.0-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	> 3.0
Ca/Na	< 0.50	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-3.0	3.0-5.0	5.0-10	> 10.0
CE, dS/m	< 0.50	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.5	2.5-4.0	4.0-5.0	> 5.00

2.8 Generalidades de la agricultura orgánica.

La agricultura orgánica empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. Durante los últimos años, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la demanda y el consumo de productos orgánicos, sobre todo en los países desarrollados. La explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación a la ingesta de productos alimenticios inocuos, sanos, de los cuáles se conozca su origen y trayectoria real, así como la mayor conciencia por la conservación del ambiente. El uso indiscriminado de los agroquímicos en los últimos años ha tenido una atención especial ya que es una importante fuente de contaminación no sólo del suelo sino también del agua y del aire, estos problema han obligado a buscar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a la no aplicación de agroquímicos, uno de esos sistemas es la agricultura orgánica, que en forma general, es una forma de producción en la cual no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Zamorano, 2005). Se pueden considerar varios tipos de agricultura, en general, Gómez y Castañeda (2000) reconocen tres principales:

- Agricultura convencional. Basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos químicos sintéticos. Por consiguiente este tipo de agricultura se caracteriza por su alto nivel de contaminación ambiental y de la gran mayoría de los productos así obtenidos, lo cual, repercute en la salud de los consumidores.
- Agricultura sustentable. Es una combinación de métodos genéticos, agronómicos, biotecnológicos y químicos en un sistema de producción económica, misma que optimiza la calidad del producto y protege el medio ambiente y la salud humana.
- Agricultura Orgánica. Basada en el uso de productos naturales, no contaminantes, como los compost. Apoyándose en alternativas biológicas y culturales para el control de plagas y enfermedades. Teniendo como uno de

los componentes principales la incorporación del nivel social, ya que un sistema orgánico, debe de considerar el bienestar económico y social de las personas involucradas en el proceso de producción.

Actualmente se estima que existen alrededor de 23 millones de hectáreas destinadas a producir alimentos orgánicos, de las cuales 18 millones se encuentran distribuidas en siete países: Australia cuenta con 10.5 mil; Argentina con 3.2 mil; Italia con 1.2 mil; Estados Unidos con 950 mil; Reino Unido con 679 mil; Uruguay con 678 mil y Alemania con 632 mil hectáreas (Zamorano, 2005).

En Latinoamérica, además de Argentina países líderes en superficies de manejo orgánico son Brasil y Chile con alrededor de 275 mil Has cada uno. En México, la agricultura orgánica ha seguido la tendencia, la producción ha pasado de 25 mil a más de 220 mil hectáreas en los últimos de 10 años (Claridades Agropecuarias, 2005).

Por otro lado para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado por empresas especializadas, en México se encuentran la Quality Assurance internacional (QAI) y la Oregon Tilth Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente 100 y 125 dólares la hectárea, cabe señalar que la certificación es anual (Gómez *et al.*, 1999).

2.8.1 Qué es la Agricultura Orgánica.

Existen muchas explicaciones y definiciones de la agricultura orgánica, pero todas coinciden en que se trata de un método que consiste en la gestión del ecosistema en vez de en la utilización de insumos agrícolas. Un sistema que comienza por tomar en cuenta las posibles repercusiones ambientales y sociales eliminando la utilización de insumos, como fertilizantes y plaguicidas sintéticos, medicamentos veterinarios, semillas y especies modificadas genéticamente, conservadores, aditivos e irradiación. En vez de todo esto se llevan a cabo prácticas de gestión específicas para el sitio de que se trate, que mantienen e

incrementan la fertilidad del suelo a largo plazo y evitan la propagación de plagas y enfermedades.

Espinoza y colaboradores (2007), señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa. Gómez y colaboradores (2008), señalan que la agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el medio ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los peligros de la agricultura convencional o moderna. Nahed y colaboradores (2009), mencionan que la agricultura orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería.

Según la FAO, la agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en el empleo de prácticas de gestión prefiriéndolas respecto al empleo de insumos externos a la finca, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requerirán sistemas adaptados localmente. Esto se consigue empleando, siempre que sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos, para cumplir cada función específica dentro del sistema" (Comisión del Codex Alimentarius, 1999).

La agricultura orgánica como un sistema de producción viable y productiva para las zonas áridas, semiáridas y tropicales del país y del mundo es un proceso de desarrollo Sustentable que debe de utilizarse y extenderse lo más posible entre los productores a todos sus niveles, considerando los costos de producción tan altos en un a agricultura tradicional y modernizada dado el uso tan elevado de insumos y maquinaria para la obtención de buenos rendimientos para un cultivo determinado. Sin embargo es determinante tener en mente todos los componentes

que están implícitos en este tipo de agricultura como son: cambio del sistema de producción y uso de abonos orgánicos, normatividad, cultivos, etc. que están involucrados y forman parte directa en la obtención de productos orgánico (Salazar, 2003).

La Agricultura Orgánica emplea gran variedad de opciones tecnológicas con el empeño de reducir y hacer recuperables los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y del ambiente, a la vez que intensifican las interacciones biológicas y los procesos naturales beneficiosos (Salazar *et al.*, 2003). Las principales fuentes de nutrición orgánica son: compostas, vermicomposta, ácidos húmicos y fúlvicos, fermentos entre otros.

La norma mexicana (NOM-037-FITO, 1995) define la agricultura orgánica como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimento de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta; mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en ésta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial.

2.9 Agricultura Orgánica en México.

Gómez y colaboradores (2006), mencionan que a finales de la década de los ochenta, los países desarrollados comenzaron a demandar productos tropicales y de invierno producidos en forma orgánica, que en sus territorios no se pueden cultivar, estimulando de esta manera la práctica de la agricultura orgánica en México. A través de algunas comercializadoras, ONGs y grupos religiosos se fomentó en México la apropiación de esta nueva forma de producir, para poder complementar y diversificar una demanda ya creada en el exterior. En un inicio,

agentes de países desarrollados se conectaron con diferentes actores en México, solicitándoles la producción de determinados productos orgánicos, así comenzó su cultivo, principalmente en áreas donde insumos de síntesis química no eran empleados. Este fue el caso de las regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional en los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente, compañías comercializadoras de los Estados Unidos influenciaron el cambio a la producción orgánica en la zona norte del país, ofreciendo a empresas y productores privados financiamiento y comercialización, a cambio de productos orgánicos. Esto permitió a las compañías abastecer mucho mejor la demanda de los productos solicitados en los tiempos y temporadas específicas requeridas, a la vez que obtuvieron mejores precios por ellos.

La agricultura orgánica constituye una actividad económica con potencialidad en la generación de empleo y divisas. Su adopción requiere un 30% más de mano de obra por hectárea con respecto a la producción convencional. México es líder en la producción de café orgánico y sus características agroecológicas le dan ventaja comparativa en la producción de determinados cultivos (Gómez *et al.*, 2010).

A diferencia de los otros sectores agropecuarios del país, el sector orgánico ha crecido en medio de la crisis agroalimentaria. La superficie orgánica, el número de productores, las divisas generadas y el número de empleos presentan un dinamismo anual superior al 25% a partir de 1996. En el ciclo 2007/2008 se estimó una superficie orgánica de 378,693 ha, en la que participaron más de 128,000 productores (Schwentesi, 2009). Gómez y colaboradores (2006), mencionan que en el año 2005 había 307,692 Ha. las cuales generaban alrededor de 270 millones de dólares en divisas (Cuadro 2.9).

Cuadro 2.9. Importancia económica de la agricultura orgánica en México (Gómez *et al.*, 2006).

	1996	1998	2000	2002	2004/05
Superficie Ha	23265	54457	102802	215843	307692
No. Productores	13176	27914	33587	53577	83174
Empleo (1,000 jornales)	3722	8713	16448	34534	40747
Divisas	34293	72000	139404	215000	270503

Estadísticas proporcionadas por el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) en el 2013 señalan que la producción de orgánicos en México ha aumentado en los últimos doce años, que pasó de 33 mil 587 productores en año 2000 a 169 mil 570 en el año 2012, en el mismo periodo, creció la superficie de cultivo al pasar de 102'802 a 351'904 hectáreas, mientras que los empleos generados pasaron de 60'918 a 245'000.

El 85% de la producción orgánica de nuestro país se destina a la exportación, principalmente a los mercados europeo y estadounidense, en el mercado nacional también se registró un incremento de 10% anual en la demanda de este tipo de alimentos certificados. Los principales productos orgánicos cultivados en México son el café, que se produce en cerca del 50% del área destinada a los orgánicos; hierbas aromáticas y medicinales, con 10.31% de la superficie; hortalizas, 8.45%; cacao, 5.92% y uva silvestre con 4.11% (Gómez *et al.*, 2003)

2.10 Nutrición Orgánica de las plantas.

Preciado y colaboradores (2011), evaluaron la factibilidad del uso de algunas soluciones orgánicas; té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost y solución nutritiva inorgánica (Steiner), como fuente de nutrientes para tomate (*Solanum lycopersicum*) producido en invernadero, y el rendimiento y calidad de los frutos. Sus resultados mostraron que con la fertilización inorgánica se obtuvo un mayor rendimiento de frutos de tomate con 3.05 kg/planta y el mejor de los orgánicos fue el té de vermicompost con 2.42 kg/planta. Sus resultados

sugieren que el té de vermicompost puede representar una alternativa ambientalmente amigable respecto al uso de soluciones nutritivas convencionales en la producción de tomate en invernadero.

Rodríguez (2005), realizó un experimento en un suelo pardo con carbonatos, donde investigó la influencia de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* por aspersión a razón de 25 L/Ha, tanto en semillero con y sin inoculación de *Glomus spp.*, como directamente en el campo después del trasplante; con y sin adición de estiércol ovino en dosis de 45 Ton/Ha, sobre componentes del rendimiento en frutos. Obtuvo un mayor rendimiento a razón de 26 Ton/Ha en el tratamiento *Azotobacter* + *Glomus spp* (ambos en semillero) + estiércol. Mientras que en el testigo (sin aplicaciones) obtuvo 19 Ton/Ha

Márquez (1996), realizó un trabajo donde evaluó tomate cherry var. 647 en diferentes mezclas de compostas con distintas combinaciones de arena o perlita bajo condiciones de invernadero. Los principales resultados indicaron que las mejores cuatro mezclas fueron: vermicomposta al 50% más arena y vermicomposta con perlita al 25, 37 y 50 %, con un rendimiento medio de 48.507 Ton/Ha, es decir, obtuvieron mayor rendimiento con respecto a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

Cuervo (2010), comparó un sistema hidropónico convencional (inorgánico) y otro propuesto como alternativo (orgánico). Los tres abonos orgánicos fueron gallinaza, lombricomposta y estiércol de bovino dosificados en tres niveles (100, 200, 300 kg/Ha, de nitrógeno mineral) utilizando como testigo la solución nutritiva Steiner y como planta indicadora chile güero (*Capsicum annum* L). La gallinaza superficial influyó en una mayor producción de hojas y mayor área foliar, la lombricomposta superficial mostro un aumento en peso seco de la hoja, fruto y tallo, peso seco total y área foliar. En general el mejor tratamiento en rendimiento fue estiércol bovino incorporado.

2.10.1 Fertilizante desechos de hormiga arriera.

Haines (1978), analizó el valor nutrimental de diez muestras de desechos de *Atta colombica*; encontró valores de 3.06%, 0.26% y 1.45% para N, P y K, respectivamente. Estas cantidades pueden interpretarse, en relación con los estiércoles convencionales, como altas para N y K, y similares para Fortanelli y Aguirre (2000), encontraron, para dos muestras de desechos de hormiga arriera en Santa María del Río, S.L.P., porcentajes altos de K (1.53) pero bajos de P (0.04).

Fortanelli y colaboradores 2002, realizaron un estudio en San Luis Potosí a 38 muestras de desechos cuyos resultados fueron los siguientes: N (2.15 ± 0.32), P (0.21 ± 0.06), K (2.15 ± 0.54), Ca (1.42 ± 0.28) y Mg (0.25 ± 0.17). El pH promedio fue de 5.8 ± 0.46 y el contenido de carbono orgánico fue de $29.8\% \pm 5.51$. Estos valores indican que, en general y comparándolos con los de otros abonos orgánicos [como el estiércol de vacuno, el estiércol de gallina, el estiércol de cerdo, la paja de arroz, la pulpa de café y la cachaza (Polanco, 1987), los desechos de *Atta mexicana* poseen características sobresalientes en lo referente a su contenido de N, K y Ca, por el contrario, su porcentaje de P y de Mg es bajo.

Las hormigas arrieras se alimentan de un hongo que cultivan en cámaras de almacenamiento dentro del hormiguero, este hongo a su vez se alimenta de las partes de la planta que les llevan las hormigas, a lo que se le puede llamar simbiosis mutualista entre el hongo y la hormiga. Desde hace 40 millones de años tanto el hongo como las hormigas han evolucionado de forma morfológica y fisiológica con el objeto de romper cualquier defensa química y física de las plantas, con el fin de lograr mayor eficiencia en la conversión del sustrato vegetal alimento altamente nutricional, tanto para las hormigas como para el hongo (Vergara, 2005).

En el cuadro 2.10 se muestran el contenido de nutrientes que aportan los desechos de hormiga arriera.

2.10.2 Lixiviado de lombriz.

Los lixiviados de lombriz son el producto líquido que escurre cuando se hidrata la cama de cultivo de lombriz. La crianza de lombrices es una técnica llamada lombricultura, donde su objetivo es el aprovechamiento de residuos biodegradables para la producción de abono para los cultivos y lombriz para uso alimenticio, industrial e investigación (Schuldt, 2006).

Pineda en 1996, realizó fertilización órgano-mineral-foliar en una rotación de frijol castilla-maíz- frijol castilla. Estos cultivos fueron fertilizados con tres fertilizantes orgánicos (fosfocompost normal, fosfocompost RP y humus de lombriz) y un fertilizante sintético (urea). En los tres cultivos se probaron dos aplicaciones foliares: el Bayfolan y extracto de humus de lombriz, conformado con un testigo sin aplicación foliar. Se emplearon cuatro modalidades de fertilización orgánica y orgánico-mineral aplicada al suelo más un complemento de fertilización foliar, procedente de dos fuentes: una de un producto convencional comercial y el otro de humus de lombriz. Resultó que los tres cultivos indicados se desarrollaron en rotación satisfactoriamente; en cuanto al rendimiento de granos, no se detectó diferencia estadística significativa entre los cuatro tipos de fertilizantes ensayados. Sin embargo en el caso de dos variables: altura de planta del maíz y peso de rastrojo del segundo cultivo de frijol castilla, el fosfocompost normal superó significativamente a los otros tres tipos de fertilizantes.

En el cuadro 2.10 se muestran el contenido de nutrientes que aporta el lixiviado de lombriz recolectado de las camas de lombricomposta del campus Amazcala.

2.10.3 Fermentos.

Sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales al mismo tiempo que sirven para estimular la protección de los cultivos contra insectos y enfermedades. La función de los ingredientes al preparar los biofertilizantes, es aumentar la sinergia de la

fermentación para obtener una buena disponibilidad de los nutrientes para la vida de las plantas y suelo (Restrepo, 2006).

Restrepo (2006), también menciona que algunas de las ventajas de los biofertilizantes son:

- Utilización de recursos fáciles de conseguir
- Inversión baja
- Tecnología fácil de fabricar
- Aumenta resistencia contra ataques de insectos y enfermedades
- Aumenta precocidad.

En el cuadro 2.10 se muestran el contenido de nutrientes que aporta el fermento preparado en la Universidad.

2.10.4 Bokashi.

La palabra bokashi es del idioma japonés que significa “materia orgánica fermentada” y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismo (Montes, 2011). El objetivo principal de un bokashi es activar y aumentar la cantidad de organismos benéficos en el suelo así como la nutrición del cultivo a manejar. En el siguiente cuadro 2.10 se muestra el contenido de nutrientes que aporta el bokashi.

Cuadro 2.10. Aportes de los diferentes fertilizantes producidos y recolectados en el campus Amazcala.

