

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA**



Respuesta del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al Uso de Fertilizantes Inorgánico Mineral y Organominerales Bajo el Sistema de Semihidroponia.

POR:

Jorge Antonio Martínez Gámez

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial para Obtener el

Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al Uso de
Fertilizantes Inorgánico Mineral y Organominerales Bajo el Sistema de
Semihidroponia.

TESIS

Presentado por:

JORGE ANTONIO MARTÍNEZ GÁMEZ

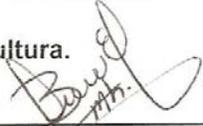
Somete a Consideración de H. Jurado Examinador

Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

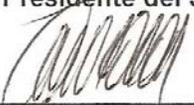
Ingeniero Agrónomo en Horticultura.


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

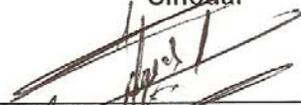
Presidente del Jurado


M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez.

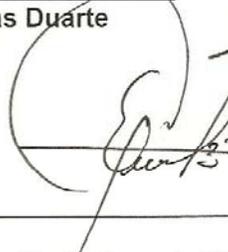
Sinodal


M.C. Alfonso Rojas Duarte

Sinodal


Dr. Gabriel Gallegos Morales

Sinodal


Dr. Mario Ernesto Vázquez Bañillo

Coordinador de la División De Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2009.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Herminio Martínez Arraiga

Antonia María Gámez Zavala

Por ser el más grande tesoro que Dios me dio y el mejor ejemplo de superación, a ellos que sin escatimar esfuerzo alguno siempre me han brindado todo su apoyo, amor y comprensión para salir adelante y sobre todo porque sé que siempre podré contar con ellos. Gracias mi queridos padres y que dios los bendiga siempre, y quiero que se sepan que este objetivo logrado es también de ustedes. Los quiero con todo mi amor y cariño.

A MIS HERMANOS:

Miguel Ángel, Juan José Missael, Brenda Vianney, Perla Jazmín y Diana Itzel

Gracias por el apoyo que me brindaron para poder alcanzar la meta de mi vida, por sus consejos y por el ánimo que me brindaron, gracias porque con ustedes he compartido la vida y felicidad que nuestros padres nos dieron , sobre todo con la ayuda y protección divina de nuestro Señor JESUCRISTO, se que siempre estaremos unidos. Los quiero y que Dios los bendiga por siempre.

A mi esposa e hijos

Ana Patricia Delgado Marrufo

Jorge Alejandro Martínez Delgado

Fátima Dayana Martínez Delgado.

Gracias por darme todo su amor, respeto y apoyo incondicional, gracias por su fortaleza y por ser parte de mi corazón, con todo mi amor y cariño para ustedes los amo.

A mis amigos:

Manuel, Maurilio (muelitas), Gilberto, Juan Carlos (charly), Eduardo, Magdalena, Gabriela, Rodolfo (Campeche), Armando, Jesús (pegué), Armando (monito), Heisler (chicles), Luis (pinkie), José Antonio (masagua), Darío(budy), Daniel(pechugas), Leonardo(caviño), Francisco Javier(panchito), Braulio(balo), Salvador(caguama), Elías(la canasta), Amador(la tripa), Toño (dónatelo), Karla, Cesar (payasin), Edgar, José maría, José (cubano), Fernando (vera), Obed, Ariosto (toto).

AGRADECIMIENTOS

A DIOS quien me hizo posible tener lo más preciado de la vida “mis padres” por iluminarme en mi camino y ofrecerme fe, esperanzas y oportunidades en la vida. Porque cada momento sentí su presencia y hasta el final me dio seguridad para lograr esta parte de mi vida profesional y me permitió alcanzar la meta de mi vida y ser alguien de provecho, gracias Dios porque siempre estuviste conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, gracias por darme una esposa e hijos maravillosos que me aman como yo a ellos.

A MI ALMA TERRA MATER por abrirme sus puertas y permitirme culminar una etapa más de mi vida.

Al DR. Leobardo Bañuelos Herrera por su apoyo para la realización de esta Investigación y por ser un excelente maestro con admiración y respeto gracias.

Al M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez por su amistad y el apoyo para la realización de esta investigación.

Al M.C. Alfonso Rojas Duarte por el apoyo que me brindo en la realización de esta investigación y por su amistad.

A Mis Abuelitos:

**Eligio Martínez (+) y Bertha viñas (+), Herminio Gámez Leija y Amparo
Zavala Guardiola**

Por su cariño y apoyo de siempre. Gracias

A mis tíos y tías Quienes de una u otra forma siempre me han apoyado, en
especial a mi tío **Gabriel Zavala Guardiola**

A la Rondalla de saltillo. Por darme la oportunidad y la dicha de ser parte de
su historia musical

INDICE

	Página
DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	lx
INTRODUCCION	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA	4
Origen del tomate.....	4
... Características botánicas.....	4
Clasificación taxonómica.....	4
Semilla.....	5
Sistema radical.....	5
Tallo.....	6
Hoja.....	6
Flor.....	6
Fruto.....	6
Fenología.....	6
Hidroponia.....	7
Ventajas de la hidroponia.....	8
Desventajas de la hidroponia.....	9
Sistemas hidropónicos.....	10
Producción de tomate en invernadero.....	12
Temperatura.....	13
Iluminacion.....	14
Humedad relativa.....	14
CO ₂	15
Conductividad eléctrica.....	15
Sistema de cultivo sin suelo.....	16
Sistema de riego.....	17
Sustratos.....	18
Clasificación de los sustratos.....	18
Propiedades físicas.....	18
Propiedades químicas.....	19
Sustratos más utilizados en el cultivo sin suelo.....	19
Fibra de coco.....	19
Turbas.....	20
Lana roca.....	20
Tezontle.....	20
Perlita.....	20

Ventajas.....	21
Requerimientos nutrimentales.....	21
Compatibilidad entre mezclas de fertilizantes.....	23
Fertilizantes organominerales.....	23
Descripción de los fertilizantes líquidos organominerales.....	25
Tradenitro.....	25
Tradephos.....	25
Trade-k.....	26
Tradecal.....	27
Generalidades de las sustancias húmicas.....	28
Efecto de los ácidos húmicos en las plantas.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	30
Localización geográfica.....	30
Material vegetativo.....	30
Descripción de genotipo.....	30
Llenado de macetas.....	32
Trasplante.....	32
Riegos.....	32
Fertilización.....	33
Fertilización orgánica.....	34
Control sanitario.....	35
Cosecha.....	35
Variables evaluadas.....	36
Diseño experimental.....	36
Modelo estadístico.....	37
RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
Peso del fruto.....	39
Diámetro ecuatorial.....	43
Diámetro polar.....	46
Altura de plantas.....	49
Numero de racimos.....	53
Diámetro del tallo.....	56
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	60
LITERATURA CITADA.....	62
APENDICE.....	66

INDICE DE CUADROS

CUADRO N_o	Contenido	Página
1.1	Esquema de fabricación de los fertilizantes organominerales.....	24
2.1	descripción de tratamientos aplicados en esta investigación	31
2.2	Solución nutritiva de Douglas (ppm).....	33
2.3	fertilizantes utilizados para preparar la solución madre.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Contenido	Página
4.1	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Peso del Fruto expresado en g	39
4.2	Influencia de las diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Peso de Fruto expresado en g	41
4.3	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Peso de Fruto expresado en g	42
4.4	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm	43
4.5	Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm	45
4.6	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm	45
4.7	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Diámetro Polar expresado en cm	47
4.8	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro Polar expresado en cm.....	48
4.9	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Altura de Plantas expresada en cm	50
4.10	Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Altura de Plantas expresada en cm	51
4.11	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Altura de Plantas expresada en cm	52
4.12	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Numero de Racimos.....	53
4.13	Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill	

	para la variable Numero de Racimos.....	55
4.14	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Numero de Racimos.....	55
4.15	Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.....	57
4.16	Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.....	58
4.17	Respuesta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.....	59

RESUMEN

El trabajo fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", que se localiza en la Ex hacienda de Buenavista, Saltillo Coahuila México. Se hizo bajo condiciones de invernadero con el propósito de conocer la respuesta del tomate tipo saladette de hábito determinado al uso de fertilizantes inorgánico minerales y organominerales. Los tratamientos fueron determinados por dos factores A (niveles hidropónicos) compuesto por P1= mínima, P2= óptima y P3= máxima; el factor B (dosis de organominerales) D1= 1 cc/L de agua, D2= 2 cc/ L de agua y D3= 4 cc/ L de agua. El diseño empleado en esta investigación fue completamente al azar con arreglo factorial AXB con dos repeticiones por tratamiento y dos unidades experimentales por repetición.