Elemento	Hormiga		Bokashi		Biol		Lixiviado Lombriz	
	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm
N	1.07	10700	0.72	7200	0.11	1100	0.04	400
P	0.09	900	0.29	2900	0.01	100	1.01	10100
K	1.21	12100	0.78	7800	0.53	5300	0.47	4700
Ca	3.26	32600	2.76	27600	0.27	2700	0.19	1900
Mg	0.45	4500	0.63	6300	0.08	800	0.02	200
S	0.17	1700	0.16	1600	0.12	1200	0.09	900
Fe	1.08	10800	1.53	15300	0.013	130	0.0016	16
Mn		404		425		456		3.74
Bo		53.4		22.7		685		9.17
Zn		45.8		83.2		1265		1.55
Cu		45.7		64.9		15.1		13.3
Mo		0		0		0		0
pH	6.67		8.13					
CE	5.1		2.6					
Mat orgánica	35.1		27.6					
Cenizas	64.9		72.4					
Relación C/N	19.06		22.22					
C. Orgánico	20.4		16					

2.11 Invernaderos.

Un invernadero se define como una construcción cubierta artificialmente, con materiales transparentes, con el objeto de proveer un medio ambiente climático favorable durante todo el año para el desarrollo de los cultivos. Un cultivo forzado o protegido se define como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo crece en un microclima acondicionado por un invernadero. El cultivo forzado también incluye las técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, así mismo la sanidad vegetal; es decir son prácticas que inciden notoriamente en los objetivos que se persiguen en el cultivo protegido tales como incremento en la producción, precocidad y mayor calidad en la cosecha (Rodríguez *et al.*, 2002).

La tendencia actual de producción de tomate, es realizarla bajo invernadero, que según, Castilla (2001), menciona que dichas estructuras pretenden mejorar las condiciones ambientales para incrementar la bioproductividad, presentándose producciones de tomate de 300 a 500 Ton/ha al año, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que los producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003).

Fonseca (2000), menciona que para que la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos 15kg/m². De acuerdo a Cotter y Gómez (1981), para que una producción se considere exitosa se debe producir bajo invernadero al menos 200 ton/Ha/año. Tuzel y Yagmar (2003), mencionan que se obtienen rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a 90 ton/Ha en otoño, mientras que en primavera se van desde 126 a 162 ton/Ha.

2.11.1 Ventajas de producir en invernadero.

Uno de los sistemas de producción más empleados durante los últimos 15 años han sido los invernaderos, que permiten incrementar la producción, en relación al método tradicional del cultivo. Mencionan también que al utilizar el riego por goteo, el ahorro de agua puede ser del 40% en relación al método de riego por superficie (Carvajal, 2000).

Según Sánchez (2000), entre las ventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero se destacan las siguientes:

- Programación de las cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto.
- Precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible de hasta tres cosechas por año.
- Mayor calidad de frutos, ya que estos son más uniformes, sanos y de mayor calidad.

- Ahorro de agua.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Balance adecuado de agua, aire y elementos nutritivos.
- No se depende de fenómenos meteorológicos.

2.11.2 Desventajas de los invernaderos.

Sánchez (2000), resaltan que las desventajas de producir bajo condiciones de invernadero son:

- Se requiere de especialización de personas que se dediquen a esta actividad.
- Alto costo de insumos
- Las instalaciones y estructuras representan una elevada inversión.
- Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas.
- Es necesaria la automatización para el control del ambiente.

2.12 Antecedentes de la producción de tomate orgánico en invernadero.

De León (2004), obtuvo como resultado una producción de 93.91 ton/Ha con el híbrido Andre con un tratamiento de vermicompost y arena al 50%, 89.88 ton/Ha con la variedad Boski bajo el mismo tratamiento, mientras que también obtuvo 71.27 ton/Ha con el híbrido Andre con un tratamiento de Biocompost y arena a razón de 50%.

Así también Chávez (2004), después de estudiar siete híbridos bajo diferentes tratamientos de arena más compost y arena más perlita en diferentes porcentajes concluyó que sus mejores rendimientos se obtuvo en arena y compost (37%) y el híbrido Andre con un rendimiento de 89.33 ton/Ha, seguido de perlita y compost (50%) con 77.54 ton/Ha con el híbrido Boski, aunque también concluye

que los costos por el uso de perlita en lugar de arena aumentan considerablemente.

Dentro del mismo tema Márquez y Cano (2004) reportan un rendimiento de 89.64 ton/Ha en la producción de tomate orgánico utilizando compost y arena (50%) sin agregar algún fertilizante más. Además mencionan que es posible producir orgánicamente tomate bola y tomate cherry con rendimientos superiores a las producciones en campo, suministrando únicamente los nutrientes contenidos en la compost.

En cuanto a la utilización del té de compost Rodríguez y colaboradores (2007), obtuvieron un rendimiento de 203 ton/Ha con el genotipo Red Chief mediante su uso en la producción de tomate bajo invernadero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Ubicación del Experimento.

El trabajo experimental se desarrolló en el Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, municipio de El Marqués, Querétaro, que se localiza al noroeste del estado de Querétaro, con una altitud de 1920 msnm entre las coordenadas latitud $20^{\circ} 42' 17.64''\text{N}$ y longitud $100^{\circ} 15' 44.38''\text{O}$ (Figura 12).

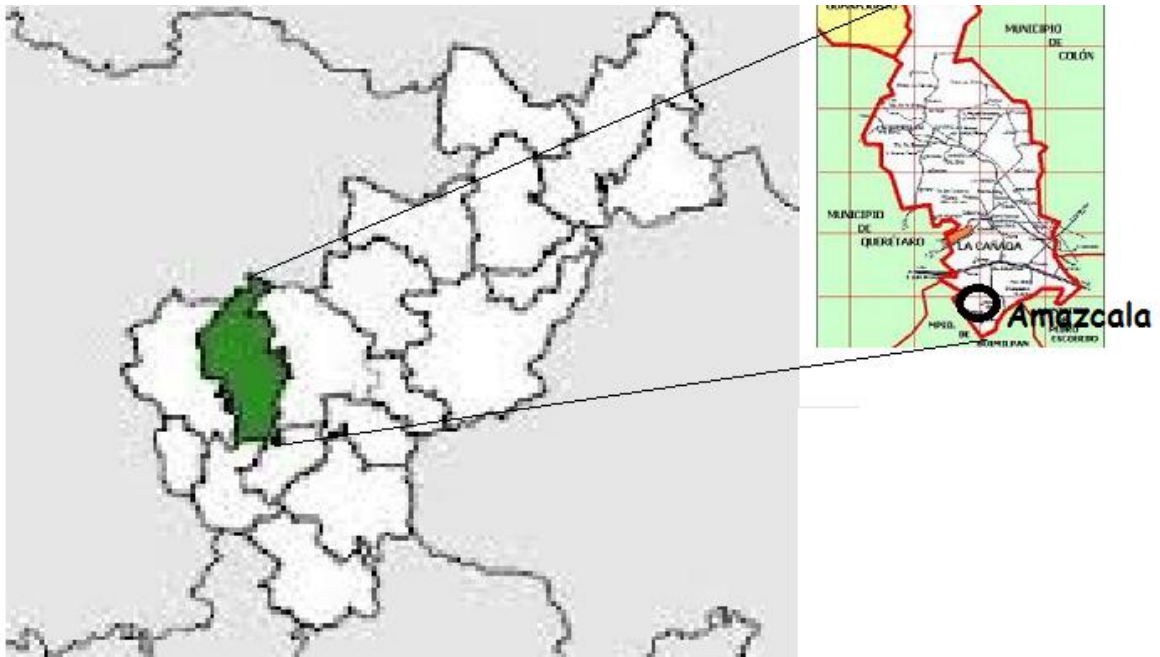


Figura 12. Ubicación del Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Querétaro.

3.2 Descripción del sitio.

Se utilizó un invernadero de 432 m^2 con las siguientes características: está formado por dos naves, cada nave es de 8.0 m de ancho por 24.0 m de largo. La estructura de la parte inferior está cubierta con lamina de policarbonato y el resto es una cubierta de polietileno tricapa calibre 720. Cuenta con ventanas cenitales y

laterales cubiertas con malla antiáfidos ambas operadas mecánicamente (Figura 13).



Figura 13. Invernadero experimental de 432 m², ubicado en el Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

3.3 Siembra.

Se utilizó semilla de tomate tipo bola de la variedad Cedral de la casa semillera Ahern Seeds, tipo bola indeterminado de planta con excelente vigor, alto rendimiento, e ideal para ciclos largos, para cultivo protegido, precocidad media, con tomates de 250-300 gramos.

Para la siembra, se usaron contenedores de plástico de 50 cavidades, con sustrato peat moss y se cubrieron con vermiculita poniendo una semilla por cavidad. Se aplicó riego por aspersion manual todos los días cuidando mantener húmedo el sustrato.



Figura 14. Plántulas de tomate variedad Cedral.

3.4 Preparación de las camas de trasplante.

Se prepararon las camas de cultivo como sustrato la misma tierra donde se encuentra el invernadero, con un ancho de 60 cm, 21 metros de largo y de 20 cm de altura con una distancia de centro a centro entre camas de 1.50m (Figura 15). Estas fueron cubiertas con acolchado bicolor (blanco arriba y negro abajo) con el fin de tener un control sobre malezas y conservar una mayor humedad en el suelo.



Figura 15. Trabajos manuales en la preparación de las camas de trasplante.

3.5 Diseño Experimental.

El diseño experimental fue completamente al azar, por lo que cada unidad se distribuyó aleatoriamente dentro del invernadero. Se evaluarán dos variables: 1) tipo de fertilizante (fermento de estiércol vacuno (Biol), lixiviado de lombriz, bokashi, fertilizantes líquidos orgánicos comerciales y fertilizante químico en solución nutritiva Steiner) y 2) la conductividad eléctrica (2, 2.5, 3 y 4 dS/m)

En total se tuvieron 15 tratamientos (Cuadro 3.1), con cinco repeticiones correspondientes a la cama 4, 5, 6, 8, 9 y seis plantas por repetición dando un total de 30 plantas por tratamiento, la distribución de los tratamientos se muestra en la Figura 16. El experimento se llevó a cabo durante 273 días a partir del día de la siembra.

Cuadro 3.1. Tratamientos a implementar en un cultivo de tomate bajo invernadero.

Tratamiento	Fertilizante	Conductividad Eléctrica dS/m
1	Orgánico Comercial	2
2	Orgánico Comercial	2.5
3	Orgánico Comercial	3
4	Orgánico Comercial	4
5	Orgánico desecho de hormiga	2
6	Orgánico desecho de hormiga	2.5
7	Orgánico desecho de hormiga	3
8	Orgánico desecho de hormiga	4
9	Químico Steiner	2
10	Químico Steiner	2.5
11	Químico Steiner	3
12	Químico Steiner	4
13	Orgánico bokashi	3
14	Orgánico Fermento, Biol	3
15	Orgánico lixiviado de lombriz	3



Figura 16. Distribución de los tratamientos en el invernadero.

3.6 Trasplante.

El trasplante se llevó a cabo a los 45 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas tenían aproximadamente entre 15-20 cm de altura y contaban con tres o cuatro hojas verdaderas. Para la colocación de la plántula en las camas de cultivo, fue necesaria la elaboración de un hoyo a una profundidad de 7 cm para que el cepellón quedara cubierto (6 cm). La densidad de cultivo fue de 3.8 plantas/m², con una distancia de 30 cm entre plantas y 40 cm entre hileras.



Figura 17. Trasplante de plántulas de tomate en el invernadero.

3.7 Solución Nutritiva.

Se prepararon nueve soluciones nutritivas a partir de Solución Nutritiva Universal de Steiner, cuatro de ellas fueron con productos minerales únicamente correspondientes a los contenedores 1, 2, 3 y 8. Mientras que los contenedores 4, 5, 6, 7 la solución nutritiva fue una combinación de elementos orgánicos y minerales, el contenedor no. 9 solo se acidulo con ácido cítrico. Las cantidades para preparar 1000 litros de solución nutritiva se muestran en los cuadros 3.2 y 3.3.

Cuadro 3.2. Cantidades para preparar 1000 L de solución nutritiva química.

Compuesto	Contenedor 1	Contenedor 2	Contenedor 3	Contenedor 8
	(gr) Tratamiento 12	(gr) Tratamiento 10	(gr) Tratamiento 9	(gr) Tratamiento 11
Nitrato de calcio	1078.6	674.3	539.2	791.0
Nitrato de potasio	376.6	224.0	204.8	269.0
Sulfato de magnesio	786.1	450.8	339.0	550.1
Sulfato de potasio	564.5	362.7	268.0	420.2
Ácido fosfórico	98.6	61.6	49.3	72.3
Fierro	33.2	20.4	16.5	24.3
Boro	1.5	0.3	0	0.7
Sulfato de zinc	0.6	0.4	3.2	0.5
Sulfato de manganeso	8.7	5.5	4.3	6.4
Sulfato de cobre	0.1	0.07	0.1	0.03
Molibdato de amonio	0.01	0.011	0.01	0.01

Cuadro 3.3. Cantidades para preparar 1000 L de solución nutritiva orgánica.

Compuesto	Contenedor 4	Contenedor 5	Contenedor 6	Contenedor 7
	(gr) Tratamiento 4	(gr) Tratamiento 3	(gr) Tratamiento 2	(gr) Tratamiento 1
Sulfato de calcio	1256.9	1046.7	785.3	626.5
Sulfato de magnesio	786.1	625.1	451.6	339.0
Fierro	38.9	69.1	23	18.4
Boro	1.8	1.0	0.4	0.4
Sulfato de zinc	0.6	2.9	0.4	4.4
Sulfato de manganeso	8.7	40.3	5.5	0.06
Sulfato de cobre	0.1	0.5	0.07	0.009
Molibdato de amonio	0.02	0.08	0.011	1.11
Vermiliq nitrógeno	989.7	778.6	601	477.9
Vermiliq fosforo	155.7	147.6	110.7	88.6
Vermiliq potasio	1479.8	1107.9	921.1	738.7

El contenedor No. 9 rege los tratamientos 5, 6, 7, 8, 13, 14 y 15 que son los tratamientos a los cuales se les puso manualmente los fertilizantes producidos y recolectados en el campus.

Los contenedores con solución nutritiva orgánica (contenedores 4, 5, 6, 7 y 9) se acidularon con ácido cítrico y la química, con ácido sulfúrico (contenedores 1, 2, 3, 8) para llegar a un rango de pH de entre 5.5 y 5.8. La medición del pH y CE de la solución nutritiva se midió con un potenciómetro marca Conductronic modelo PC18 que tiene una precisión de $\pm 0.01\text{pH}$ y de $\pm 1.5\%$ CE. La preparación de la solución nutritiva se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Preparación de las soluciones nutritivas.

La aplicación de la solución nutritiva se hizo mediante un sistema de riego por goteo, empleándose emisores de 4 l/hr de la marca Irrrometer. En cada tratamiento la solución se distribuyó mediante redes independientes. Los riegos se adicionaron en función de la demanda de la planta, manteniendo siempre una humedad constante. La duración de los riegos estuvo en función del monitoreo diario haciendo cambios de la duración de los riegos constantemente.

3.8 Fertilizantes Orgánicos Utilizados.

3.8.1 Bokashi.

Para elaboración del Bokashi, se siguió el procedimiento descrito por Restrepo, 2006, donde se necesitaron los siguientes materiales: 20 costales de

tierra, 20 costales de rastrojo picado (Paja, maíz, cebada), 20 costales de estiércol seco (gallinaza, bovino, ovino, etc.), 1 costal de salvado o pulidora de arroz, 2 costales de carbón molido, 1 Kg de levadura para pan, 4 l de melaza. El costo de producción por kilogramo es de \$2.78.



Figura 19. Pila de la composta tipo bokashi

3.8.2 Humus de hormiga.

El abono de hormiga arriera (*Atta mexicana*) fue conseguido en los alrededores del campus, para lo cual fue necesaria la búsqueda de hormigueros aledaños que además contaran con los residuos en la periferia de manera que fuera posible su recolección.



Figura 20. a) Hormiguero, b) Desechos de hormiga arriera recolectados

El costo de producción de este desecho de hormiga fue de \$3.15 kilogramo, solo se considera el pago de la persona quien lo recolecta y combustible para su traslado.

3.8.3 Lixiviado de lombriz.

El lixiviado de lombriz roja californiana utilizado fue recolectado del drenado de las camas de lombricomposta ubicadas en el Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro. El precio promedio comercial del litro de este producto es de \$32.00 litro.

3.8.4 Orgánico fermento de excremento de ganado vacuno (Biol).

Para la elaboración de este fertilizante orgánico, se necesitó montar el equipo adecuado para este proceso. Para lo cual fue necesaria la utilización de un tambo de 200 litros de plástico, con tapadera hermética y con un sistema para la extracción de gases. El costo de producción de fermento fue de \$2.30 el litro.



Figura 21. A) Sistema óptimo para la elaboración del biofertilizante, B) Biofertilizante listo para ser aplicado.

3.8.5 Orgánico Comercial Biofertilizante (Vermiliq).

Se caracteriza por contener; materia orgánica, fuentes minerales de origen natural y un complejo biótico, donde destacan microorganismos, como; *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Arthobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, *Flavobacterium sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Pseudomonas flourensens*, *Nitrosomas sp.*, *Nitrobacter sp.*, entre otras, a los que se suman hongos y/o levaduras con alta capacidad enzimática como; las amilasas, celulasas, lipasas y proteasas que participan, acelerando, la degradación de los detritus del suelo y por ende, la mineralización de la materia orgánica liberando nutrientes para el cultivo en cuestión. Los Biofertilizantes vermiliq, comercialmente se producen en función del nutriente ó metabólicos secundarios que presentan con mayor contenido, en cada producto. Todos van con el nombre de; Vermiliq-N, Vermiliq-P, Vermiliq-K, Vermiliq-Balance, Vermiliq-Ca. La adquisición de estos fertilizantes se hizo a la empresa Agroproductos y Servicios Orgánicos de Uruapan S. de R.L. de C.V. (Figura 22). En el cuadro 3.4 se presentan los datos contenidos en la ficha técnica de los productos.

Cuadro 3.4. Contenidos, ficha técnica Vermiliq.

Vermiliq- K	
Potasio (k20)	30 %
Ácidos húmicos y fúlvicos	2%
Azucares	21%
Extractos de banano, ceniza y ácido cítrico	47%
Vermiliq- P	
Nitrógeno	1.50%
Fosforo (P ₂ O ₅) mineral fosfatado	28%
Ácidos húmicos y fúlvicos	10%
Azucares	22%
Inertes, hidratados de carbono, agua y ácido cítrico	38%
Vermiliq- N	
Nitrógeno	27 %
Ácidos húmicos y fúlvicos	10%
Azucares	25%
Inertes, extractos de plantas leguminosas y agua	37.50%



Figura 22. Fertilizantes orgánicos marca Vermiliq.

3.8.6 Aplicación de los fertilizantes orgánicos locales.

La aplicación del humus de hormiga, lixiviado de lombriz, biol, bokashi se efectuaron de forma manual. Al pie de la planta el lixiviado de lombriz y el biol mientras que el bokashi y los desechos de hormiga se hicieron debajo del gotero para que al caer el agua fuera lavándolos y mediante el movimiento del agua los

nutrientes se fueran hacia el suelo y ser absorbidos por la raíz. Las aplicaciones se realizaron en los meses de Julio, Agosto, Octubre y Noviembre. Las cantidades y fechas de aplicación se indican en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5, Cantidades aplicadas de los diferentes fertilizantes orgánicos producidos en el Campus.

Tratamiento	Fertilizante	gr/ml aplicado	Fechas de aplicación
5	Hormiga	88.7	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
6	Hormiga	155.5	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
7	Hormiga	177.5	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
8	Hormiga	227.7	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
13	Bokashi	17.4	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
14	Fermento (Biol)	25	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013
15	Lixiviado de Lombriz	62	17/7/2013, 26/8/2013, 18/10/2013, 25/11/2013

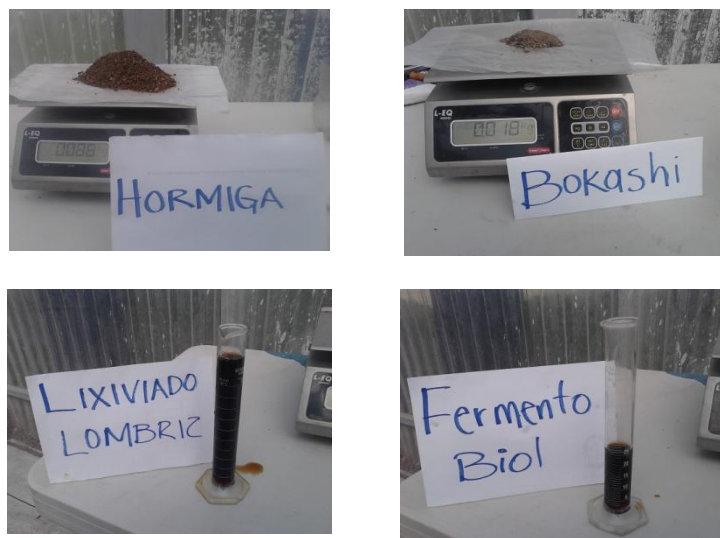


Figura 23. Fertilizantes locales aplicados.

3.9 Muestreo de la solución del suelo.

3.9.1 Colocación de los chupatubos y extracción de la muestra.

Para obtener la muestra de solución de suelo se utilizaron lisímetros comúnmente llamados chupatubos marca Irrometer modelo SSAT. Se colocaron 45 chupatubos (tres por tratamiento), en las camas número 4, 6 y 8, en la planta identificada con el número 3, se puso el chupatubo a una profundidad de 20 cm para ubicarlo dentro de la zona radicular y a 5 cm del gotero. EL procedimiento para la colocación del chupatubo fue el siguiente (Figura 24):

1. Se hizo un agujero en el suelo con la ayuda de un palo de escoba en el área seleccionada, en este caso en las proximidades de la planta no. 3.
2. Después de alcanzar los 20 cm de profundidad se instaló el chupatubo, comprimiendo el suelo a su alrededor.
3. La extracción de la muestra necesita un vacío de aproximadamente 60 centibares (cb) a ser creado dentro del chupatubo.
4. Se colocó la bomba de vacío marca Irrometer (Figura 24b) al capilar de goma, abrir la pinza de sujeción y extraer el embolo de la bomba completamente hacia atrás tantas veces sea necesario hasta alcanzar los 60cb.
5. Presionar la pinza de sujeción y desconectar la bomba.



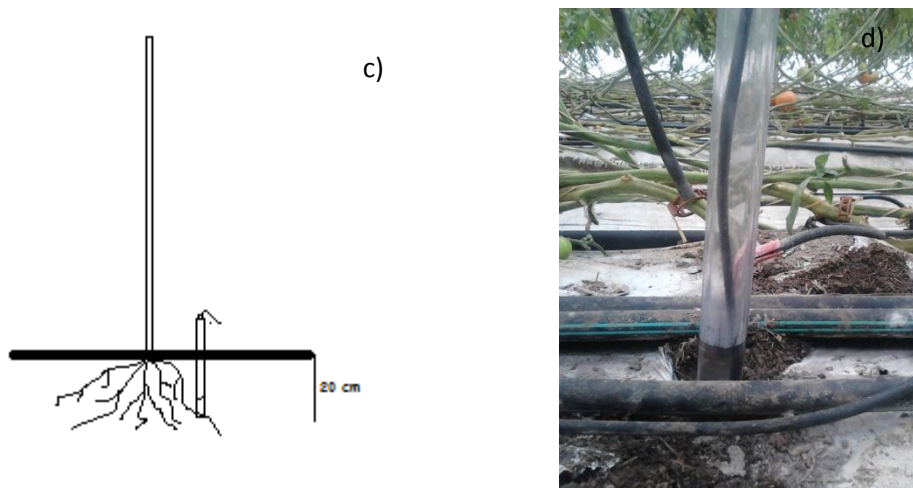


Figura 24. a) Chupatubo, b) Bomba de vacío, c) Profundidad del chupatubo, d) Agua succionada por el chupatubo.

6. Para extraer la muestra de solución de suelo se dejaron transcurrir 24 horas para que el chupatubo colectara la muestra.
7. Se conectó una jeringa de 30 ml de la marca Irrometer al capilar de goma, se abrió la pinza de sujeción, se jaló el embolo de la jeringa completamente hacia atrás succionando la muestra contenida en el chupatubo.
8. La solución del suelo se almacenó en goteros color ámbar para evitar que la luz provocara alguna reacción química en la muestra.
9. Los análisis no se realizaron inmediatamente por lo que las muestras se almacenaron en un refrigerador a una temperatura de 4°C para mantener fría la muestra para su posterior análisis.

3.10 Muestreo extracto celular de peciolo.

Para obtener el extracto de peciolo se cortaron tres hojas/planta dando un total de 18 hojas por tratamiento. Se tomó la hoja más recientemente madura de 6-7 hojas de arriba hacia abajo y se eliminaron los folíolos dejando únicamente el peciolo, después con la ayuda de un martillo de goma se obtuvo el extracto celular de peciolo, se colocaron las muestras obtenidas en recipientes etiquetados para evitar confusión, para el análisis de Na^+ y K^+ se usó el equipo portátil de electrodos

llamado CARDI de la marca Horiba y para NO_3^- el medidor de nitratos Horiba Twin (Figura 25). Lo anterior se hizo con las plantas de tres repeticiones por tratamiento dandonos un total de 45 muestras. La colecta de hojas se hizo a los 140 ddt en la etapa de fructificacion (Intagri, 2009).

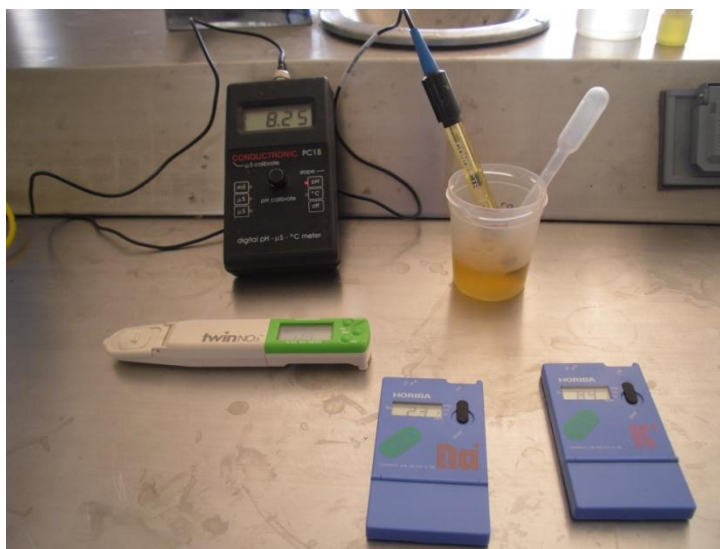


Figura 25. Equipo utilizado para el muestreo de estrato celular de peciolo.

3.11 Manejo del cultivo.

3.11.1 Poda.

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares (chupon, Figura 26b). Durante la fructificacion en el punto rosado de los primeros frutos se procedio a deshojar eliminando las hojas que quedaban por debajo del racimo. La poda apical se hizo entre el racimo 21 y 23 el día 28 de noviembre.



Figura 26. a) Poda de hoja b) brote axial

3.11.2 Entutorado.

Las plantas fueron conducidas mediante un hilo de rafia para mantener la planta erguida esto con el fin de evitar que las hojas y frutos entraran en contacto con el suelo, cuando las plantas alcanzaron el alambre tutor 3 m de altura fueron bajadas semanalmente.

3.11.3 Raleo de frutos.

Se retiraron los tomates o flores que hubo demas en el racimo de manera que tuvieramos en los dos primeros cinco frutos. En los racimos posteriores se dejaron cuatro tomates o flores con la finalidad de tener frutos de mejor calidad en cuanto a tamaño.

3.11.4 Polinización.

Al inicio de la floración se introdujo al invernadero una caja de abejorros polinizadores Natupol de la empresa Koppert Mexico, esto se hizo continuamente hasta el fin del experimento (Figura 27).



Figura 27. Polinización por medio de abejorros.

3.11.5 Riego.

La aplicación de las soluciones nutritivas se hizo mediante por un sistema de riego por goteo, empleándose manguera de la empresa siberline de 1.15 mm de espesor, emisores de 4 l/h. En cada tratamiento la solución se distribuyó mediante redes independientes.

Los riegos se efectuaron de acuerdo a la demanda de la planta, manteniendo siempre una humedad constante. La duración de los riegos estuvo en función del monitoreo diario haciendo cambios de la duración de los riegos constantemente, haciendo aplicaciones de aproximadamente 3.20 l/día/planta. Para efectuar esta labor, se cuenta con un panel de control, donde se activan manualmente las bombas (Figura 28 b).

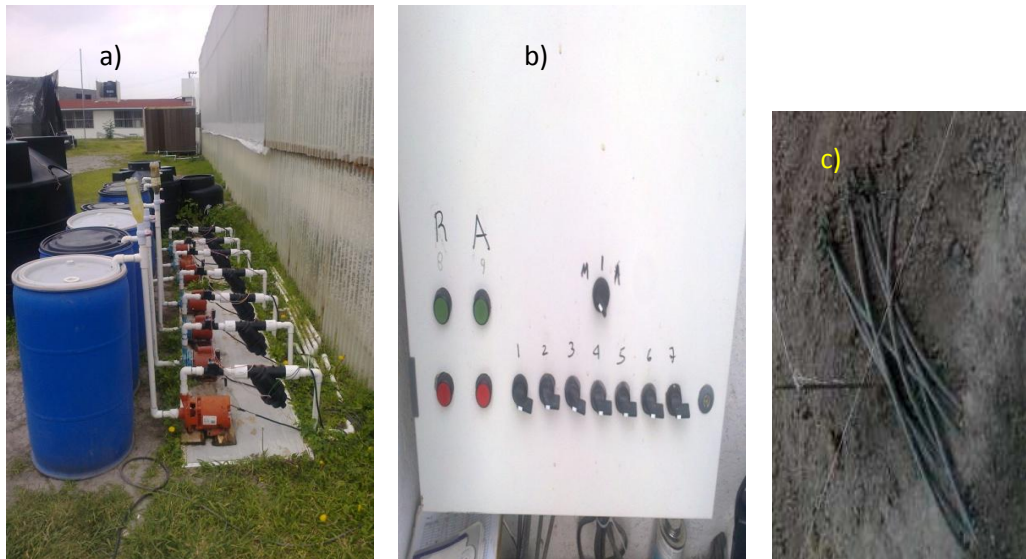


Figura 28. a) Contenedores y bombas de las diferentes soluciones nutritivas, b) Controles para activar las bombas, c) líneas de riego independientes.

3.11.6 Control de plagas y enfermedades.

Para el monitoreo y control de plagas se colocaron trampas amarillas para identificarlas, se realizaron revisiones visuales a las plantas continuamente para llevar un control de estas desde la plantula hasta el fin de la cosecha.

Las plagas que se presentaron fueron mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgon (*Bactericera cockerelli*) y araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). También hubo presencia de enfermedades como *Fusarium* sp., el control se efectuó mediante aplicaciones tanto de productos orgánicos como químicos, (Figura 29a).



Figura 29. a) Aplicación de insecticidas en un cultivo de tomate bola bajo condiciones de invernadero, b) Mosca blanca.

3.11.7 Cosecha.

La cosecha inicio a los 96 días después del trasplante (ddt), cuando el fruto alcanzo la madurez necesaria para su recolección. El corte de frutos se realizó con unas tijeras agrícolas. El registro de la cosecha se hizo a través del peso del fruto para cada tratamiento, numero de planta, racimo, número de fruto, para posteriormente hacer el análisis de los datos. La última cosecha se llevo a cabo a los 226 ddt al racimo 16-18 sin embargo el cultivo duro hasta los racimos 21 (tratamientos orgánicos) y 23 (químicos).