Las variables evaluadas fueron: peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, altura de planta, número de racimos y diámetro del tallo.

El trabajo se inició el 3 de abril de 2008 y se concluyó en julio del mismo año.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes y se describen a continuación:

Con el uso de fertilizantes inorgánico minerales los mejores resultados se registraron para las siguientes variables: Peso del Fruto, Diámetro Ecuatorial, Diámetro Polar, Altura de Plantas, Número de Racimos y Diámetro

del Tallo, utilizando la solución hidropónica Douglas a nivel mínimo junto con la dosis de organominerales a razón de 1 cc/L de agua superando a la mayoría de los tratamientos.

Es importante tomar en cuenta, que con el uso de fertilizantes inorgánico minerales y organominerales, si los aplicamos en niveles mínimos podremos producir tomate de buena calidad con un bajo costo de producción.

Si utilizamos los fertilizantes organominerales por si solos, en un sustrato inerte no funcionan.

Las soluciones Douglas a nivel mínimo sin la aplicación de organominerales para todas las variables se obtuvo un resultado satisfactorio, el único inconveniente es el alto precio que paga el agricultor para obtenerlos.

Palabras clave: Hidroponía, Organominerales, Inorganicos, Douglas, Invernadero.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate es una de las hortalizas más importantes, no solo para México, sino para una gran parte del mundo, debido a la gran cantidad de divisas que genera a los países donde se cultiva.

Es el segundo producto hortícola de consumo en el mundo, que junto con la papa aportan el 50 % de la producción mundial de hortalizas (SIAP, 2005). Por ello es evidente el rápido incremento de la producción de tomate en invernadero, ya que en 1992 tan solo existían 50 hectáreas bajo este sistema, mientras que para 1999 esta cifra se incremento a 600 has. Para el 2001 había 950 has., para el 2004, 2545 has., en el 2005, 2700 has., y para el 2006 la cantidad estimada ascendió a 3000 hectáreas de invernadero (AMPHI, 2006).

Los rendimientos son variables de acuerdo a la tecnología utilizada y el propio material genético, obteniendo en malla sombra rendimientos de (80 a 120 ton/ha), plásticos pasivos (120-220 ton/ha), plásticos más equipo (180-400 ton/ha); mientras que para la tecnología conocida como High Tech, los rendimientos son superiores a 500 ton/ha. En México, los rendimientos promedio son de 160 ton/ha en invernadero, mientras que USA y Canadá los

rendimientos son los de 500 ton/ha, ya que los invernaderos son manejados bajo la tecnología High Tech.

Por otra parte para mantener una alta producción de tomate, ha sido necesario el uso de gran cantidad de fertilizantes minerales por lo tanto el uso excesivo de fertilizantes en el cultivo de tomate, ha generado un deterioro significativo de los suelos en las áreas de producción así como la contaminación del medio ambiente.

Los minerales generalmente disminuyen las poblaciones de microorganismos benéficos del suelo. Sin embargo, para disminuir los problemas originados por los fertilizantes, las ciencias agronómicas disponen de alternativas que hacen a los fertilizantes químicos menos necesarios; así mismo, el uso de biofertilizantes para la nutrición de las plantas ha ido en ascenso, en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar el uso de los fertilizantes minerales.

OBJETIVOS:

- Evaluar el efecto de fertilizantes organominerales en tomate bajo condiciones de semihidroponía, con solución recirculante
- Evaluar el efecto del uso de los organominerales junto con los fertilizantes inorgánicos.

HIPÓTESIS

- Con la aplicación de fertilizantes organominerales se reduce la contaminación del suelo y medio ambiente ya que se aplica menos cantidad.
- Con el uso de organominerales se reduce el costo ya que sustituye al 100% el uso de fertilizantes químicos en producto de calidad de fertilizantes
- Con la aplicación de fertilizantes organominerales tenemos una buena producción y mejor calidad.

II. REVISION DE LITERATURA

Origen.

El centro de origen del genero *Lycopersicon* es la región andina. Que hoy comparten Colombia, Ecuador, Per, Bolivia y Chile. (RICK, 1976; y Holle, 1990).

Características botánicas

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las solanáceas. Los miembros de esta familia presentan haces bicolaterales y una estructura floral. Esto es, sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario, supero, bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor. J Esquinas, Alcázar y F. Nuez.

CLASIFICACION TAXONOMICA

Siguiendo a Hunziker (1979). La clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase: Dicotyledoneas.

Orden: Solanales (Personatae)

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae.

Tribu: Solaneae.

Genero: Lycopersicon.

Espacie: Esculentum.

Posee una semilla discoidal comprimida y con embrión enrollado, de diámetro más o menos uniforme todos los miembros de esta subfamilia (solanoideae) tiene el mismo número de cromosomas básico ($x=12$). El embrión tiene los cotiledones incumbentes, como endospermo abundante. Las yemas florales nunca presentan los lóbulos de la corola solapantes.

Semilla.- Tiene forma leticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm. Testa constituida por el embrión, el endospermo y la testa seminal. J. Chamarro: Anatomía y fisiología de la planta. (Picken *et al.*, 1986).

Sistema radical: está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. J. Chamarro: Anatomía y fisiología de la planta.

Sistema aéreo: la estructura de la planta es la de un simpodio. El tallo principal forma de 6 a 12 hojas, que crecen lateralmente con una filotaxia, el crecimiento subciciente se reproduce a partir de la yema axilar de la última hoja la cual desarrolla un tallo secundario que crece con una prolongación el tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. (Picken *et al.*, 1986; Rick, 1978).

Tallo: el tallo típico tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. (Picken *et al.*, 1986).

Hoja: las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 0,5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. (Coleman y Greyson, 1976; Picken *et al.*, 1986).

Flor: es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma elicoidal hay intervalos de 135° de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plorilocular. (Greyson y Sawhney, 1972).

Fruto: es una baya bi o plorilocular que se desarrolla a partir de una ovario de unos 5 a 10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g. en función de la variedad. (Wilson y Sterling, 1976).

Fenología: Las plantas de tomate cultivado, *Solanum lycopersicum*, inician la floración 45 días después de la emergencia y producen flores perfectas y agrupadas en inflorescencias de tipo racimoso que pueden ser simples, bifurcadas o ramificadas. El número de flores por inflorescencia es muy variable, en algunos casos excepcionales con más de 300 (Nuez, 1995).

Hidroponia

La hidroponia es una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo o tierra. Con la técnica de cultivo sin suelo se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad, y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad de la planta. Sánchez y Escalante (1989), definen la hidroponia como un sistema de producción, en el cual las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y, que en vez de suelo utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva, con el objeto de proporcionar las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal.

La palabra hidroponia en los diccionarios se define, como el crecimiento de plantas en agua, conteniendo nutrientes en solución en lugar de tierra, parte de las raíces griegas: Hidros = agua, Ponos = labor, o sea, trabajo en agua. En la moderna hidroponía, se utilizan materiales inertes del tipo: vermiculita, grava, perlita expandida, arena, fibra de vidrio, tezontle, fibra de coco y otros cuya función es la de sostener las raíces de las plantas en dicho medio inerte, hacer circular agua preparada con los nutrientes a un pH determinado, bombeada o aplicada en intervalos regulares.

Ventajas de la hidroponia

- ✓ Se incrementa el rendimiento de la producción. Se ha demostrado que el promedio de producción de tomate en hidroponía es de: 40 a 50 kg. De frutos/m².

- ✓ b) Se mejoran las características cualitativas de la producción, ya que se logra una mayor uniformidad de las características organolépticas de los frutos. Debido a una aportación uniforme de agua y minerales a través de los sustratos hidropónicos.

- ✓ c) Menor consumo de agua y fertilizantes. Técnica apropiada para zonas donde hay escasez de agua, sobre todo si se utilizan sistemas cerrados con recirculación de la solución nutritiva.

- ✓ d) Menos contaminación del medio ambiente
- ✓ e) Mayor facilidad para establecer infraestructuras permanentes y de fácil manejo.

- ✓ f) Reducción de costos de mano de obra, al disminuir las necesidades de labores como la desinfección del suelo y tratamientos fitosanitarios.

- ✓ g) Posibilidad de reducir los costos de aplicación de agroquímicos, al emplear sistemas de producción integrada.