3.12 Medición de las variables de estudio.

3.12.1 Nutrientes en suelo.

Para la extracción de la solución del suelo (ESS) se utilizaron chupatubos de la marca Irrometer modelo SSAT, con un tamaño de 14 pulgadas, el análisis de la solución de chupatubos se hizo mediante un espectrofotómetro de la marca Hanna modelo HI 83225, de las 45 muestras que se recolectaran de la solución de chupatubo se llevó a cabo el análisis de los nutrientes principales con los que

se alimentan las plantas. Nitratos, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sulfatos. Para el análisis se seleccionó el rango medio (rm) que de acuerdo al manual es el adecuado para el análisis de la solución de chupatubo. Los métodos que utiliza el espectrofotómetro se muestran en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Métodos usados por el espectrofotómetro Hanna HI 83225

Parámetro	Rango	Método
Amoniaco rango medio	0 a 50.0 mg/L (ppm)	Nessler
Calcio	0 a 400 mg/L (ppm)	Oxalato
Magnesio	0 a 150 mg/L (ppm)	Calmagita
Nitratos	0 a 150 mg/L (ppm)	Reducción por cadmio
Fosforo	0 a 50.0 mg/L (ppm)	Amino ácido
Potasio	0 a 100 mg/L (ppm)	Turbidimétrico de tetrafenilborato
Sulfato	0 a 100 mg/L (ppm)	Turbidimétrico de tetrafenilborato

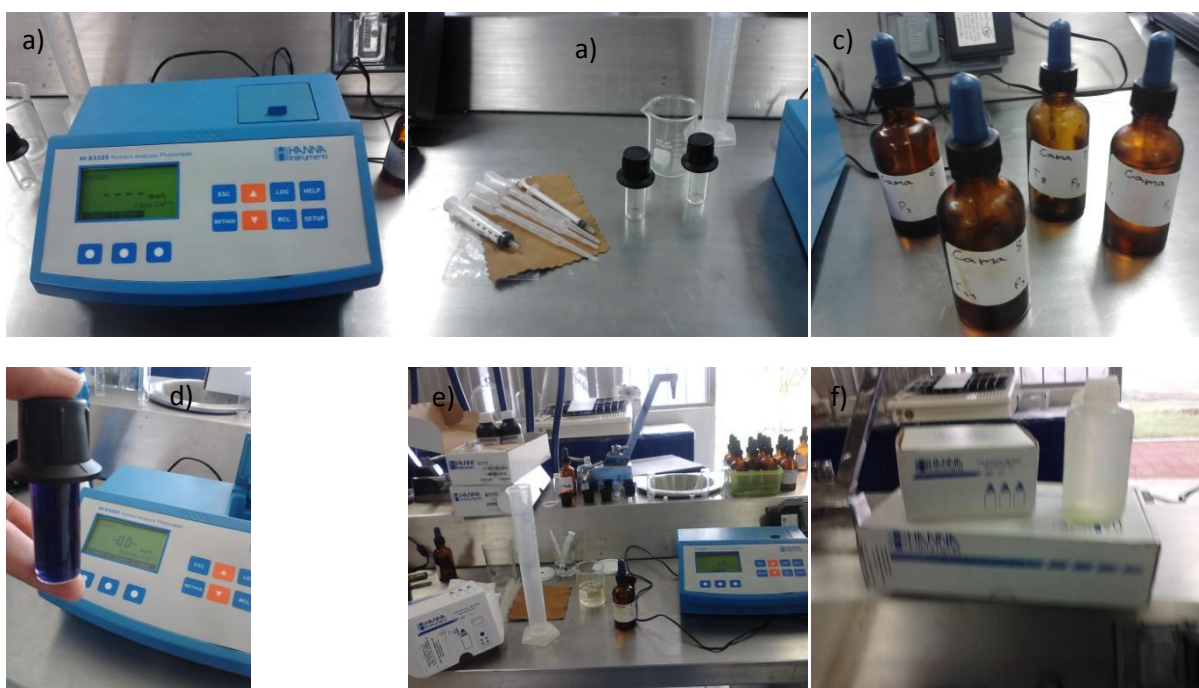


Figura 30. a) espectrofotómetro, b) cubetas, c) solución de chupatubo, d) muestra lista para ser analizada, e) obteniendo lecturas del espectrofotómetro, f) reactivos.

3.12.2 Nutrientes en planta a partir de la muestra extraída del extracto celular de peciolo.

Se hizo una evaluación de la presencia de los siguientes nutrientes: Nitratos, Potasio y Sodio. Equipo a utilizar fue Cardy Horiba C-131.

3.12.3 Rendimiento.

El rendimiento fue registrado durante los meses de mayo a diciembre del año 2013 cada semana considerando el peso de cada uno de los frutos tomando en cuenta el número de cama (replica), tratamiento, planta, racimo y fruto (Figura 31b) . Para medir el peso de cada tomate se utilizó una balanza de la marca Torrey modelo L-EQ con una precisión de 0.02 g.



Figura 31. a) Fruto, b) Peso del fruto.

3.12.4 Calidad del fruto

Para los valores de calidad se cortaron los frutos en rojo y rayado de fruto (que es una coloración rosada).

Para hacer la categorización de calidad del tomate se tomó como referencia las clasificaciones de la SAGARPA de acuerdo al peso del fruto del tomate bola, cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Sagarpa, Bancomex, Secretaria de Economía (2005) PC-020-2005 pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en tomate bola.

Clasificación	No. De frutos/ caja 25 libras (11.340 kg)	Peso (gr) promedio por fruto
Chico	120 – 140	95 – 81
Mediano	100 – 108	113 – 105
Grande	78 – 83	145 – 136
Extra grande	58 – 68	195 - 167
Max. Extra grande	40 – 45	284 - 253

3.13 Análisis Estadístico.

Se realizó un análisis de varianza, considerando cada una de las características evaluadas rendimiento por tratamiento y peso promedio por fruto, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico JMP 8.

IV. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos se presentan en tres apartados: 1) análisis químicos en suelo y planta (solución del suelo y análisis del extracto celular de peciolo), 2) manejo del cultivo y 3) rendimiento.

4.1. Análisis químicos.

El apropiado balance de nutrientes permite a las plantas un adecuado desarrollo disminuyendo la probabilidad de presentar plagas y enfermedades y aumentar los rendimientos. Los estados patológicos debidos a la escasez de oligoelementos pueden apreciarse en las plantas, muchas veces, por síntomas y alteraciones metabólicas observados a simple vista, incluso con signos específicos que permiten identificar al elemento causante de la enfermedad o del síntoma (Urrestreazu, 2004).

4.1.1 Solución del Suelo (SS).

El análisis de la SS se logra a partir de la colocación de las sondas de succión permiten cuantificar, *in situ*, la composición química de la solución en contacto con las raíces (Salas *et al.*, 2009).

En cuanto a los niveles de referencia para establecer una adecuada composición de la solución del suelo, Romo (2006), afirma que el material genético, las características del agua de riego y su variación en el ciclo son factores que dificultan identificar indicadores reales y aplicables a cualquier condición edafoclimática. También se considera que la profundidad del suelo, la distribución de los nutrientes antes y después del fertirriego, su evolución durante el ciclo de crecimiento y la situación dentro del invernadero pueden modificar la solución en contacto con las raíces (Lao *et al.*, 2003).

4.1.1.1 Nitrógeno en su forma NO_3^- .

El contenido de nitratos en la solución del suelo más altas se obtuvieron en los tratamientos con nutrición química Steiner; con conductividad eléctrica de 3 (tratamiento 11; FQS-3) tuvo valores de hasta 1723 ppm, seguido por los de CE de 4 y 2.5 (tratamientos 12 y 10) con valores de 1026 y 850 ppm respectivamente, superando en un 247% a 47% los valores recomendados por Castellanos (2009) que son de 310-496 ppm en la etapa de cosecha.

En relación a la fertilización orgánica el tratamiento 2 con conductividad eléctrica de 2 (FOC-2) tuvo una alta concentración en suelo del orden de 1030 ppm para ser absorbidas por la planta.

Los tratamientos que mostraron deficiencias fueron el 8 (FH-4), tratamiento 13 (FB-3) con niveles considerados como moderadamente bajos de 187.33 y 223.33 ppm respectivamente, mientras que los tratamientos 7 (FH-3) y 15 (FL-3) también correspondiente a fertilización orgánica tuvieron un nivel bajo de 186 ppm y 184.33 ppm. En el Cuadro 4.1, se muestra la clasificación de la cantidad de NO_3^- encontradas en el suelo.

Cuadro 4.1. Concentración de NO_3^- en la solución del suelo.

Tratamiento	Clave	Promedio	Desviación Estándar	Nivel
1	FOC-2	530.33	488.00	Mod. Alto
2	FOC-2.5	1030.00	1251.75	Muy Alto
3	FOC-3	113.33	12.47	Muy bajo
4	FOC-4	423.67	409.15	Medio
5	FH-2	380.00	171.46	Medio
6	FH-2.5	363.33	315.84	Medio
7	FH-3	186.00	94.76	Bajo
8	FH-4	187.33	93.10	Mod. Bajo
9	FQS-2	730.00	361.75	Mod. Alto
10	FQS-2.5	850.00	602.16	Muy Alto
11	FQS-3	1723.33	636.99	Muy Alto
12	FQS-4	1026.67	534.25	Muy Alto
13	FB-3	223.33	54.37	Mod. Bajo
14	FF-3	313.33	174.42	Medio
15	FL-3	184.33	69.07	Bajo

La figura 32 muestra los tratamientos que están tanto dentro como fuera de los rangos considerados como adecuados por Castellanos (2009).

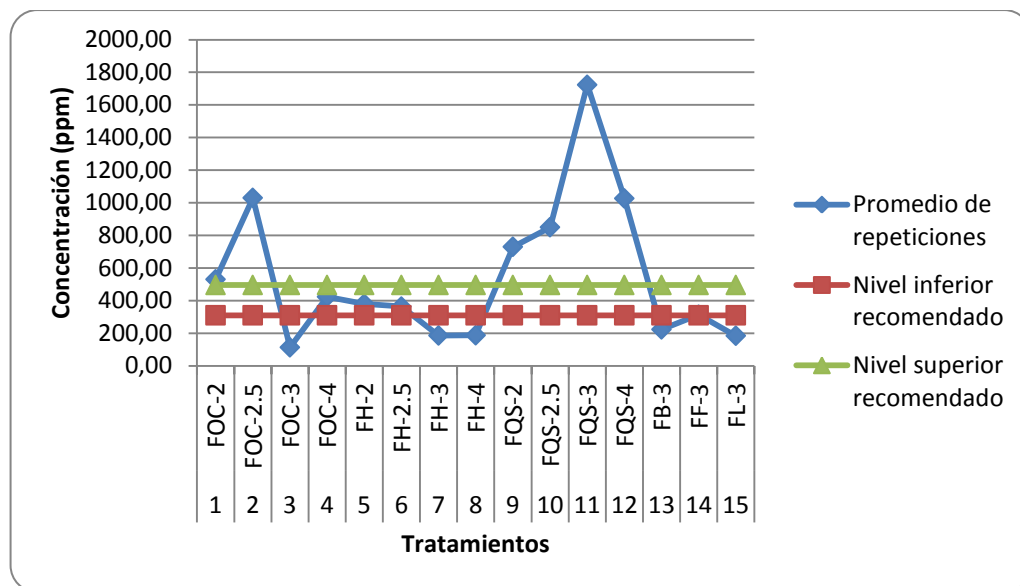


Figura 32. Concentraciones de NO_3^- en la solución del suelo. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

La movilidad del NO_3^- en el suelo constituye uno de los factores que pudo incidir en las variaciones determinadas. Este anión se considera muy móvil y una vez en el suelo, no entra en las reacciones de intercambio que se producen con el complejo absorbente del suelo, por lo que inmediatamente después de su aplicación estará disponible para las plantas. Lo anterior pudo traer como consecuencia que en el momento del muestreo ya la planta había consumido parte del NO_3^- aplicado y que su concentración en la solución del suelo disminuyera al momento de tomar la muestra, por ejemplo en los tratamientos que mostraron deficiencias (T7, FH-3, T15 FL-3).

Burgueño y colaboradores (1999), sugieren niveles en un suelo arcillosos de 250 a 300 ppm en la etapa de producción y para un suelo limoso de 40 a 80 ppm, en este experimento todas las mediciones superaron los niveles sugeridos por estos autores.

Es necesario el monitoreo del NO_3^- con el objetivo de evitar el exceso y la posible contaminación producida por nitratos de origen agrario. Pero no solo es importante diagnosticar un exceso de N en suelo, pues una baja concentración

puede ser indicativo no solo de una deficiencia de N, sino también de un excesivo régimen de riego con peligros de lixiviación y contaminación de las aguas subterráneas. En promedio al día se regaban 952 ml de solución nutritiva por planta, inferior a lo recomendado por Flores (2007) de 1500 ml en la etapa de mayor demanda. Por lo que podríamos descartar problemas de lixiviación. Sin embargo, para poder comprobarse se tendría que poner un chupatubo a mayor profundidad por debajo del sistema radicular de la planta.

Las causas que generan estas grandes variaciones entre tratamientos con el mismo valor de conductividad eléctrica pero que están clasificados como orgánicos y químicos de acuerdo a su fuente de fertilización pudieron deberse a: las altas tasas de absorción del cultivo (lo podemos comprobar con los excesos que se muestran en el ecp), la descomposición de la materia orgánica (que a su vez está influenciada por la temperatura y la actividad microbiana) y el ser un elemento móvil en el suelo que se lixivia con facilidad.

4.1.1.2 Calcio (Ca).

En el contenido de calcio en extracto de suelo hubo variaciones entre promedios de los tratamientos en intervalos desde 63.33 a 180 ppm, cuadro 4.2.

De los tratamientos químicos solo el 11 (FQS-3) con una conductividad eléctrica de 3 dS/m tuvo deficiencias con 77.67 ppm estando por debajo en 36.67% del valor mínimo óptimo propuesto por Castellanos (2009), que debería estar en el intervalo de 100-200 ppm. En lo que respecta a los tratamientos orgánicos 4, 5, 7 (FOC-4, FH-2, FH-3) también tuvieron deficiencias del orden de 16.67, 3.33, 30.0% respectivamente.

Los bajos niveles de Ca que se presentaron en la solución del suelo pudieron deberse a la elevada presencia de otros iones antagónicos (como sodio, potasio o magnesio), o a un pH alcalino (pH por encima de 8.2) que pudo haber

imposibilitado la liberación del calcio. En el Cuadro 4.2, se presenta la clasificación de la concentración de Ca encontrada en la solución del suelo.

Cuadro 4.2. Concentración de Ca⁺⁺ en la solución del suelo.

Tratamiento	Clave	Contenido de Ca (ppm)	Desviación estándar	Nivel
1	FOC-2	160.00	43.59	Medio
2	FOC-2.5	116.67	92.92	Medio
3	FOC-3	130.00	100.00	Medio
4	FOC-4	83.33	80.21	Mod. Bajo
5	FH-2	96.67	66.58	Mod. Bajo
6	FH-2.5	146.67	64.29	Medio
7	FH-3	70.00	121.24	Mod. Bajo
8	FH-4	143.33	49.33	Medio
9	FQS-2	160.00	60.00	Medio
10	FQS-2.5	180.00	202.98	Medio
11	FQS-3	63.33	77.67	Mod. Bajo
12	FQS-4	103.33	90.18	Medio
13	FB-3	100.00	90.00	Medio
14	FF-3	156.67	77.67	Medio
15	FL-3	116.67	57.74	Medio

Los tratamientos cuatro (FOC-4), cinco (FH-2), siete (FH-3), once (FQS-3), presentaron deficiencia de Calcio, sin embargo no se mostraron problemas en frutos y planta como los reportados por Epstein and Bloom, 2004. La figura 33 muestra la concentración promedio de Ca en la solución del suelo.