En la agricultura tradicional tanto la siembra como la cosecha se realizan en una misma fecha; en hidroponía estas labores se realizan en forma escalonada, lo que permite llevar una programación de la producción. En la agricultura convencional es necesario hacer una rotación de cultivos para evitar una infestación de nematodos en las raíces. En un cultivo sin suelo no se presenta este problema y se puede trabajar continuamente como monocultivo. (Productores de hortalizas, año 13, No. 2. febrero de 2004).

Desventajas de la hidroponia

- Limitaciones técnicas sobre el conocimiento específico de los sustratos y la solución nutritiva.
- b) Rigurosas exigencias del manejo, que involucran el control de parámetros como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura del sustrato.
- c) Mayor posibilidad de estrés hídrico o mineral, debido al bajo volumen de almacenamiento de los sustratos. Esto puede ser de particular importancia cuando se tienen los equipos adecuados, para enfrentar un corte prolongado en la energía eléctrica.
- d) Mayor tasa de amortización de los equipos e insumos, que impactan directamente sobre el costo de producción.

- e) Mayor costo de eliminación de residuos no degradables, especialmente en el caso de lana de roca y/o perlita.
- f) Posibilidad de contaminación al lixiviar un elevado porcentaje de nutrientes hacia el subsuelo. (Productores de hortalizas, año 13, No. 2. febrero de 2004).

Los cultivos en invernaderos utilizaban suelo, lo que se realiza sobre todo en Sinaloa y Baja California. Sin embargo, en la actualidad casi el 35% de la superficie de invernaderos utiliza sustratos hidropónicos que van desde tezontle, turba y perlita, hasta lana de roca, para obtener mayor rendimiento y calidad de frutos, (AMPHI, 2004).

Sistemas Hidropónicos.

Marulanda (1995), menciona que existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados. No todo sistema es efectivo para todos los cultivos. Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en dos: a) sistemas hidropónicos en agua y, b) sistemas hidropónicos con agregados o sustratos. Los sistemas hidropónicos en agua son sistemas hidropónicos por excelencia; las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. En los sistemas con agregados, las raíces de las plantas crecen y desarrollan en sustratos inertes; la solución nutritiva fluye entre las partículas del sustrato humedeciendo las raíces.

Entre los sistemas más conocidos están:

Bunt (1988), menciona que cultivo de hortalizas y flores en invernaderos sobre dunas de arena y/o en sustratos inertes requiere un especial y preciso control del fertirriego. Esto se debe a que por un lado, se trata de cultivos delicados, con corto e intenso período de crecimiento, muy sensibles al manejo nutricional y con un sistema radicular poco desarrollado. Por otro lado, la CIC De estos medios de cultivo es muy baja y no contribuyen nutrientes, siendo la única fuente de nutrientes a través del sistema de fertirriego. Esta situación se potencia aún más cuando se cultiva en contenedores o macetas donde las raíces están confinadas en un volumen muy limitado.

Asaf (1990), cita que la baja capacidad de retención de agua y la pequeña reserva de nutrientes existente en estos sistemas, hacen que éstos sean muy sensibles y con poca capacidad de recuperación frente a cualquier error o desajuste en el fertirriego. Esto implica que los ciclos de fertirriego deben ser frecuentes, homogéneos y precisos. El aporte de nutrientes debe ser completo (N, P, K, Ca, Mg. y micro nutrientes) y el pH debe ser mantenido constantemente dentro de los valores adecuados. El monitoreo del agua de riego y de drenaje debe ser exhaustivo.

Feigin, *et al.*, (1980), nombra la disponibilidad óptima de todos los nutrientes es en el rango de pH 6-6.5. El pH de la rizosfera determina la disponibilidad de fósforo ya que afecta los procesos de precipitación / solubilización y de adsorción / desorción de los fosfatos. El pH también influye

sobre la disponibilidad de micro nutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de algunos de ellos (Al, Mn). El principal factor que afecta el pH en la rizosfera es la relación NH_4/NO_3 en el agua de riego, especialmente en hidroponía, sustratos inertes y medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos.

Marschner (1995), Menciona que cuando el nitrógeno es proporcionado bajo la forma de nitratos, el anión NO_3^- es absorbido, y la planta absorbe más aniones que cationes. Para mantener el balance cationes-aniones, las raíces excretan OH^- al medio, aumentando así el pH de la rizosfera, Sin embargo una nutrición con 100% del N como nitratos puede aumentar el pH de la rizosfera a valores de más de 8. A esos valores de pH, el fósforo y micro elementos precipitan, disminuyendo la disponibilidad de estos nutrientes.

Producción de tomate en invernadero

El objetivo principal de producir bajo invernaderos es tener plantas de en condiciones favorables, para conseguir su óptimo desarrollo y productividad, de esta manera obtener mejores ingresos económicos para los productores y hacer más redituable el cultivo.

Alpini, (1999), menciona que los cultivos protegidos han sufrido en los últimos años una profunda transformación, desde el punto de vista tecnológico, la climatización del invernadero consiste en la regularización de la temperatura y de otros parámetros ambientales como son luz (iluminación), humedad relativa y bióxido de carbono, para crearle un ambiente agradable a la planta y

obtener como respuesta del cultivo una mayor productividad. Así mismo concluye que la principal meta de producir bajo invernadero es proporcionarle a las plantas de tomate las condiciones óptimas para su desarrollo, y por ende obtener los mayores rendimientos.

En el cultivo de tomate, las limitantes de productividad de este están determinadas por la potencialidad genotípica de las variedades cultivadas y por las condiciones ambientales, la gran diferencia existente entre el rendimiento máximo y el medio de un cultivo, indica que la variedad de plantas cultivadas poseen ya una potencialidad muy alta, y que muy raras veces logra expresarse de manera plena.

Entre las causas que lo impiden están las plagas y enfermedades que se desarrollan cuando las condiciones predominantes climáticas les son favorables, en este sentido podemos afirmar que los invernaderos representan la tentativa de acercar o incrementar el rendimiento del cultivo, al máximo consentido por la expresión del genotipo de la variedad, al eliminar la aleatoriedad del clima y acercar el ambiente a las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

Temperatura

Vázquez (2004), señala que a temperatura del invernadero se determinada por la radiación infrarroja corta, que al incidir sobre el terreno y plantas los calienta; la radiación infrarroja larga que calienta la cubierta y por fin,

la radiación emitida por la cubierta, terreno y plantas que provoca el aumento de la temperatura.

Durante el desarrollo de la planta, la temperatura juega un papel importante, ya que el frío durante las primeras etapas de crecimiento, puede estimular a las plantas a producir más yemas, tanto vegetativas como florales.

Iluminación

Sánchez (2001), menciona que la energía solar radiante, es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior del invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas, como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO₂ así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo. La concentración óptima de iluminación es de; 10,000 a 15,000 lux.

Humedad relativa (HR)

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones; al tomate, pimiento y berenjena les beneficia una HR por arriba de 65-70%. La HR del aire es un factor climático, que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando esta es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas.

Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje; para que la HR se encuentre lo más cerca posible de lo óptimo, el agricultor debe ayudarse de un higrómetro. García G. Obed (2007).

CO₂

Alpine, (1999), define el CO₂ atmosférico como; la fuente de carbono para la planta que la fija y la reduce a carbohidratos tras la expulsión del gas por los estomas, la concentración óptima del gas para la planta de tomate se encuentra entre: 1,000 – 3,000 ppm de CO₂, pudiendo aplicar este con sistemas de gas presurizados (cintillas y goteros).

Conductividad Eléctrica

Rhoades y Loveday (1990), mencionan que un valor de CE y/o de cloro más alto en la solución lixiviada que en la solución aplicada indica una acumulación de sales en la zona radicular. La presencia de sales en el bulbo de suelo humedecido por el gotero es contraproducente para las raíces, por eso se aplica siempre un exceso de agua para drenar el cloro y las sales. Este exceso varía de 10-50% según la conductividad hidráulica del sustrato la cual determina el potencial de drenaje del mismo.

Avidan (1998), recomienda recolectar y analizar la solución lixiviada y la solución que sale por los goteros y compararlas diariamente. Los kits portátiles permiten un diagnóstico in situ del pH, CE y del contenido aproximado de

nitratos en las soluciones. En la actualidad existen sistemas automáticos que miden el pH y la CE de ambas soluciones y corrigen automática y continuamente la solución de acuerdo a los valores óptimos que se entran a la computadora de antemano.

Avidan (1998), el régimen de fertirriego (lámina de agua e intervalo de riego) deberá ajustarse de acuerdo al gradiente de CE y cloro entre la solución de riego y la de drenaje, para mantener así las sales por debajo de la zona radicular activa. Si la diferencia entre la CE de la solución lixiviada y de la solución entrante es más de 0.4-0.5 ds/m, y/o si la concentración de cloro en la Solución lixiviada es más alta que la solución entrante y supera los 50 mg/L, se recomienda aplicar un riego sin fertilizantes para lixiviar las sales.