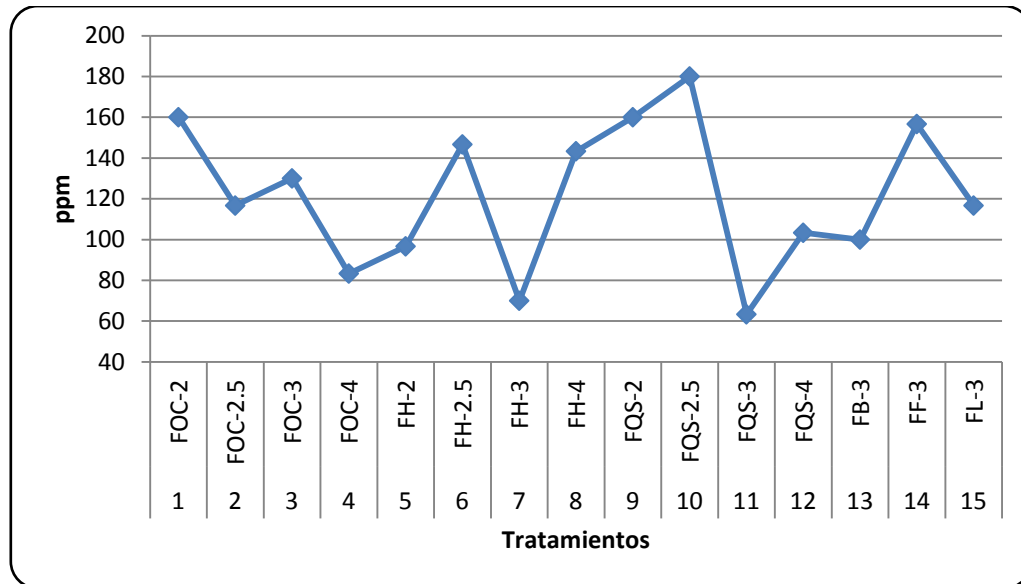


Figura 33. Concentraciones promedio de Calcio en la solución del suelo.

FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica)

Lezcano (2004) plantea que en condiciones de alta temperatura y evapotranspiración el crecimiento del fruto es muy intenso, sin embargo la movilidad del Ca^{++} en la planta es lenta, por lo que la cantidad de Ca^{++} que llega al fruto no es suficiente para cubrir la demanda nutricional en cultivares de alto rendimiento, con una tendencia a acumularse en la planta o en el suelo. A esto se une que el Ca^{++} , al igual que el Mg^{++} , es absorbido por la planta a una velocidad menor que la del transporte por el flujo de agua, por lo que tienden a acumularse en la superficie de la raíz. Esta particularidad, unida a que la planta realiza una escasa absorción del elemento pudo incidir en que el Mg^{++} se acumulara también en la solución del suelo; resultados que coinciden con los obtenidos por Triana (2001) y Lao *et al.* (2004), quienes calcularon un incremento del Mg^{++} en torno a la raíz de hasta 210%.

Se observa que el calcio y el magnesio se mantienen en la solución nutritiva en un equilibrio aproximado de 2:1, manteniéndose en la solución del suelo.

4.1.1.3 Fosforo (P).

Los niveles de fosforo en la solución del suelo son muy bajos, en comparación con los niveles aportados, ya que al llegar al suelo precipitan como fosfatos de calcio y magnesio quedando en solución niveles muy bajos, estos resultados se muestran en el Cuadro 4.3 y la Figura 34. Sin embargo ni la planta ni los frutos mostraron carencias de este elemento.

En muchos suelos la descomposición de la materia orgánica y los residuos de cultivos contribuyen al fósforo disponible.

Algunos de los factores que afectan la disponibilidad del fosforo es la acidez del suelo, el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de este elemento se encuentra entre 6.5 y 7.5, pasando este cierto nivel comienzan a precipitar ciertas formas de fosfatos de calcio y nuevamente se reduce la disponibilidad de fosforo, sin embargo podemos descartar que esta haya sido la causa de los bajos niveles de fosforo ya que el rango de pH encontrado en la SS fue de 6.28-7.45.

La agregación de estiércol y otros compuestos orgánicos favorecen la asimilación del fosforo e incrementan el contenido de P disponible en los suelos.

Se recomienda hacer un análisis de fertilidad de suelos para saber si es necesario hacer un encalado del suelo que favorezca la disponibilidad del fosforo por la precipitación del aluminio.

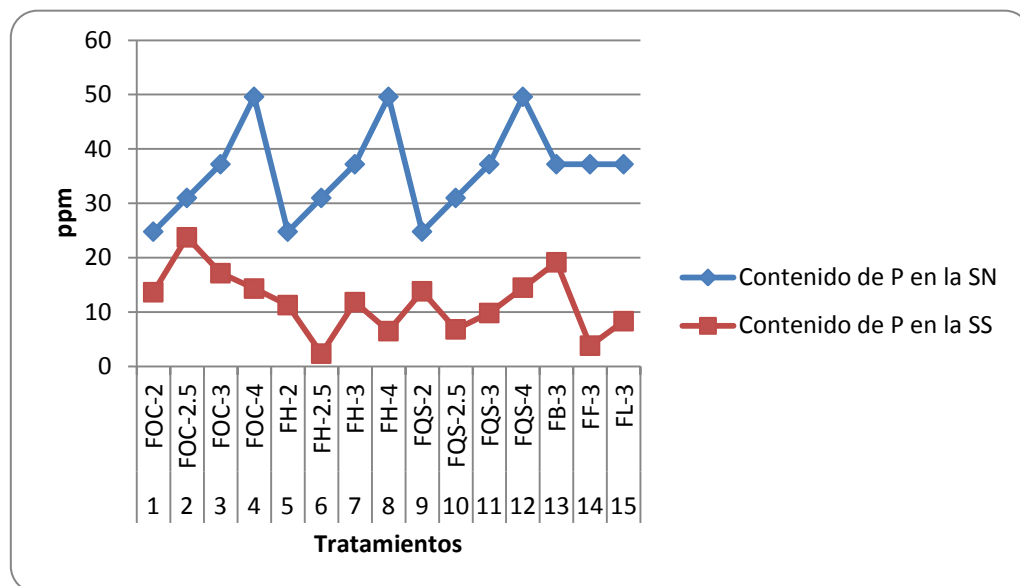


Figura 34. Concentraciones de P, en la solución nutritiva y en la solución del suelo. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica)

Cuadro 4.3. Niveles de P en la solución nutritiva (SN) y solución del suelo (SS)

Tratamiento	Clave	Contenido de P en la SN (ppm)	Contenido de P en la SS (ppm)
1	FOC-2	24.8	13.66
2	FOC-2.5	31.0	23.76
3	FOC-3	37.2	17.16
4	FOC-4	49.6	14.33
5	FH-2	24.8	11.29
6	FH-2.5	31.0	2.36
7	FH-3	37.2	11.83
8	FH-4	49.6	6.5
9	FQS-2	24.8	13.83
10	FQS-2.5	31.0	6.83
11	FQS-3	37.2	9.83
12	FQS-4	49.6	14.5
13	FB-3	37.2	19.16
14	FF-3	37.2	3.83
15	FL-3	37.2	8.33

4.1.1.4 Potasio (K).

Castellanos (2009), recomienda intervalos de 78-117 ppm de K, pero se necesitan mantener estos niveles de potasio en el suelo, en función de los valores de calcio y magnesio.

En el Cuadro 4.4 y la Figura 35, se muestran los niveles de K obtenidos en la solución del suelo que van desde un nivel moderadamente bajo a moderadamente alto, estos últimos en los tratamientos con nutrición química Steiner con conductividad eléctrica de 2.5, 3 y 4 (tratamientos 10, 11 y 12). Los tratamientos orgánicos 5 y 13 fueron los únicos que tuvieron un nivel óptimo 104 y 101.33 ppm respectivamente. El resto de los tratamientos al momento de hacer los análisis tuvieron deficiencias.

Cuadro 4.4. Niveles de K en la solución del suelo.

Tratamiento	Clave	Contenido de K ⁺	Desv. Estándar	Nivel
1	FOC-2	65.33	32.22	Mod. Bajo
2	FOC-2.5	57.33	36.89	Mod. Bajo
3	FOC-3	53.33	11.81	Mod. Bajo
4	FOC-4	59.33	19.75	Mod. Bajo
5	FH-2	104.00	68.06	Medio
6	FH-2.5	26.00	21.23	Bajo
7	FH-3	41.33	21.31	Mod. Bajo
8	FH-4	68.00	14.24	Mod. Bajo
9	FQS-2	62.00	31.03	Mod. Bajo
10	FQS-2.5	121.33	57.53	Mod. Alto
11	FQS-3	166.67	47.14	Mod. Alto
12	FQS-4	166.67	47.14	Mod. Alto
13	FB-3	101.33	70.45	Medio
14	FF-3	30.67	6.80	Bajo
15	FL-3	34.67	16.76	Bajo

La acumulación de Ca en el suelo puede ser la causa de posibles carencias de K, las cuales provocan los conocidos ripening, coloraciones irregulares de los

frutos. Sin embargo no se tuvieron los problemas mencionados y al revisar los niveles de calcio en la solución del suelo no hubo exceso que pudiera inhibir la absorción del K.

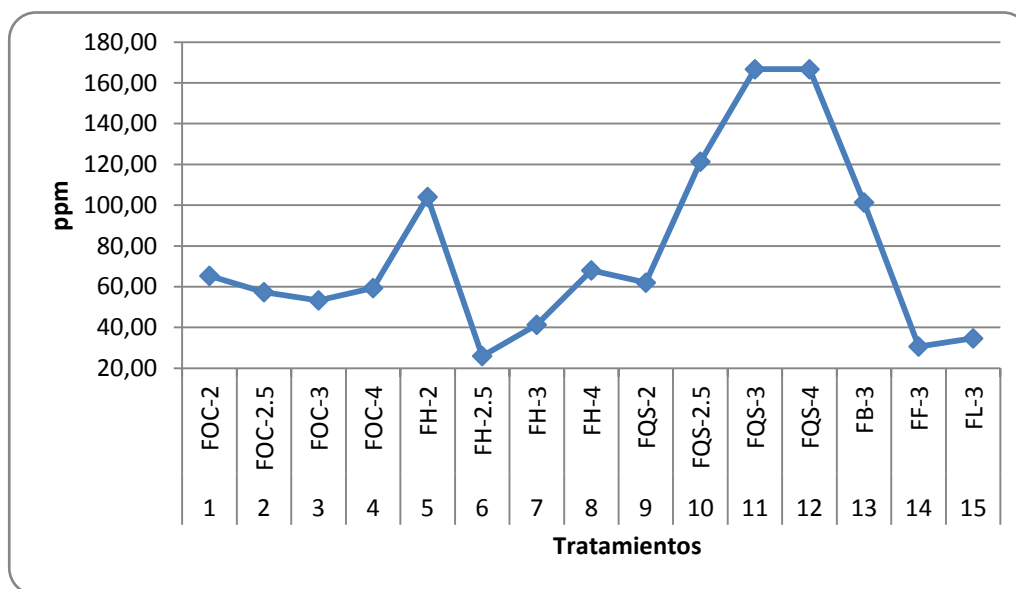


Figura 35. Concentraciones promedio de K, en la solución del suelo. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

El tomate requiere de grandes cantidades de K en los períodos de llenado del fruto y de cosecha, necesarias para sustentar la formación del rendimiento, esta alta demanda del cultivo pudo traer como consecuencia que el K aplicado en solución nutriente fuera rápidamente absorbido por la planta y que los contenidos variaran entre la fertirrigación y la toma de la muestra lo que se encuentra en correspondencia con lo planteado por Guzman (2006), quien establece como uno de los problemas en el control y monitoreo de los nutrientes en la solución del suelo o del sustrato, es la rápida movilidad de algunos iones. Este autor clasifica al K^+ como un elemento de absorción rápida, conjuntamente con el NO_3^- , el NH_4^+ y el $H_2PO_4^-$, los cuales pueden ser removidos de la solución en pocas horas. La baja concentración de K^+ en la solución del suelo varía significativamente ante

cambios en factores ambientales, aunque no se monitoreo la temperatura este factor pudo ser determinante para tener una baja concentración de K o también pudo ser rápidamente absorbido por la planta por lo que no se registraron niveles óptimos en el estudio realizado ni deficiencias visuales en la planta ni en fruto.

4.1.1.5 Magnesio (Mg).

El contenido de magnesio en la solución del suelo más alto se obtuvo en el tratamiento con nutrición química Steiner; el de conductividad eléctrica de 2 (tratamiento 9; FQS-2) tuvo un valor promedio de 91.67 ppm, clasificado de acuerdo con Castellanos (2009), como moderadamente alto. Mientras que el único tratamiento que se encontró dentro de los rangos sugeridos como óptimos por el mismo autor de 36-60 ppm fue el catorce con nutrición orgánica fermento de excremento de vaca, con una conductividad eléctrica de 3 dS/m (FF-3). El resto de los tratamientos estuvieron por debajo de los niveles sugeridos quedando clasificados de un nivel bajo a muy bajo.

Cuadro 4.5. Niveles de Mg en la solución del suelo.

Tratamiento	Clave	Contenido de Mg (ppm)	Desviación Estándar	Varianza	Nivel
1	FOC-2	8.33	4.71	33.33	Muy bajo
2	FOC-2.5	26.67	14.34	308.33	Mod. Bajo
3	FOC-3	25.00	4.08	25.00	Mo. Bajo
4	FOC-4	15.00	14.72	325.00	Bajo
5	FH-2	8.33	4.71	33.33	Muy Bajo
6	FH-2.5	16.67	6.24	58.33	Bajo
7	FH-3	11.67	2.36	8.33	Muy Bajo
8	FH-4	6.67	2.36	8.33	Muy Bajo
9	FQS-2	91.67	62.49	5858.33	Mod. Alto
10	FQS-2.5	30.00	14.72	325.00	Mod. Bajo
11	FQS-3	30.00	18.71	525.00	Mod. Bajo
12	FQS-4	36.67	26.25	1033.33	Mod. Bajo
13	FB-3	10.00	4.08	25.00	Muy Bajo
14	FF-3	48.33	57.78	5008.33	Medio
15	FL-3	5.00	4.08	25.00	Muy Bajo

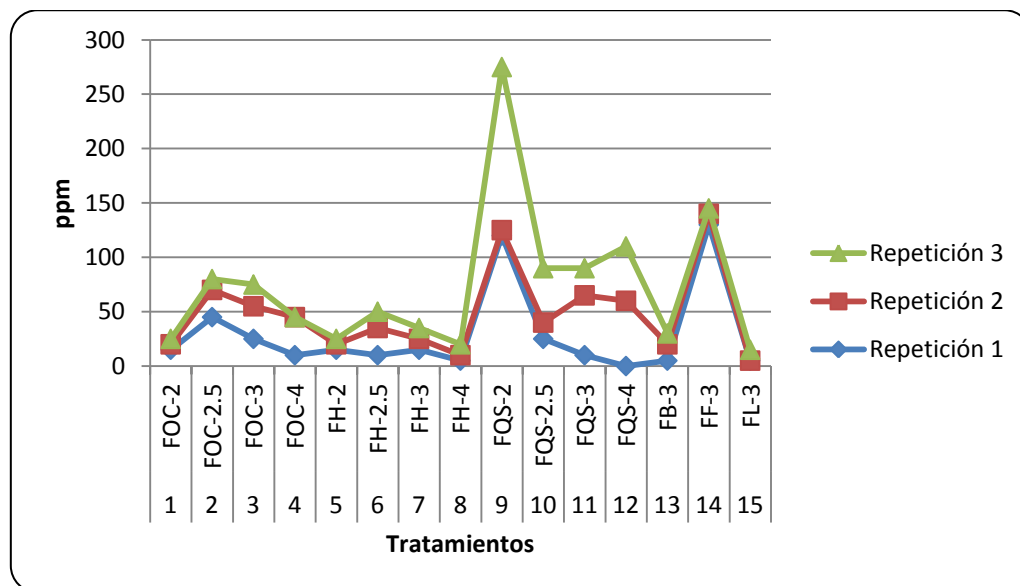


Figura 36. Concentraciones de Mg, en la solución del suelo. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

Los niveles de deficiencia de magnesio se pueden asociar con una relación antagónica entre los iones de magnesio y otros cationes tales como el hidrógeno, amonio, calcio, potasio, o sodio. Estos cationes pueden competir con el magnesio para los sitios de unión sobre los coloides del suelo, aumentando la probabilidad de que el magnesio se lixivie de suelos después de que ha sido liberado de los sitios de intercambio.