Sistema de cultivo sin suelo

Este tipo de cultivo se puede clasificar en: técnicas en medio líquido (*no agregado*), dentro de estas se ubican a las técnicas en película nutritiva (NFT), hidroponía en flotación y la aeroponía, en el grupo con agregados (cultivo en sustrato), se encuentran los cultivos en arena, grava (rocas porosas de origen volcánico como tezontle, perlita y zeolita), otros sustratos como lana de roca, aserrín, turba y espumas sintéticas como el poliestireno. Vázquez (2004), clasifica los sistemas de cultivo sin suelo en tres grupos: 1) Cultivos en sustrato; 2) Cultivos en agua (hidropónicos) y 3) Cultivos en aire (aeropónicos). Según el manejo al que estén sometidos, pueden funcionar por inundación periódica del sustrato, ya sea por subirriego, con la recolección del flujo de retorno en la

misma donde se guarda la solución nutritiva, o distribuyendo la solución mediante sistemas de goteo.

Los sustratos se caracterizan por su baja capacidad para retener agua y los nutrientes (grava y perlita), requieren un aporte de agua y soluciones nutritivas casi continuo. Los sistemas más utilizados (lana de roca, perlita, fibra de coco, arena), que se caracterizan por su mayor capacidad de retención de agua, permiten utilizar riegos menos frecuentes. De los tres sistemas descritos, los dos primeros trabajan en circuito cerrado, mientras que el tercero puede trabajar en circuito cerrado o abierto.

En la conducción del cultivo sin suelo al igual que el cultivo en el suelo, se controlan todos los factores que interactúen con el rendimiento, solo que por medio de esta técnica es más eficaz el control de los factores relacionados con la nutrición de la planta, teniendo la ventaja de que se puede modificar más rápidamente el pH, y la C. E. del medio donde se desarrolla la raíz por ende un control total sobre la nutrición de la planta. Sánchez (1989), propone que el sistema de cultivo sin suelo consta de los siguientes componentes: plantas, solución nutritiva, contenedores (sacos de cultivo), sustratos, sistema de riego, los cuales a continuación se describen:

Sistema de riego

Debe ser automatizado y de alta frecuencia (riego localizado), mediante esta los nutrimentos son aplicados en forma exacta y uniforme solo al volumen

radicular humedecido, lugar donde están concentradas las raíces activas, teniendo de esta manera menos pérdidas.

Sustratos

Todo aquel material sólido diferente del suelo, ya sea de origen natural, de síntesis o residual de composición mineral u orgánica. Si se coloca en un contenedor solo o mezclado tiene la función de anclaje del sistema radicular de las plantas, y que al ser un soporte para la misma, interviene en los procesos de nutrición y de intercambio catiónico.

Pérez (1996), menciona que en principio no existe un sustrato ideal o único, porque se puede utilizar una gran diversidad de sustratos ya sea puros o en mezclas como: arena fina, media o gruesa, de cuarzo, de río, de construcción, etc.; gravilla, grava, piedra pómez o pumecita, tezontle, cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín, etc. Un sustrato adecuado debe ser químicamente inerte, fácil de conseguir y de bajo costo, retentivo y que no se descomponga o degrade con facilidad.

Clasificación de los sustratos

Propiedades físicas

Las propiedades físicas necesaria en los medios de cultivo son: elevada retención de agua y disponible, buena aireación, baja densidad aparente, elevada porosidad y estructura estable que impida contracción del medio.

Propiedades químicas

En primer lugar se deben utilizar materiales con pH adecuados para las especies a cultivar, esto se consigue en ocasiones haciendo mezclas de sustratos.

Como segundo parámetro a considerar es la baja salinidad del producto. Existen plantas que toleran mejor la salinidad pero debemos utilizar sustratos con bajas conductividades eléctricas. En ocasiones, si las sales son suficientemente solubles, es posible reducirlas con aplicación de lavados para igualar la conductividad del sustrato con la del agua de riego. Fernández *et. al.*, (1998).

Sustratos más utilizados en el cultivo sin suelo

Ramírez (2005), menciona que el mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son: el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas), especies vegetales, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego, fertilización, aspectos agronómicos, etc.

Fibra de coco

Este producto se obtiene de fibras de coco, tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3 – 6,5), y una densidad aparente de 200 k/m^3 , su porosidad es buena y debe ser lavado antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

Turbas

La turba consiste en vegetación acuática, pantanosa o de ciénaga parcialmente descompuesta. Existen tres tipos de turbas: musgo, cañaveral y humus, la primera es la menos descompuesta que proviene de *Sphagnum*, *Eriophorum* y otros musgos. Tienen una alta capacidad de CIC.

Lana de roca

Es un material mineral fibroso inerte obtenido por la mezcla de roca volcánica, caliza y cok fundidos de 1500°C a 2000°C se estira en finas hebras y se prensa ligeramente tejiendo capas. Consta básicamente de dióxido de silicio (45%), óxido de aluminio (15%), óxido de calcio (15%), óxido de magnesio (10%) y otros óxidos (5%). Se utiliza principalmente en países como Holanda, Francia, Inglaterra y Dinamarca.

Tezontle

Castellanos (2003), Menciona que es uno de los sustratos más utilizados en México en la hidroponía, pero por desgracia es uno de los menos conocidos en cuanto a sus características físicas y químicas. La forma en que se ha venido usando es simplemente tamizado por una malla de media pulgada, y todo lo que pase por ella se usa directamente en el llenado de las bolsas.

Perlita

Material silíceo de origen volcánico extraído de los ríos de lava. Las altas temperaturas nos dan un material estéril, en aplicaciones hortícolas el tamaño

más utilizado es el de 1/16 a 1/18 de pulgada (1,6 a 3,1 mm). La perlita absorbe tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6,0 a 8,0, aunque sin capacidad tampón, a diferencia de la vermiculita. No tiene capacidad de intercambio catiónico y no contiene nutrientes minerales. El tipo denominado B-12 presenta buenas propiedades físicas lo que facilita el manejo de riego y minimiza los riegos por asfixia o déficit hídrico. Un estudio comparativo de perlita, lana de roca y arena en la producción y calidad de melón, mostró resultados similares al emplear perlita o lana de roca. No obstante un inconveniente, es la posibilidad de degradación durante el ciclo de cultivo, perdiendo su estabilidad granulométrica, lo que puede favorecer un anegamiento en el interior del recipiente, aún así, su bajo costo hace que en los últimos años se haya incrementado la superficie dedicada al cultivo en sacos de perlita. Ramírez (2005),

Ventajas

Substrato con absorción uniforme, Químicamente inerte y libre de sales, 100% estéril, ultraligero, distribución de partícula controlada en planta, durable, se puede reciclar, inorgánico, incombustible, elimina variaciones abruptas de temperatura en raíces.

Requerimientos Nutrimientales

Caraveo (1994), menciona que en sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micro nutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser

suministrado como quelato porque el sulfato de hierro, es inestable en la solución y se precipita fácilmente. En caso de aguas duras, se debe tomar en cuenta el contenido de Ca y Mg en el agua de riego.

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a medida" con distintas concentraciones y relaciones N:P:K, de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa filológica.

Lupin *et al.*, (1996), menciona que las soluciones NK, PK y NPK cristalinas con contenido de por lo menos 9-10% de nutrientes (N, P_2O_5 , K_2O) en base a urea, ácido fosfórico y KCl pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo. Así por ejemplo; la aplicación de 2 L. de una solución madre 1-1-1 (3.6-3.6-3.6) en un $1m^3$ de agua de riego, dará una concentración final en el gotero de 72 ppm de N, P_2O_5 , K_2O).

Elam *et al.*, (1995), señala que teniendo en cuenta el contenido de K en cada fertilizante, se concluye que a $10^\circ C$ el porcentaje de K_2O en las soluciones saturadas de KCl, KNO_3 y K_2SO_4 será 14.9, 8.1 y 4.6 % respectivamente.

Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Compatibilidad entre Mezclas de Fertilizantes.

Sneh (1995), recomienda el uso de fertilizantes de reacción ácida y/o la inyección periódica de ácido en el sistema de fertirriego para disolver los precipitados y destapar los goteros. La inyección de ácido en el sistema de riego remueve también bacterias y algas. Luego de inyectar ácido, el sistema de riego y de inyección deberá ser cuidadosamente lavado.