Las altas concentraciones de calcio en solución o en suelos de campo a veces limitan la acumulación de magnesio y pueden provocar síntomas de deficiencia de este elemento. En el tomate, la concentración de magnesio en los brotes y frutas disminuye a medida que la tasa de fertilización de calcio incrementado.

El nitrógeno puede inhibir o promover la acumulación de magnesio en las plantas, dependiendo de la forma de nitrógeno: con amonio, la absorción de magnesio se suprime y con nitrato, la absorción de magnesio se incrementa.

4.1.1.6 Sulfato (SO_4^{-2}).

Los contenidos de sulfatos van de un nivel muy bajo principalmente en los tratamientos orgánicos con fertilización local (Bokashi, hormiga, lixiviado y biol) a un nivel de moderadamente bajo en los tratamientos orgánicos comerciales (Vermiliq) y químico Steiner.

La concentración menor obtenida fue de 31.67 ppm en los tratamientos orgánicos cinco y 13 (FH-2, FB-3) con 31.67 ppm, mientras que la mayor se presentó en los tratamientos uno (FOC-2) y diez (FQS-2.5), el primero con nutrición orgánica comercial y el segundo químico Steiner en ambos casos de 100 ppm muy por debajo del recomendado por Castellanos (2009), que es de 192-288 ppm, los resultados se muestran en el Cuadro 4.6.

Cuadro 4.6. Niveles de SO_4^{-2} en la solución del suelo.

Tratamiento	Clave	Concentración de SO_4^{-2}	Desviación Estándar	Varianza	Nivel
1	FOC-2	100.00	0.00	0.00	Mod. Bajo
2	FOC-2.5	96.67	4.71	33.33	Mod. Bajo
3	FOC-3	93.33	9.43	133.33	Bajo
4	FOC-4	96.67	4.71	33.33	Mod. Bajo
5	FH-2	31.67	28.96	1258.33	Muy Bajo
6	FH-2.5	78.33	30.64	1408.33	Bajo
7	FH-3	50.00	17.80	475.00	Bajo
8	FH-4	71.67	27.18	1108.33	Bajo
9	FQS-2	69.00	12.19	233.00	Bajo
10	FQS-2.5	100.00	0.00	0.00	Mod. Bajo
11	FQS-3	86.67	9.43	133.33	Bajo
12	FQS-4	96.67	4.71	33.33	Mod. Bajo
13	FB-3	31.67	14.34	308.33	Muy Bajo
14	FF-3	63.33	24.61	908.33	Bajo
15	FL-3	35.00	14.72	325.00	Muy Bajo

La Figura 37 muestra el comportamiento que tuvo la solución del suelo en los diferentes tratamientos.

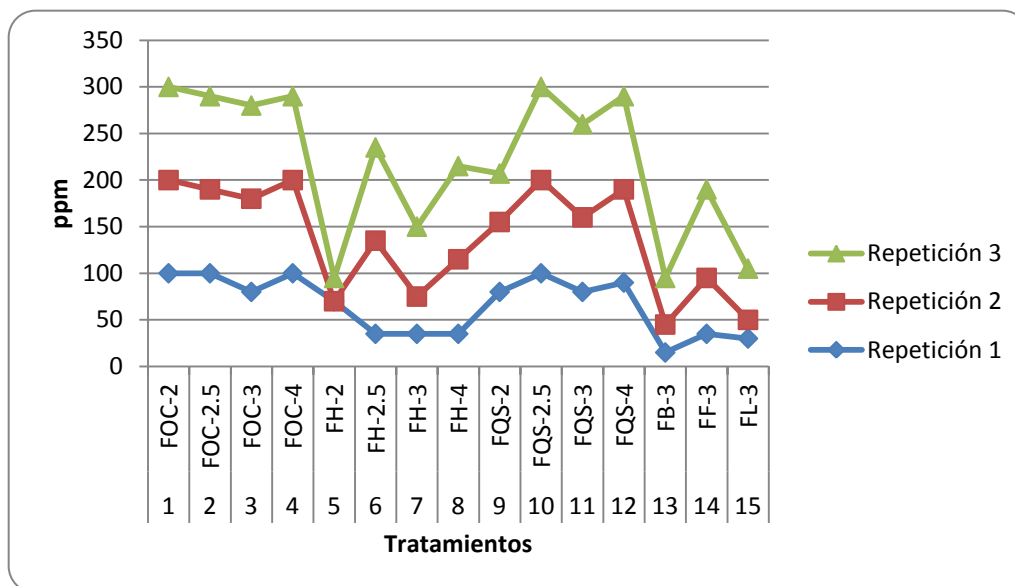


Figura 37. Tendencia del SO_4^{-2} en los diferentes tratamientos en la solución del suelo. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

Los bajos niveles encontrados de sulfatos pudieron deberse a que fueron rápidamente tomados por las raíces de las plantas, dado que las soluciones nutritivas tuvieron altas concentraciones sulfatos mediante fertilizantes sulfatados sobre todo en las nutriciones orgánicas con productos comerciales (como sulfato de potasio, sulfato de calcio) además de que para regular el pH se usó ácido sulfúrico en las soluciones nutritivas químicas Steiner.

La mayoría de los sulfatos son solubles y expuestos a perderse por lixiviación lo que también pudo haber sido una causa de los bajos niveles de sulfatos, pero algunos pueden ser retenidos por un proceso de absorción y fijación. La descomposición de la materia orgánica y el proceso de mineralización no son lo suficientemente rápidos para cumplir con el requerimiento de azufre del cultivo. El proceso de mineralización es un resultado de la actividad microbiana. En este proceso el azufre se convierte en la forma de sulfato (SO_4^{-2}), que está fácilmente disponible para las plantas. La mineralización se ve afectada por temperatura, pH, tipo de suelo, especie de bacteria, humedad, materia orgánica y la relación C/S.

O pudo haber ocurrido una inmovilización del azufre es el proceso en el que el sulfato disponible se convierte de nuevo en la forma orgánica.

4.1.2 Extracto celular de peciolo (ecp).

Solo se reporta un análisis del ecp a los 140 ddt, los resultados de la concentración de NO_3^- , Na y K en las plantas para cada tratamiento se muestran en las Figuras 38, 39 y 40 respectivamente.

4.1.2.1 Concentración de Nitratos (NO_3^-).

En la Figura 38, se observa que todos los tratamientos superan el rango de 600 – 800 ppm de NO_3^- , recomendado como adecuado por Castellanos (2009), para el cultivo de tomate. Las concentraciones mas altas se obtuvieron en los tratamientos con nutrición química Steiner. El tratamiento con conductividad eléctrica de 4 (tratamiento 12; FQS-4) tuvo valores hasta de 6200 ppm promedio, seguido por los de CE de 3 y 2.5 (tratamientos 11 y 10 respectivamente) con valores de 4933 y 2600 ppm respectivamente. En las tres repeticiones se observó la misma tendencia de ser mejor absorbidos (o similares) por la planta.

Con relación a los fertilizantes orgánicos, el tratamiento 14, (FF-3) con fermento de estiércol de vaca, se obtuvieron hasta 2800 ppm de NO_3^- en ecp siendo el que presentó mayor concentración. La concentración de NO_3^- en el extracto celular de peciolo es un indicador que refleja el estado nutricional de la planta como respuesta a diferentes condiciones del medio de crecimiento, y en este caso en particular es un reflejo de la concentración de nitratos de la solución nutritiva. En las soluciones de suelo el rango para elemento en etapa de cosecha es recomendable de 600 a 800 ppm. Sin embargo, como se observa en la figura 32, todos los tratamientos exceden estos valores. Lo anterior nos puede indicar que la disponibilidad de este elemento en el suelo era mayor y que no era

necesario suministrarlo en la solución nutritiva lo cual nos pudiera dar un ahorro en fertilizantes nitrogenados. Estos excesos nos traen como consecuencia una planta muy vegetativa, la proliferación de plagas y enfermedades, además de una reducción en la producción, lo cual ha sido reportado por Mondragon (2005).

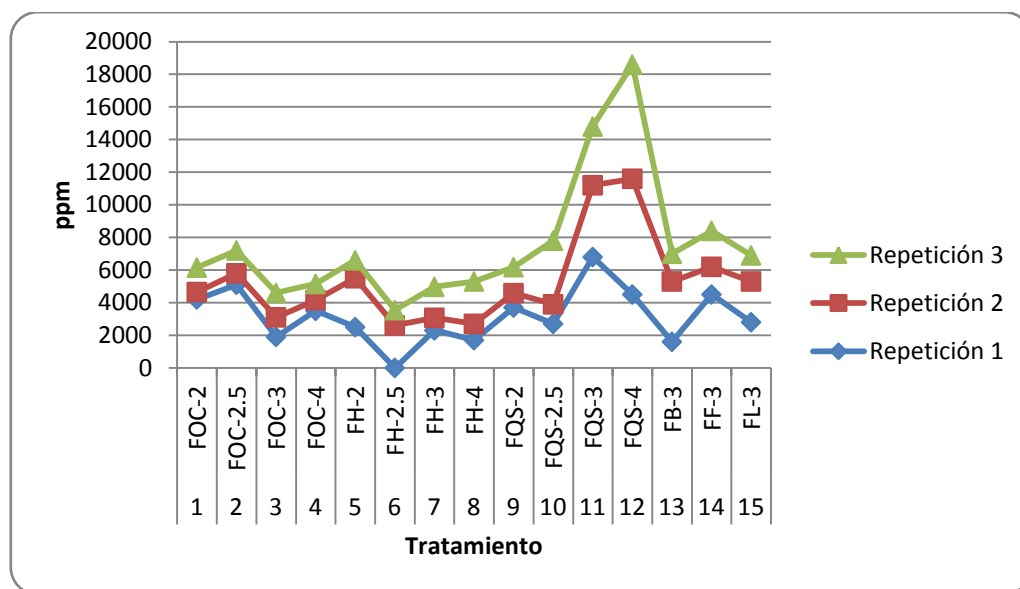


Figura 38. Concentraciones de NO_3^- , en el extracto celular de peciolo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes tratamientos de fertilización. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

4.1.2.2 Concentración de Sodio (Na^+).

Las concentraciones de Na^+ en ecp se comportaron de la siguiente manera: en el tratamiento 11 (FQS-3) con fertilización química Steiner, tuvo un valor de 16 ppm lo mismo que se reporta en el tratamiento tres (FOC-3) con nutrición orgánica con productos comerciales. El valor más bajo registrado fue en el tratamiento químico Steiner 10 (FQS-2.5) con un contenido promedio entre las tres repeticiones de 11 ppm, valores muy por debajo de las 50 ppm que recomienda Burgueño (1999) como óptimo. En la figura 39 se observa que la concentración en el ecp sigue la misma tendencia en las tres repeticiones.

Cuadro 4.7. Niveles de Na en el extracto celular de peciolo.

Tratamiento	Na				
	Clave	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
1	FOC-2	4	5	4	13
2	FOC-2.5	4	5	4	13
3	FOC-3	3	6	7	16
4	FOC-4	3	5	5	13
5	FH-2	4	5	4	13
6	FH-2.5	3	7	5	15
7	FH-3	4	5	5	14
8	FH-4	3	5	6	14
9	FQS-2	4	4	4	12
10	FQS-2.5	3	5	3	11
11	FQS-3	5	5	6	16
12	FQS-4	4	4	4	12
13	FB-3	2	6	4	12
14	FF-3	8	4	3	15
15	FL-3	4	4	7	15

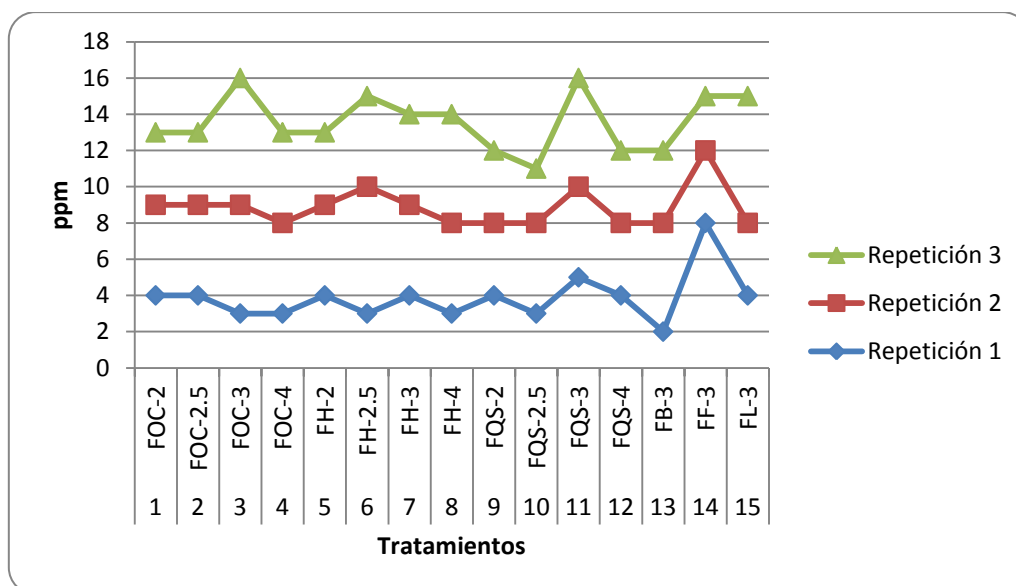


Figura 39. Tendencia de la concentraciones de Na⁺ obtenidas en el extracto celular de peciolo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

4.1.2.3 Concentración de Potasio (K).

En la figura 40, se observan los niveles de K^+ en el ecp, los cuales se encuentran alrededor de 33 ppm como mínimo en el tratamiento 10 (FQS-2.5) con fertilización química Steiner y un valor máximo de 57 ppm en el tratamiento siete (FH-3) con fertilización orgánica de la segunda repetición. De manera que podemos concluir que la mayor concentración de K^+ se sitúa en la parte oriente del invernadero que corresponde a la repetición uno.

Burgueño (1999), reportó que en la etapa de producción los niveles K deben estar en alrededor de 4300 ppm y Castellanos (2009), sugiere 3500-5000 ppm en la etapa de cosecha, si tomamos estos datos como referencia en todos los tratamientos presentamos deficiencias de K. Por la etapa en que se hizo el análisis (140 ddt) en plena producción o cosecha es cuando la planta tiene alta demanda de este elemento, el cual usa para dar calidad y firmeza al fruto. Lo que es indicativo de que el potasio suministrado al cultivo fuera destinado por la misma planta hacia el fruto, esto a razón de que los frutos no presentaron deficiencias de este elemento, como una maduración irregular a lo largo de la superficie del fruto, o la aparición de una mancha amarillenta en forma de estrella en el ápice del fruto. No hubo síntomas en el fruto que nos indicaran una deficiencia de potasio. El resultado coincide con Castro *et al.* (2000), que en la fase de crecimiento vegetativo encontró altos contenidos de K y que luego decrecieron hacia la madurez de los frutos.

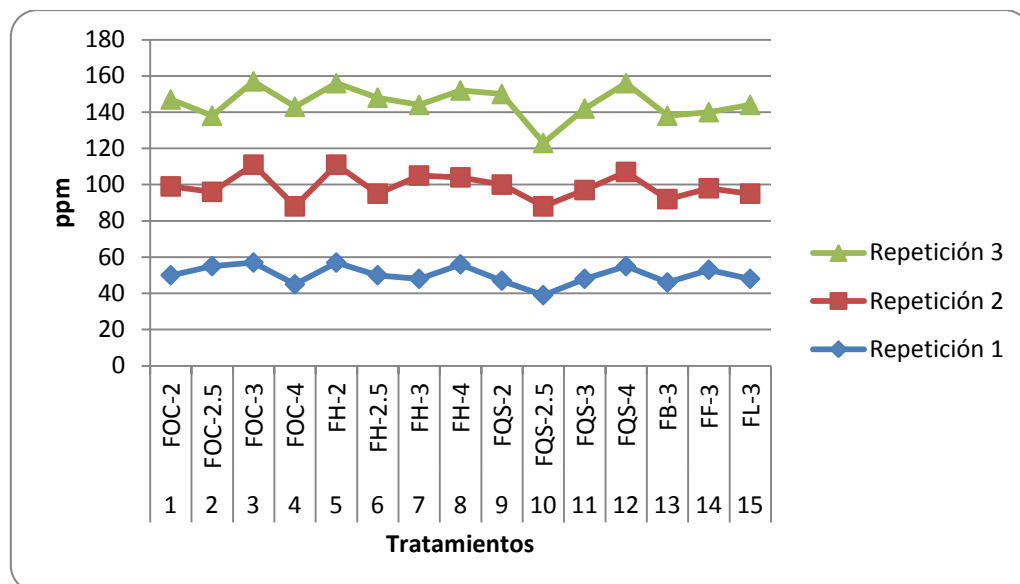


Figura 40. Tendencia de la concentraciones de K^+ obtenidas en el extracto celular de peciolo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz. (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

4.2 pH.

El pH de la solución fertilizante estuvo entre 5,5 – 5.80, mientras que en la solución del suelo fue de 6.28 – 7.45 , ambos valores se consideran aceptables según lo establecido por Alarcón (2000), quien plantea que la correcta neutralización del ión HCO_3^- presente en el agua de riego permitirá obtener un pH a la salida del gotero de 5.50 – 6.50 y entre 6.00-7.20 en la solución nutriente en contacto con las raíces.

4.3 Manejo del cultivo.

4.3.1 Manejo fitosanitario.

Las plagas presentes en el cultivo no fueron de gran problema ya que se controlaron de manera oportuna con aplicaciones combinadas y alternadas de: Biode, Biocrak, Biohunter y extractos herbales teniendo como ingrediente activo

extracto de ajo o aceite de neem, aceite mineral pironim, todos ellos productos orgánicos sin embargo; se tuvieron que aplicar productos químicos como carrier y malathion cuando se notó que la población de mosquita blanca empezó a aumentar, además de aplicar cal micronizada y specifik (*Bauveria bassinum*) para matar los huevecillos. Las aplicaciones se hicieron de acuerdo a las dosis recomendadas según etiqueta del producto con una mochila motorizada de 20 litros de capacidad. En el anexo se presenta el producto aplicado, dosis aplicada y cual fue el objetivo o causa de la aplicación.

Para el control de hongos se usaron los siguientes productos Biopack, proselective, bactrimicin 100, agrimicin 100, sulfocop, inmunil, matesyxfox. Como preventivos contra la alternaría se usaron productos químicos; oxicobmix, ridomil gold y clososel. En el anexo se presenta la tabla con los datos de aplicaciones.

4.4 Rendimiento.

4.4.1 Rendimiento total por tratamiento.

El rendimiento promedio de todos los tratamientos obtenido durante el periodo de evaluación al racimo 18, (259 ddt). El de mayor rendimiento obtenido fue de 184.010 kg para el tratamiento 9 (FQS-2) que corresponde a fertilización química Steiner con una conductividad eléctrica de 2 dS/m, y el tratamiento con menor rendimiento fue el 14 (FF-3) con 112.79 kg. De los tratamientos con nutrición orgánica el que presentó mejores resultados fue el 2 con 173.45 kg apenas 5.73% por debajo del tratamiento 9 (FQS-2).

Ojodeagua *et al.* (2008), en un trabajo realizado en Celaya, Guanajuato, reportaron que el rendimiento comercial del fruto de tomate variedad Girona (tipo bola), disminuye 10.2% por cada unidad de incremento de la CE de la solución nutritiva a partir de 3 dS/m, generado por una reducción en el tamaño del fruto. En este trabajo coincidimos con los resultados obtenidos por Ojodeagua y

colaborados, los tratamientos con conductividad eléctrica de 4 dS/m presentaron los rendimientos bajos como se puede observar en el cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Producción neta de tomate durante la etapa de evaluación por tratamiento.

Tratamiento	Clave	Conductividad Eléctrica dS/m	kg/tratamiento
1	FOC-2	2	153.68
2	FOC-2.5	2.5	173.45
3	FOC-3	3	160.82
4	FOC-4	4	148.44
5	FH-2	2	131.62
6	FH-2.5	2.5	147.28
7	FH-3	3	138.44
8	FH-4	4	138.92
9	FQS-2	2	184.01
10	FQS-2.5	2.5	175.99
11	FQS-3	3	147.29
12	FQS-4	4	159.21
13	FB-3	3	164.42
14	FF-3	3	112.79
15	FL-3	3	154.03

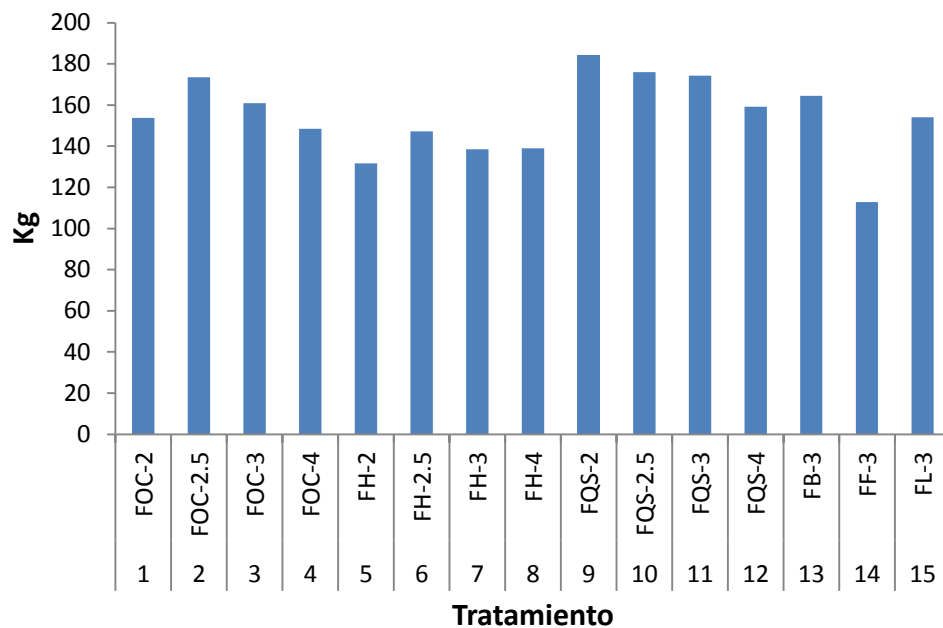


Figura 41. Rendimiento de tomate variedad Cedral bajo diferentes fuentes de fertilización. FOC= Fertilizante Orgánico Comercial, FH= Hormiga, FQS= Químico Steiner, FB=Bokashi, FF=Fermento Biol y FL= Lixiviado de Lombriz (Los números corresponden a la conductividad eléctrica).

4.4.2 Rendimiento por planta.

Para la variable rendimiento por planta en kilogramos, el mejor tratamiento fue el inorgánico T9 (FQS-2) superando en un 6% al tratamiento T2 (FOC-2.5) que fue el que presentó mayor rendimiento de los tratamientos orgánicos.

Cuiris (2005), reportó un rendimiento de 5.2 a 4.4 kg/planta con fertilización química, y por el otro lado el tratamiento orgánico una media de 2.2 kg/planta, en ambos casos siendo inferiores a los resultados obtenidos en este trabajo.

Cuadro 4.9. Rendimiento por planta del cultivo de tomate bola variedad Cedral.

Tratamiento	Clave	Conductividad Eléctrica dS/m	Rendimiento por planta (Kg)
1	FOC-2	2	5.12
2	FOC-2.5	2.5	5.78
3	FOC-3	3	5.36
4	FOC-4	4	4.95
5	FH-2	2	4.39
6	FH-2.5	2.5	4.91
7	FH-3	3	4.61
8	FH-4	4	4.63
9	FQS-2	2	6.13
10	FQS-2.5	2.5	5.87
11	FQS-3	3	4.91
12	FQS-4	4	5.31
13	FB-3	3	5.48
14	FF-3	3	3.76
15	FL-3	3	5.13

4.4.3 Rendimiento por m².

Fonseca (2000), menciona que para que la producción sea redituable deben obtenerse por lo menos 15 kg/m², si tomamos en consideración este criterio el tratamiento 14 (FF-3) no sería rentable por tener un rendimiento promedio de 14.59 kg/m², sin embargo es con nutrición orgánica de fermento de estiércol de ganado vacuno que podría reducir los costos de producción al disminuir la compra de fertilizantes minerales y darle un mayor valor comercial al producto, todos los tratamientos restantes superaron los 15 kg/m². La densidad de siembra que se manejo durante el experimento fue de 3.8 plantas por m².

Cuadro 4.10. Rendimiento por m²

Tratamiento	Clave	Conductividad Eléctrica dS/m	Rendimiento por m ²
1	FOC-2	2	19.88
2	FOC-2.5	2.5	22.43
3	FOC-3	3	20.80
4	FOC-4	4	19.20
5	FH-2	2	17.02
6	FH-2.5	2.5	19.05
7	FH-3	3	17.91
8	FH-4	4	17.97
9	FQS-2	2	23.80
10	FQS-2.5	2.5	22.76
11	FQS-3	3	19.05
12	FQS-4	4	20.59
13	FB-3	3	21.26
14	FF-3	3	14.59
15	FL-3	3	19.92

4.5 Calidad del fruto en cuanto a su peso.

Los tratamientos 13 (FB-3) y 3 (FOC-3) resultaron ser significativamente iguales y mejores con respecto a los demás siendo estos dos orgánicos, mientras que el tratamiento 8 (FQS-4) fue el que presentó el peso promedio más bajo con una nutrición química (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Resultados de los pesos promedio por tratamiento.

Tratamiento	Fertilizante		Peso promedio por fruto (Kg)
13	FB-3	A	0.18088009
3	FOC-3	A B	0.17731092
2	FOC-2.5	A B C	0.17520202
9	FQS-2	A B C	0.17408704
1	FOC-2	A B C D	0.17170726
7	FH-3	B C D E	0.16781091
8	FH-4	C D E F	0.16636647
5	FH-2	C D E F	0.16635404
15	FL-3	C D E F	0.16597629
4	FOC-4	D E F G	0.16439820
10	FQS-2.5	D E F G	0.16401771
6	FH-2.5	D E F G	0.16346504
14	FF-3	E F G	0.15885775
11	FQS-3	F G	0.15688029
8	FQS-4	G	0.15547949

Los niveles no unidos por la misma letra son significativamente distintos.

En el cuadro 4.12 se presenta la clasificación del producto acorde al peso promedio obtenido y la clasificación de SAGARPA (cuadro 3.7).

Cuadro 4.12. Calidad del fruto obtenida durante el ciclo del experimento.

Tratamiento	Clave	Peso promedio por fruto (kg)	Clasificación
13	FB-3	0.181	Extra grande
3	FOC-3	0.177	Extra grande
2	FOC-2.5	0.175	Extra grande
9	FQS-2	0.174	Extra grande
1	FOC-2	0.171	Extra grande
7	FH-3	0.168	Extra grande
8	FH-4	0.166	Grande
5	FH-2	0.166	Grande
15	FL-3	0.166	Grande
4	FOC-4	0.164	Grande
10	FQS-2.5	0.164	Grande
6	FH-2.5	0.163	Grande
14	FF-3	0.159	Grande
11	FQS-3	0.157	Grande
8	FQS-4	0.155	Grande

El tratamiento 13 regado con agua acidulada a un pH de 5.8 y aplicación de bokashi presento una mejor calidad con un peso promedio por fruto de 180 gr en comparación con la fertilización química que tuvo un peso promedio de 175 gr.

Melo (2007), reporto analizando el genotipo Big Beef un peso promedio de 236.11g con una fertilización orgánica y 265.33g con una fertilización inorgánica, siendo estos superiores a los obtenidos en este análisis.

Los pesos promedios obtenidos estan muy por debajo del rango 250-300 gr por fruto según la ficha tecnica del tomate variedad Cedral.

4.6 Costos

El analisis de costos por fertilizante arroja que se hizo una menor inversión en los tratamientos 5, 6, 7, 8, 13, 14 y 15; todos son materiales conseguidos de manera local que aportan nutrición organica (hormiga, biol, lixiviado y bokashi) de alrededor de los \$90.00/ciclo de cultivo como se muestra en el cuadro 4.13. El tratamiento 4 (FOC-4) fue el que requirio de una mayor inversión.

Cuadro 4.13. Costos de los fertilizantes usados durante el periodo del experimento.

Tratamiento	Clave	Costo	Rendimiento	Costo/kg
1	FOC-2	969.01	153.68	6.3053748
2	FOC-2.5	1160.91	173.45	6.69305275
3	FOC-3	1506.64	160.82	9.36848651
4	FOC-4	1770.52	148.44	11.9275128
5	FH-2	91.19	131.62	0.69282784
6	FH-2.5	91.97	147.28	0.62445682
7	FH-3	92.24	138.44	0.66628142
8	FH-4	92.87	138.92	0.66851425
9	FQS-2	280.05	184.01	1.52192816
10	FQS-2.5	313.42	175.99	1.78089664
11	FQS-3	344.87	147.29	2.34145889
12	FQS-4	420.89	159.21	2.64361535
13	FB-3	90.20	164.42	0.54859506
14	FF-3	90.23	112.79	0.79998227
15	FL-3	97.93	154.03	0.63578524

Los productos orgánicos dentro del mercado tienen un valor comercial de hasta el doble que los productos tradicionales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Otros factores deberán tomarse en cuenta a la hora de hacer los análisis en extracto celular de peciolo y la solución del suelo, pues influyen en la acumulación de nutrientes en torno a la raíz, a este aspecto debe integrarse el monitoreo del clima, del suelo, del estado nutricional y sanitario de la plantación y de la calidad del agua de riego, adecuado manejo agronómico lo que nos posibilitara obtener mejores resultados.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ecp se puede concluir que la planta asimilo bien los nutrientes aportados en los diferentes tratamientos.

La fertilización inorgánica fue la que mostró mejor rendimiento tanto en kilogramos por planta, kilogramos por metro cuadrado que la fertilización orgánica. Sin embargo si se hiciera un análisis de costos resultaría más rentable el hacer fertilizaciones orgánicas.

En cuanto a la calidad del fruto, el tratamiento orgánico (FB-3) fue superior en peso del fruto que cualquiera de los tratamientos inorgánicos.

Por lo tanto podemos rechazar la hipótesis de que los tratamientos regados con agua a una conductividad eléctrica de 4 dS/m tendrían mejores rendimientos, los resultados obtenidos demuestran lo contrario.

Las combinaciones de los diferentes fertilizantes aplicados en la solución nutritiva y en el suelo afectaron positivamente la productividad ya que en ningún caso propiciaron desbalances nutrimentales.

Se recomienda hacer un monitoreo constante de la solución del suelo y de la planta de por lo menos una vez cada quince días.

El rendimiento entre tratamientos vario porque la cosecha no se estandarizo a un cierto número de racimos, por ejemplo el tratamiento 14 (FF-3) que fue el que tuvo un menor rendimiento la última cosecha se hizo en el racimo 16, mientras que en el resto de los tratamientos se hicieron en los racimos 17 y 18. Con lo que podemos concluir que el fermento de estiércol de ganado vacuno a pesar de no haber mostrado deficiencias si tardo en ser asimilado o retardo la maduración de los frutos.

El peso promedio de los frutos en ninguno de los casos alcanzo los 250-300 gr propios de la variedad, sin embargo en todos los casos la calidad fue aceptable.

En cuanto a la relación beneficio costo si es sustentable la fertilización orgánica.