Fertilizantes organominerales

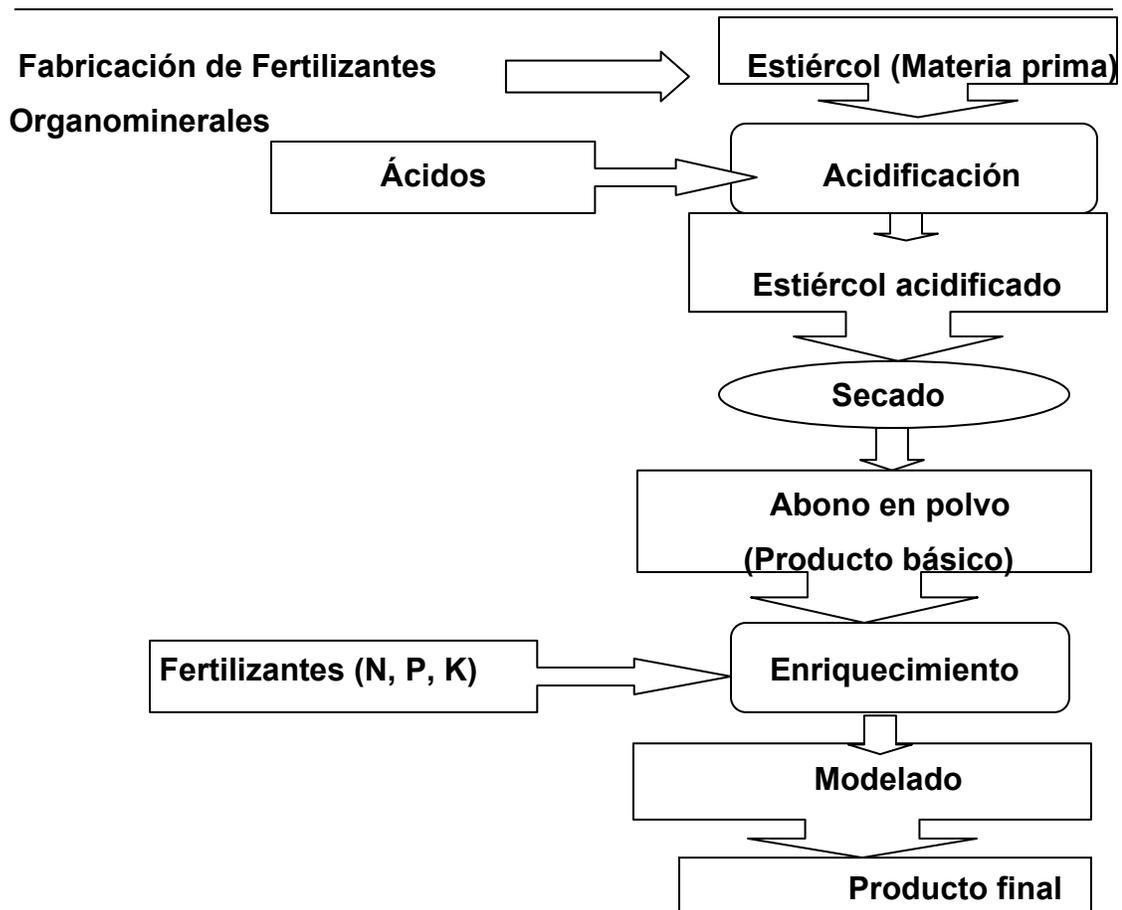
Es un producto cuya función principal es aportar nutrientes a las plantas, los cuales son de origen orgánico y mineral y que se obtiene por mezcla o combinación químicas de fertilizantes minerales con abonos orgánicos, aminoácidos, o sustancias húmicas líquidas.

De acuerdo a la definición aceptada por la mayoría de los científicos el fertilizante organomineral es el material que contiene como mínimo de materia seca un 1 % de N orgánico. La suma de las cantidades totales de $N + P_2O_5 + K_2O$ debe ser igual o superior al 13 % sobre el producto total y la materia

orgánica igual o superior al 15%. La riqueza mínima de cada elemento nutritivo será el 2% (Martínez H. 2008).

Los fertilizantes organominerales están constituidos por lo tanto, por un sustrato orgánico enriquecido con NPK. Normalmente contiene microelementos y ácidos húmicos que son los productos de degradación química y biológica de los residuos de la planta y animales del suelo. Este grupo de sustancias constituyen en los suelos minerales hasta el 85 al 90 % de la reserva total de los humos. (Martínez H. 2008).

Cuadro 1.1 Esquema de fabricación de los fertilizantes organominerales



Descripción de los fertilizantes líquidos organominerales

TRADENitro

Fertilizante líquido nitrogenado.

Es un complejo organomineral de nitrógeno nítrico y amoniacal con extracto de ácidos húmicos y fúlvicos, el cual es eficientemente asimilado por la planta, este complejo reduce notoriamente las pérdidas que por evaporación y lixiviación sufre el nitrógeno. Martínez H. (2008).

Composición de los componentes TRADENitro.

Nitrógeno NO_3 ----- 25.5 %

Nitrógeno NH_4 ----- 4.5 %

Extracto de ácidos húmicos y fúlvicos --- 70.0 %

Propiedades físico-químicas

El fertilizante líquido nitrogenado es de color oscuro, de olor ligeramente amoniacal, posee un pH de 6.5 y además se considera 100% soluble. Este organomineral es ligeramente tóxico.

TRADEPhos

Fertilizante líquido fosforado.

Es un complejo organomineral rico en fósforo cuya fuente principal se deriva de fosfatos dibásicos y monobásicos más humatos y fulvatos que facilitan y promueven la absorción y utilización por la planta favoreciendo y

acelerando su aprovechamiento en los compuestos metabólicos vegetales
Como son la formación de: adenosin trifosfato (ATP) fosfolípidos,
ácidosnucleicos, nocotinamidas, fitinas, etc.

Composición de los componentes TRADEPhos

Fósforo -----	25.0 %
Nitrógeno -----	7.0 %
Extracto de ácidos húmicos y fúlvicos -----	68.0 %

Propiedades físico-químicos

El fertilizante líquido fosforado es de color oscuro, de olor agradable, posee un pH de 6.8 y además es 100% soluble. Este organomineral se considera ligeramente tóxico.

TRADE-K

Fertilizante líquido potásico.

Es un complejo organomineral rico en potasio totalmente e intercambiable cuya fuente se deriva de sales de potasio, mas humatos y fulvatos que facilitan la rápida absorción y fijación en la planta y promueve la formación de más de 65 complejos enzimáticos, dentro de la planta, dando como consecuencia vegetales más sanos, vigorosos y resistentes a plagas y enfermedades.

Composición de los componentes TRADE-K

Potasio -----	17 %
Fósforo -----	3 %
Extracto de ácidos húmicos y fúlvicos -----	80 %

Propiedades físico-químicos

El fertilizante líquido potásico es de color oscuro, de olor agradable, posee un pH de 6.5 y además es 100% soluble. Se considera ligeramente tóxico.

TRADECaI.

Fertilizante líquido cálcico.

Es un fertilizante organomineral rico en calcio totalmente soluble, complejo de humatos y fulvatos de leonardita, el calcio es determinante en la firmeza y consistencia del fruto, por lo que su rápida asimilación por la planta impactara favorablemente el efecto deseado en el fruto determinado.

Composición de los componentes TRADECaI.

Calcio -----	16.10 % mínimo
Nitrógeno -----	1.0 % mínimo
Extracto de ácidos húmicos y fúlvicos -----	82.9 %

Propiedades físico-químicas

El fertilizante líquido cálcico es de color oscuro, sin olor, posee un pH de 7.5 y además tiene 98 % de solubilidad. Se considera ligeramente tóxico.

Generalidades de las sustancias húmicas

La mezcla de compuestos orgánicos que se extrae del suelo mediante métodos establecidos o por extensión de materiales orgánicos más o menos humificados; puede denominarse “sustancias húmicas solubles” , estos materiales solubles constituyen una fracción importante del humos y están formadas por ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y algunos otros componentes, no propiamente húmicos, como polisacáridos y péptidos.

Las sustancias fúlvicas al igual que las húmicas, son originadas de la materia orgánica; entre las principales propiedades que se les atribuyen (Narro,1997), se encuentran la de mejorar la estructura del suelo reduciendo la compactación, aumentar la capacidad de retención del agua, facilitar la adsorción de nutrientes y disminuir las pérdidas por lixiviación, que produce efectos benéficos en las plantas en condiciones adecuadas de nutrición vegetal y al aplicarse a suelos y plantas, estimulan el crecimiento vegetal y permiten reducir la dosis de varios agroquímicos al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo.

Efecto de los ácidos húmicos en las plantas

Narro (1987), señala que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas.

III. MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica

La investigación se realizó en el invernadero número dos de ornamentales durante el ciclo Primavera Verano de 2008, que se encuentra ubicado en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", localizada en buena vista Saltillo Coahuila, México. a una altitud norte 25° 23', long. 101° Oeste y a 1743 msnm.

Material Vegetativo:

Se utilizó un material vegetativo de Harris Moran de hábito determinado Trabajándose con la variedad Toros F₁

Descripción del genotipo

Toros F₁ es un Tomate saladette de hábito determinado, material precoz que se caracteriza por sus altos rendimientos fruto uniforme, perfecto para embarqué, fruto cuadrado de tamaño grande y de color rojo intenso, de buen sabor, comportamiento estable en diversas condiciones de cultivo. Madurez relativa intermedia, estructura de planta vigorosa y con buena

Cobertura foliar. Resistente a **V1=** *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae* raza 1, **Fol 1,2=** *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* razas 1,2, **M=** *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*.

Descripción de tratamientos

Cuadro 2.1 descripción de tratamientos aplicados en esta investigación.

Tratamientos
1. Testigo se aplico agua todo el ciclo.
2. Fertilización de organominerales a una dosis de 1 cc /L de agua.
3. Fertilización de organominerales a una dosis de 2 cc/L de agua.
4. Fertilización de organominerales a una dosis de 4 cc/L de agua.
5. Fertilización inorgánica solución hidropónica Douglas mínima
6. Fertilización orgánica a una concentración de 1 cc/L de agua más la solución Hidropónica Douglas mínima.
7. Fertilización orgánica a una concentración de 2 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas mínima.
8. Fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 4 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas mínima.
9. Fertilización inorgánica (solución nutritiva Douglas óptima).
10. Fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 1 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas óptima.
11. Fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 2 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas óptima.
12. Fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 4 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas óptima.
13. Fertilización inorgánica (solución nutritiva Douglas máxima).
14. fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 1 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas máxima.
15. fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 2 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas máxima
16. fertilización orgánica (organomineral) a una concentración de 4 cc/L de agua más la solución nutritiva Douglas máxima.

Llenado de macetas.

Se utilizo como sustrato la mezcla Sunshine Mix No.3 y perlita a una proporción de 1: 1 a la cual se le aplico agua y fue mezclada homogéneamente, posteriormente se llenaron las macetas al 95 % de su totalidad.

Trasplante

El trasplante se realizo el 3 de abril de 2008 en bolsas de polietileno negro con una capacidad de 20 kg. Se coloco una planta por bolsa en total fueron 64 macetas.

Se construyo una estructura a base de madera y fierro para apoyar las macetas, así como también se instalo un tutor con la finalidad de guía y sostén a base de alambre y abrazaderas (de plástico) en todo el ciclo.

Riegos

Se realizo un riego previo para saturar el sustrato y sacar el aire de las macetas y el endurecimiento del mismo. Posteriormente se aplicaron riegos ligeros de agua, para mantener la hidratada la planta y así esta continuara con su desarrollo. Así mismo se aplicaron 2 riegos diarios durante todo el ciclo, recirculando la solución para cada tratamiento. Y dos veces por semana solo se aplico agua para bajar sales. Se colocaron contenedores de plástico con capacidad para 10 L. Para cada tratamiento.

Fertilización

La solución nutritiva se preparo según Douglas utilizando como base la dosis máxima, esta se dividió en tres niveles de la siguiente manera mínima al 25% de la máxima, óptima al 50% de la máxima y máxima al 100%.

Valores Deseables de cada elemento en la Solución Nutritiva Douglas 1976.

Cuadro 2.2 Solución nutritiva de Douglas (ppm).

Elemento	Límites	optimo
Nitrógeno	150-1000	250
Calcio	100-500	200
Magnesio	50-100	75
Fosforo	50-100	80
Potasio	100-400	300
Azufre	200-1000	400
Cobre	0.1-0.5	0.5
Boro	0.5-5	5
Hierro	2-10	5
Manganeso	0.5-5	2
Molibdeno	0.01-0.05	0.002
Zinc	0.5-1	0.5

La solución madre se preparo a una concentración mínima, óptima y máxima según Douglas para cada tratamiento en contenedores de 20 L. se hizo a base de fertilizantes inorgánicos (cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 fertilizantes utilizados para preparar la solución madre.

Fertilizantes	Mínima	Óptima	Máxima
Nitrato de amonio	0.197 g/L	0.64 g/L	1.31 g/L
Nitrato de potasio	0.259 g/L	0.58 g/L	1.03 g/L
Nitrato de calcio	0.0 g/L	0.0 g/L	2.05 g/L
Fosfato diamonico	0.212 g/l	0.34 g/L	0.0 g/L
Sulfato de calcio	1.29 g/L	1.72 g/L	0.0 g/L
Sulfato de magnesio	0.247 g/L	0.37 g/L	18.20 g/L
Sulfato de cobre	0.314 cc/L	1.53 cc/L	1.57cc/L
Sulfato de fierro	7.16 cc/L	17.90 cc/L	35.81cc/L
Sulfato de manganeso	1.82cc/L	7.82 cc/L	18.20cc/L
Sulfato de zinc	1.51cc/L	1.52 cc/L	3.05 cc/L
Acido bórico	9.25cc/L	18.51 cc/L	92.59 cc/L

Una vez establecidas las macetas, se aplico la solución nutritiva a una concentración del 10% de las sales totales. 25 días después del trasplante se aumento la solución nutritiva una concentración de 50% de las sales totales. Así, sucesivamente se fue incrementando cada 25 días hasta llegar a una concentración del 100% de las sales totales. La solución nutritiva se cambio y relleno cada 8 días durante todo el ciclo del cultivo.

Fertilización orgánica

Se utilizaron fertilizantes organominerales de la empresa Tradek S. A. de C. V., los cuales fueron TradeNitro (N), TradePhos (P), trade (K) a una concentración de 1: 0.5: 0.5, que equivalente a mezclar 1000 cc de Trade N, 500 cc de TradePhos P, 500 cc de Trade K, de las cuales se tomo 1, 2 y 4 cc/L de agua según el tratamiento durante el primer mes. Así mismo se aplico 1 cc/L de agua de Trade Mg y 1 cc/L de agua de Trade Cal.

El segundo mes se aumento a una concentración de 1: 0.5: 1 que equivalente a mezclar 1000 cc de Trade N, 500 cc de TradePhos P, 1000 cc de Trade K, de las cuales se tomo 1, 2 y 4 cc/L de agua según los tratamientos durante todo el ciclo del cultivo. Asi mismo se aplico 1cc/L de agua de Trade Mg y 1cc/l de agua de Trade Cal.

Control sanitario

Se aplico confidor (imidacloprid) al momento del trasplante a razón de 0.5 cc/L de agua. Con la finalidad de prevenir plagas de daño directo como mosquita blanca (*Bemisia tabaci*). A los 25 días después del trasplante se realizo otra aplicación del mismo insecticida. Posteriormente se aplico cada 25 días hasta cosecha.

Se realizo una aplicación de Ridomil Gold sl. (48% p/v de Mefenoxam equivalente a 465 g/L de Metalaxil-M), a razón de 1g/L de agua para prevenir tizón tardío, El 28 de mayo se presento alternaría solani (tizón temprano). En los tratamientos de solución máxima. Para lo cual se aplico manzate (mancozeb) a razón de 10 g/L de agua.

Cosecha

La cosecha inicio el 20 de junio de 2008. Tomando como indicador su madurez comercial, la cosecha se realizo en 5 fechas, etiquetando cada fruto con su tratamiento para posteriormente evaluarlo y así tomar sus características de calidad.

Variables evaluadas

- ❖ **Peso Fresco del Fruto.** El peso total del fruto se obtuvo con la ayuda de una báscula digital de 1 kg, esta medida se reporto en gramos.

- ❖ **Diámetro Ecuatorial.** La lectura se obtuvo midiendo el diámetro del fruto, por su parte ecuatorial, se midió con un vernier y se reporto en centímetros.

- ❖ **Diámetro Polar.-** Se evaluó midiendo el fruto por su diámetro polar, con un vernier, la longitud se reporto en centímetros.

- ❖ **Altura de planta.** Para tomar este dato, se hizo con una cinta métrica, desde la superficie del suelo hasta la parte más alta de la planta reportándose en centímetros.

- ❖ **Numero de racimos.-** se tomo el número total de racimos por planta tomando en cuenta desde el primer racimo hasta el racimo final.