En el aspecto económico no resulta rentable hacer fertilizaciones con conductividad eléctrica de 4 dS/m.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Alpi A., Tognoni F., 1999. Cultivo en invernadero 3ra. Edición, Mundi Prensa.
- Aragüés R., Millán M., 1986. Métodos de medida de la salinidad del suelo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto de Investigaciones Agrarias. Madrid.
- Banco de México (FIRA). 2003 Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agropecuario mexicano. México, D.F.
- B. Jones, J., & Jones, J. P., 2001. Plagas y Enfermedades del Tomate. Madrid: Mundi-Prensa.
- Barker A., Pilbeam D., 2007. Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis.
- Briggs, L., McCall A. 1904. An artificial root for inducing capillary movement of soil moisture. Science.
- Cadahía, C. 1998. Fertirrigación de cultivos Hortícolas y ornamentales. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Cadahia, C., 2008. La savia como índice de fertilización, cultivos agroenergeticos, hortícolas, frutales y ornamentales. Mundi Prensa.
- Casas, A., Casas, E., 1999. Al análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular. Caja Rural de Almería.
- Castellanos J. Z. y P. Vargas T. 2003. Manual de producción hortícola en invernadero, 2da. Ed. Intagri, México.
- Castellanos J. 2003. Curso Internacional de producción de hortalizas en invernadero. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México.
- Castilla P.N., 2001. El cultivo del Tomate. Editorial Mundi prensa México.
- Chávez, J. 2004. Efecto de cuatro niveles de composta en híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- De León W., 2004. Evaluación de compostas y sustratos inertes en tomate bola bajo invernadero. Tesis de Licenciatura por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

- Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 1997, Norma oficial mexicana NOM-037-fito-1995, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Dow A. L., y S. Roberts. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis.
- Favela C. E., 2006. Preciado R.P., Benavides M. A., Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Flores, J.; Ojeda-Bustamante, W.; López, I.; Rojano, A.; Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero Terra Latinoamericana, vol. 25, núm. 2, 2007, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Fortanelli M.J. Y Servin M. E. 2002. Desechos de hormiga arriera (*atta mexicana smith*), un abono orgánico para la producción hortícola. Terra Vol. 20. No 2.
- Fortanelli M. J. y Aguirre R. 2000. Pequeños regadíos en el altiplano potosino. Editorial Universitaria Potosina. San Luis Potosí, México.
- Gómez C., Gomez L., Schwentesius R., (2003). México como abastecedor de productos orgánicos. Revista comercio exterior, vol. 53. núm. 2.
- Gómez C., Schwentesius R., Ortigoza R., Gómez T., (2010). Situación y desafíos del sector orgánico de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- Gómez C., Schwentesius R., Ortigoza R., Gómez T, May V., López U., Arreola Jorge., Noriega G., 2009. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México—2009, Estado actual- retos-tendencias. Programa Universitario de Investigación en Agricultura Sustentable (PUIAS) del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo.
- Gómez T., Gómez C., y Schwentesius, R., 2004. Productos orgánicos, propuesta de política de apoyo para la agricultura orgánica en México., Universidad Autónoma Chapingo.
- González A., Romero E., Orihuela D., Garrido R., Carpena R: M., Rodríguez A. R., Rodríguez C. T., 1999. Evaluación de toma muestras de agua de suelo en la parcela experimental de la Rábida, Palos de la Frontera, Huelva. Estudios de la Zona no Saturada del Suelo IV Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada, Valle Guerra, Tenerife. 3-5 Nov 99.

- Haines B., 1978. Element and energy flows through colonies of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in Panama. *Biotropica*.
- Hartch D., Jarvis S., Rook A., Bristow A. 1997. Ionic contents of leachate from grassland soils: comparison between ceramic suction cup samples and drainage. *Soil use manage*. Oxford.
- Hernando V. y Cadahia C. 1973. El análisis de savia como índice de fertilización. Consejo Superior de Investigaciones de España, Instituto Edafología y Biología Vegetal, Madrid, España.
- Holland D., Yitayew M., Warrich A., 2000. Measurement of subsurface unsaturated hydraulic conductivity. *Journals of Irrigation and Drainage Engineering*.
- Jaynes D., Rice R. 1993. Transport of solutes as affected by irrigation method. *Soil Science Society of America*. Madison.
- Jones J., Jones P., Stall R. Zitter T. Plagas y enfermedades del tomate, The American Phytopathological Society, 2da Edición, Mundi Prensa.
- Lao M. T., Jiménez S.; Del Moral F. 1996. Aplicación de las sondas de succión. *Horto Información*. N° 73
- Lao, M. Jimenez, S; Eymar, Fernandez, E. Nutrient levels of the soil solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. *Phyton (B. Aires)* vol.73.
- Lara H. A 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, julio-septiembre.
- Márquez C., Cano P., Chew I., Moreno A., Rodríguez N., 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero, *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre. Universidad Autónoma Chapingo México.
- Marschner H., 1996. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. New York.
- Mendieta M. L., 2011. Distribución espacial de nutrimentos en solución del suelo para la producción intensiva de fresa. *Colegio de Postgraduados*.
- Montes S. A., 2011. Agricultura orgánica una alternativa de producción sostenible rentable.

- Muñoz R., 2003. El cultivo del tomate en invernadero. En: Muñoz R., y Catellanos J. (Eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- Navarro G. 2000. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid
- Novak M., Bottrell S., Groscheova H., Buzek F., Cerny J. Sulphur isotope characteristics of two north Bohemian forest catchments. 5th International Conference on Acidic Deposition: Science and Policy, Goteborg, Sweden. Water, Air and Soil Pollution.
- Perringanier C., Schiavon M., Portal J., Breuzin C., Babut M. 1997. Porous cups for pesticides monitoring in soil solution laboratory tests . Chemosphere.
- Piaggese A., 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. Valagro SpA.
- Polanco S., C.A. Evaluación agronómica de desechos agrícolas y agroindustriales con diferente relación carbono/nitrógeno, 1987. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. En: Fortanelli J y Servín M. 2002. Desechos de hormiga arriera (*atta mexicana smith*), un abono orgánico para la producción hortícola. Terra Vol. 20 No. 2
- Preciado R., Fortis M., García J., Rueda E., Esparza J., Lara A., Segura M., Orozco J. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero, Interciencia, Septiembre 2011, Vol. 36 No. 9.
- Ramírez H. E., 2007. Monitoreo de N, P y K en extracto celular de peciolo e índice de crecimiento en tomate con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rangel J., Marques R., Jussy J, 2001. Forest soil dynamics during stand development assessed by lysimeter and centrifuge solutions. Forest Ecology and Management.
- Restrepo Rivera J., 2001. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Porto Alegre.
- Rodríguez H., Rodríguez J., 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación.
- Rodríguez M. R. y Jiménez D. F. Manejo de invernadero, 2002. En: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Venecia, Durango.

- Rodríguez N., Cano P., Figueroa U., Favela E., Moreno A., Reséndez, C., Ochoa E., Preciado P. 2006. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rodríguez P. 2005. Influencia de la biofertilización en el cultivo del tomate (*lycopersicon esculentum*, mill) Ciencia en su PC, núm. 3, Centro de Información y Gestión Tecnológica, Cuba
- Romero R., Ocampo J., Sandoval E., Tobar R., 2012. Fertilización orgánica - mineral y orgánica en el cultivo de fresa bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Indígena de México Fuerte, México
- Rosen C.J., Eerrebhi M., Wenshan W., 1996. Testing petiole sap for nitrate and potassium: A comparison of several analytical procedures. Hortscience.
- Salazar S. E., Fortis H. M., Vázquez A. A., Vázquez V. C., 2003. Agricultura Orgánica, Gómez Palacio, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED.
- Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación SAGARPA. Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON) 1980-2012. México, D.F.
- Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación SAGARPA, 2011. Sistema de información agropecuaria (SIAP) anuarios SIAP. México, D.F.
- Sosa O., 2005. Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. Revista Agromensajes facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario.
- Steiner A. 1961. A universal method for preparing nutrients solution of certain desired composition. Plant and soil.
- Te Góngora E., 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis para obtener el grado de Especialidad en Invernaderos por la Universidad Autónoma de Querétaro.
- The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Acceso vía <http://www.gbif.org/species/2930137> en 2014-10-23
- Tuzel, Y. y Yagmar G. B., 2003. Organic tomato produced under greenhouse conditions. (En línea). http://www.actahor.org/books/614/614_114.htm

Van der Ploeg y Beese, 1977. Model calculations for the extractions of soil water by ceramic cups and pates. Sol Sciences Society American Journal.

Vergara J.C. Biología, 2005. Manejo y control de la hormiga arriera. Secretaría de Agricultura y Pesca del Valle de Cauca.

Weaver J., Hogmire H., Brooks J., 1990. Sencindiver J. Assessment of pesticide residues in surface and soil water from a commercial apple orchard. App. Agric Res. Springer.

ANEXOS

Bitácora de aplicaciones de sanidad.

Fecha	Actividad/causa	Productos usados	Dosis recomendada en etiqueta	Dosis aplicada
8 de abril	Fumigación preventiva por presencia de afidos.	bio die (extracto herbal)	2 L/Ha	50 ml
		bio pack-f (inoculante)	500 g/100 L	75 gr
10 de abril	Aplicación preventiva Y correctiva Por presencia De pulgones Y alternaría	dhuro	10 ml/L	120 ml
11 de abril	Aplicación preventiva y correctiva por presencia de pulgones y alternaría	dhuro	10 ml/L	120 ml
		natural ch	1L/200 L Agua	60 ml
		folpro 80 ph	2-3 kg/Ha (Dosis alta)	7.5 gr
12 de abril	aplicación preventiva y correctiva por presencia de pulgones	malathion (malation)	1L/Ha	10 ml
16 de abril	fumigación con antibiótico preventiva	bactrimicin 100 (estreptomycina+oxitet raciclina)	60 g/100L Agua	9 gr
30 de abril	Fumigación preventiva y correctiva para mosca blanca	Tecbom (jabón potásico)	300 ml- 1000 ml/Ha	3 ml
		Bio die (extracto herbal)	1.5-2 L/Ha	10 ml
4 de mayo	Repelente contra insectos	Biodie y Tecbom		
6 de mayo	aplicación preventiva	Agrimiquí (estreptomycina+oxitet raciclina+oxicloruro de cobre)	625/100 L Agua	125 gr
7 de mayo	Aplicación correctiva y preventiva de mosca blanca	Abamectina	1 L/Ha	20 ml
		Detergente líquido	10 ml/L	200 ml
9 de mayo	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	125 ml
		bio hunter	1 L/Ha	125 ml
11 de mayo	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	125 ml
		bio hunter	1 L/Ha	125 ml
13 de mayo	Fungicida	sulfocop	3L/Ha	30 ml
14 de mayo	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	130 ml
		piro neem	1 L/Ha	130 ml
		detergente líquido	5 ml/L	200 ml

Bitácora de aplicaciones de sanidad.

16 de mayo	Fungicida	sulfocop	3 L/Ha	30 ml
17 de mayo	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	140 ml
		bio hunter	1 L/Ha	140 ml
		jabón liquido	1 ml/Ha	250 ml
18 de mayo	Fungicida preventivo	inmunil (fosetil-al)	2.5-3 kg/Ha	38 gr
21 de mayo	Correctivo químico	abamectina	1-1.5 L/Ha	20 ml
23 de mayo	Fungicida preventivo para alternaría y verticilium	ridomil gold(metalaxil-cloratonil)	3.5 L/Ha	55 ml
		precur energy (propamocarb-clorhidrato)	2 L/Ha	31 ml
24 de mayo	Aplicación preventiva de cloratonil	clososel (cloratonil)	2.5 L/Ha	30 ml
27 de mayo	Fungicida	oxicob mix(oxicloruro de cobre + macozebe)	2-4 kg/Ha	30 gr
		storm (rodenticida)		212 gr
29 de mayo	fungicida	sulfocop (azufre+oxicloruro de cobre)	3 L/Ha	40 ml
	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	150 ml
		bio hunter	1 L/Ha	150 ml
3 de junio	fungicida	tokat (metalaxil)	4L/Ha	60 ml
	Aplicación preventiva para mosca blanca	chakal	1 L/Ha	500 ml
		bio hunter	1 L/Ha	500 ml
5 de junio	Aplicación preventiva para mosca blanca y enfermedades fungosas	chakal (extracto herbal)	1 L/Ha	250 ml
		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	250 ml
		folpro (folpet)	1.5-2 kg/Ha	30 gr
7 de junio	fungicida preventivo para alternaría	oxicob (oxicloruro de cobre + mancozeb)	2-4 kg/Ha	60 gr
8 de junio		chakal (extracto herbal)	1 L/Ha	500 ml
		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	500 ml
10 de junio	Aplicación de fungicida biológico presencia de hongos de suelo	proselective (t harzianum)	1 kg/Ha	90 gr
11 de junio		pironim (extracto herbal)	1 L/Ha	700 ml
12 de junio		folpro	3 kg/Ha	50 gr
14 de junio		pironim (extracto herbal)	1 L/Ha	300 ml
		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	300 ml
		detergente liquido		300 ml
15 de junio	Aplicación de fungicida biológico	proselective (t harzianum)	1 kg/Ha	90 gr

Bitácora de aplicaciones de sanidad

17 de junio		chakal (extracto herbal)	1 L/Ha	500 ml
		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	500 ml
20 de junio	Fumigación correctiva por presencia de pulgones y mosca blanca	cuper hidro (hidroxido de cobre)		
		metasyxtox (oxidemeton metil)	1L/Ha	50 ml
		carrier	1L/10 L	1000 ml
22 de junio	Fungicida	oxicob	4 kg/Ha	78 gr
	Aplicación de fungicida biológico	proselective (t harzianum)	1 kg/Ha	50 gr
25 de junio		folpro	2.5-3.0 kg/Ha	50 gr
		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	400 ml
		chakal (extracto herbal)	1 L/Ha	400 ml
28 de junio		bio hunter (extracto herbal)	1 L/Ha	500 ml
		jabón líquido	1 L/Ha	200 ml
		oxicob	4KG/Ha	100 gr
	aplicación de fungicida biológico	proselective (t harzianum)	1 KG/Ha	60 gr
9 de julio	Insecticida	natural ch	1L/200 Litros de agua	500 ml
		airoll 11	1L/300 Litros de agua	500 ml
		kotoni	1L/200 Litros de agua	500 ml
		carrier	1 L/Carga	1500 ml
11 de julio	fingistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
15 de julio	insecticida repelente para mosca blanca	chales (extracto herbal)	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
16 de julio	fingistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
19 de Juio	Insecticida repelente para mosca blanca	chacales (extracto herbal)	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
22 de julio	fingistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
23 de julio	Insecticida repelente para mosca blanca	chacales (extracto herbal)	1 L/Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml

Bitácora de aplicaciones de sanidad

27 de julio	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
29 de julio	Insecticida repelente para mosca blanca	chacales (extracto herbal)	1 L/Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
1 de agosto	Insecticida químico correctivo	thiodam endosulfan	1.5-3 L/Ha	250 ml
		carrier		2 Litros
5 de agosto	Insecticida repelente para mosca blanca	biodie (extracto herbal)	1 L /Ha	200 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ML/L	400 ml
6 de agosto	fungicida químico solo a plantas afectadas	amistar (azoxistrobin)	300 gr/Ha	30 gr
7 de agosto	Insecticida químico correctivo	thiodam endosulfan	1.5-3 L/Ha	250 ml
8 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
9 de agosto	Repelente de insectos	chacales (extracto herbal)	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
10 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
12 de Agosto	aplicación por mosca blanca	aceite mineral	10 ml/L	1000 ml
		detergente líquido		500 ml
13 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L/Ha	300 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
16 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
19 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
20 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
21 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr

Bitácora de aplicaciones de sanidad

22 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
23 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
24 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
26 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
27 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
28 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
29 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L/Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
30 de agosto	fungistatico, insecticida	kill mite (cal micronizada 5 kg)	10 gr/L	500 gr
31 de agosto	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
4 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
5 de septiembre	repelente de insectos	biohunter	1 L /Ha	100 ml
		aceite mineral	10 ml/L	400 ml
		detergente líquido	10 ml/L	400 ml
7 de septiembre	insecticida químico por presencia de mosca blanca	talstar (bifentrina)	600 ml/Ha	300 ml

Bitácora de aplicaciones de sanidad

9 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
		beta quat		500 ml
10 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
11 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
12 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
13 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
17 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
18 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
20 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
22 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
23 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml

Bitácora de aplicaciones de sanidad

25 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
27 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
28 de septiembre	aplicación preventiva de cenicilla y tizon	sharcap (captán)	2.5-3 kg/ha	150 gr (75 gr/mochila)
30 de septiembre	insecticida	akarus plus (extracto herbal)	2 L/Ha	150 ml
		eugenia-split (extracto herbal)	2L/Ha	150 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml
		detergente líquido	1 ml/L	75 ml