- ❖ **Diámetro del tallo.-** se midió el diámetro del tallo con la ayuda del vernier expresado en centímetros.

Diseño experimental

Los datos obtenidos en esta investigación se realizaron estadísticamente en un programa de análisis de varianza (ANVA) y prueba de medias con

diferencia mínima significativa de $P \geq 0.05$, mediante el programa o paquete computacional de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

El diseño experimental empleado en esta investigación fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial AXB.

El factor A (niveles hidropónicos), estuvo conformado por:

P1= mínima

P2= Óptima

P3= máxima

Para el factor B (dosis de organominerales)

D1= 1 cc/L de organominerales

D2= 2 cc/L de organominerales

D3= 4 cc/L de organominerales

En total fueron 16 tratamientos con 2 repeticiones y 2 plantas por repetición dando un total de 64 unidades experimentales.

Modelo estadístico

El modelo del diseño empleado fue:

$$Y_{ijk} = M + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}: Valor correspondiente al i-esimo niveles hidropónicos, j-iesima dosis de organominerales k-iesima repetición, **M**: Media general común a todas las

unidades experimentales, α_i : Respuesta de la i-esima media del factor A (niveles hidropónicos), β_j : Respuesta a la j-iesima media del factor B (dosis de organominerales), ϵ_{ijk} : Error experimental de la i-esimo niveles hidropónicos, j-iesima dosis de organomineales y k-iesima repetición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Peso del fruto

Esta variable es la más importante, ya que en base a esta, se determina el volumen de la producción, entre más peso se obtenga en el fruto mayor será el volumen y venta para el productor. De acuerdo al análisis de varianza para el factor A (niveles hidropónicos) resultó estadísticamente altamente significativa así como para el factor B (dosis de organominerales) lo mismo que la interacción entre factores.

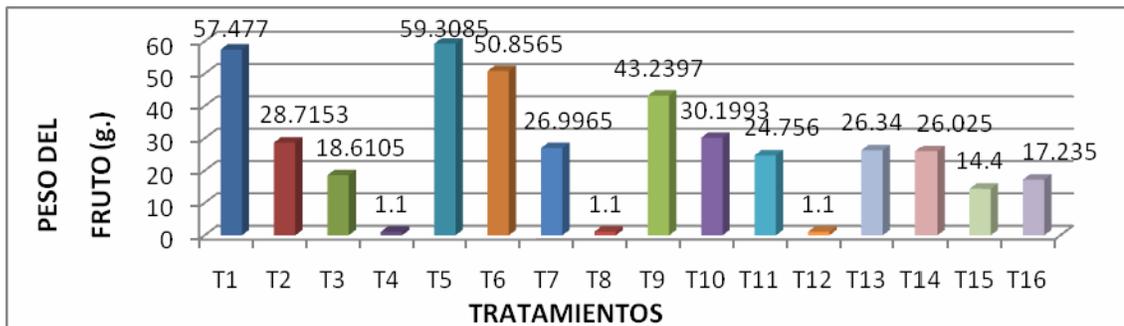


Figura 4.1. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Peso del Fruto expresado en gramos.

La mayor respuesta se obtuvo cuando se utilizó la solución hidropónica Douglas a dosis mínima, ya que supera al testigo en un 30.55%, con un peso medio de fruto de 59.30 g. mientras que la solución máxima es superada por el testigo en un 20.62% con un peso medio de fruto de 26.34 g. y la dosis óptima

es superada tan solo por 6.29%. Con un peso medio por fruto de 43.23 g. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

El factor B (dosis de organominerales) tuvo una respuesta estadística altamente significativa ya que el testigo supera en su totalidad a los tratamientos, la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua es superada por el testigo en un 37.24% con un peso medio por fruto de 28.71g., la dosis de organominerales de 2 cc/L de agua es superada por el testigo en un 119.87% y la dosis de 4cc/L de agua es superada por un 807.56%. El uso de nutrientes organominerales con sustratos inertes no beneficia a esta variable. Lo que contradice a Hernández, (2008), al mencionar que los mejores resultados fueron con productos organominerales esto puede deberse a que dichos productos están compuestos por ácidos húmicos y fulvicos, así como cierto contenido de sacarosa que ayuda a la absorción por la planta ya que efficientiza la nutrición. Esto confirma que los fertilizantes organominerales son mucho más eficientes que los minerales

En la interacción entre factores reporta, que a medida que se aumenta el factor B (dosis de organominerales) baja el peso del fruto. Al parecer la mejor respuesta es cuando se utiliza la solución Douglas a nivel mínimo, sin el uso de nutrientes organominerales.

La prueba de medias para el factor niveles hidropónicos presenta cuatro niveles de significancia, en el nivel "A" se encuentran los tratamientos T1, T5, T6, T9, T13, T14, para el nivel "B" se encuentran los tratamientos T2, T7, T10, T11, T16, dentro del nivel "C" se encuentran los tratamientos T7, T8, T12, T4.

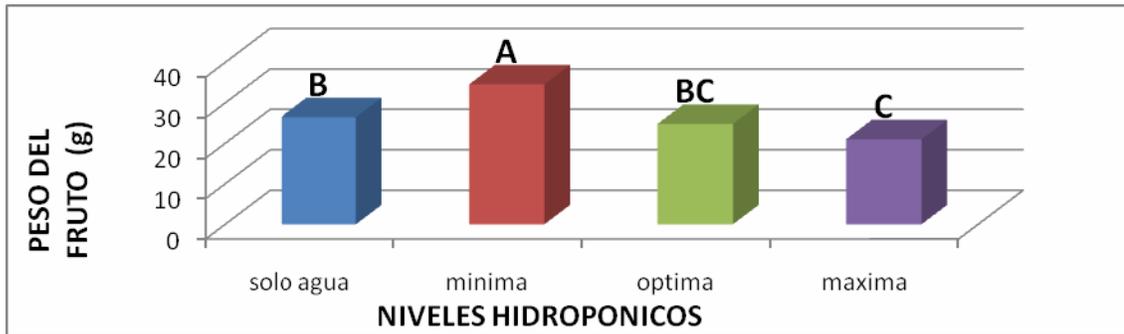


Figura 4.2. Influencia de las diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Peso de Fruto expresado en gramos.

La prueba de medias para el factor dosis de organominerales dio cuatro niveles de significancia en el nivel "A" se ubican los tratamientos T1, T5, T6, T9, T13, T14, para el nivel "AB" donde se encuentra el Tratamiento 15, en el nivel "B" donde se ubican los tratamientos T2, T2, T10, T11, T16, en el Nivel "C" se encuentran los tratamientos T7, T8, T12, y en nivel "D" se ubica el tratamiento 14.

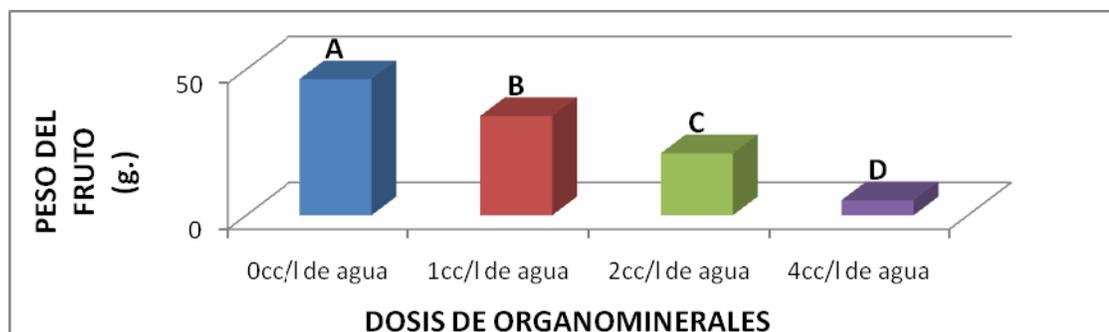


Figura 4. 3. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Peso de Fruto expresado en gramos.

Los mejores resultados se obtuvieron con el uso de la solución hidropónica Douglas mínima ya que reporta un peso medio de 59.308 g. esto nos refleja que entre más aumentemos el factor dosis de organomineral, como consecuencia quelata al fertilizante mineral y por lo tanto ejerce una reacción en la planta de intoxicación. También la dosis mínima con organominerales a razón de 1 cc/L de agua arroja un peso medio por fruto de 50.856 g. así que si utilizamos el organomineral en concentraciones menores de 1 cc/L de agua obtendremos muy buenos resultados y aminoramos los costos de producción o bien trabajar con soluciones Douglas a nivel mínimo. Esto contradice a Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), quienes indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Diámetro ecuatorial

Para el productor esta variable se considera como factor importante ya que hoy en día los estándares de calidad son muy estrictos a nivel nacional e internacional, es por ello que el productor busca satisfacer las necesidades del cliente proveyendo tamaños específicos de frutos. Al realizar el análisis de varianza se encontró una respuesta significativa para el factor (A) niveles hidropónicos y altamente significativa para el factor B (dosis de organominerales) lo mismo que para la interacción.

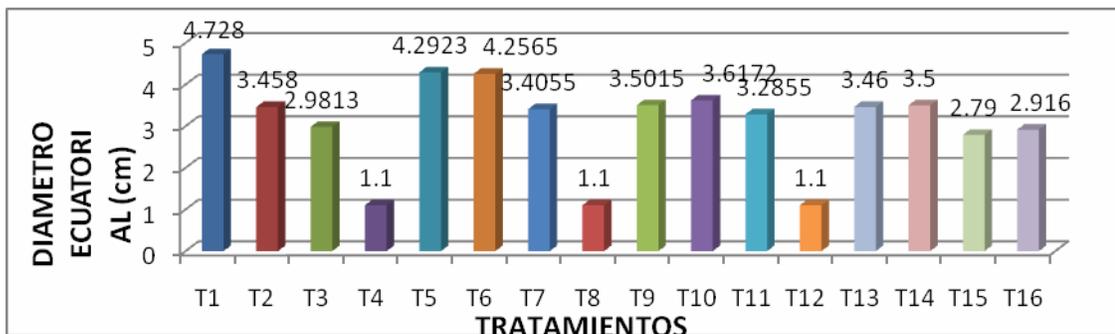


Figura 4.4. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm.

La mejor respuesta se obtuvo cuando se usa la solución hidropónica mínima de Douglas ya que supera al testigo en un 6.41%, mientras que el nivel máximo lo supera en tan solo 3.29% y el nivel medio es superado por el testigo en un 6.21%. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

Para el factor (B) dosis de organominerales resultó estadísticamente altamente significativo debido a que el testigo supera a la totalidad de los tratamientos: la dosis mínima de organominerales de 1 cc/L de agua es superada por el testigo en un 7.26%, mientras que la dosis máxima de organominerales de 4 cc/L de agua es superada por el testigo en un 61.10% y la dosis media de organominerales de 2 cc/L de agua es superada por el testigo en tan solo 28.24%. El uso de nutrientes organominerales con sustratos inertes no beneficia a esta variable. Lo que contradice a Hernández, (2008), al mencionar que los mejores resultados fueron con productos organominerales esto puede deberse a que dichos productos están compuestos por ácidos húmicos y fulvicos, así como cierto contenido de sacarosa que ayuda a la absorción por la planta ya que eficientiza la nutrición. Esto confirma que los fertilizantes organominerales son mucho más eficientes que los minerales

La interacción AxB reporta una diferencia estadística altamente significativa, por la influencia que ejercen los factores entre ellos, al parecer la mayor interacción es determinada por el factor (B) dosis de organominerales sobre el factor (B) soluciones hidropónicas.

La prueba de medias para el factor niveles hidropónicos presenta tres niveles de significancia en el nivel "A" se encuentran los tratamientos T1, T2, T6, T10, T16, T14, para el nivel "AB" se encuentran los tratamientos T9, T11, dentro del nivel "B" se encuentran los tratamientos T3, T4, T5, T7, T8, T12, T14, T15.

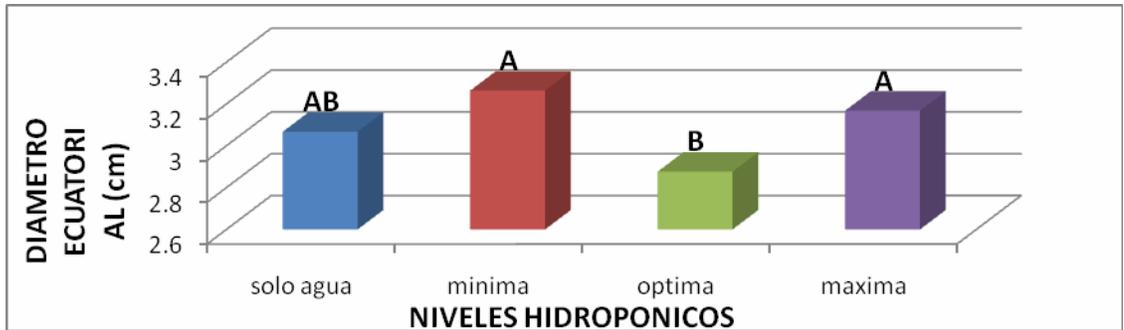


Figura 4. 5. Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm.

La prueba de medias para el factor dosis de organominerales arroja tres niveles de significancia, en el nivel "A" se encuentran los tratamientos T1, T5, T6, T9, T10, T11, T13, T14, en el nivel "B" donde se encuentran los tratamientos T2, T3, T7, T12, T15, T16 y en el nivel "C" se ubican los tratamientos T4, T8.

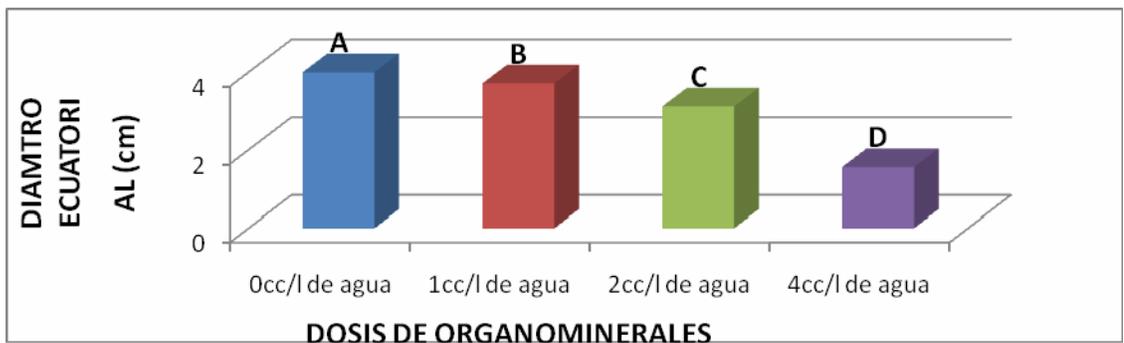


Figura 4.6. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro Ecuatorial expresado en cm.

El mejor resultado de esta variable fue el testigo donde se aplicó (solo agua) siguiéndole en el orden de importancia la dosis de organominerales a razón de 1 cc/L de agua junto con la solución hidropónica Douglas a nivel mínimo con un diámetro ecuatorial por fruto de 4.29 cm., por lo tanto si

manejamos una fertilización a dosis bajas obtendremos buenos resultados ya que de lo contrario entre más aumentemos la dosis de organominerales disminuye el diámetro ecuatorial del fruto ya que el organomineral es un quelatante de los fertilizantes inorgánicos minerales. Esto contradice a Hagin y Lowengart- Aycicegi (1999), que indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Diámetro Polar

Esta variable está directamente relacionada con la calidad del fruto, ya que para el productor entre más alto sea el valor se considera de mejor calidad, considerando que se trata de jitomate tipo saladette. Al analizar los resultados no se encontró diferencia estadística significativa para el factor A (niveles hidropónicos) y altamente significativos para el factor B (dosis de organominerales), así como para la interacción entre factores.

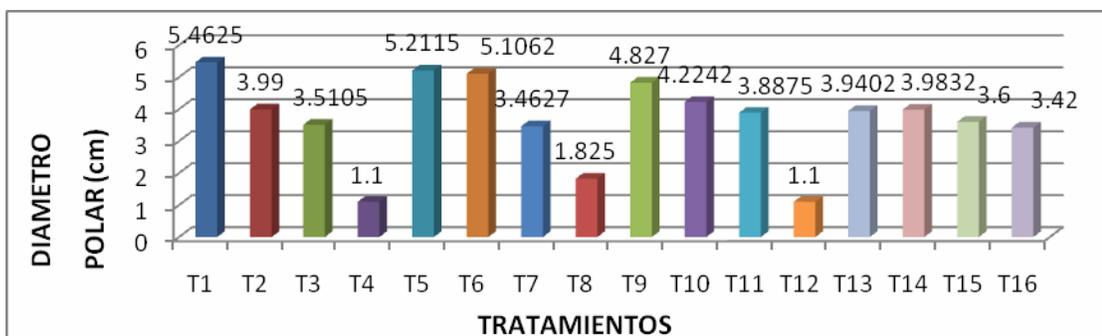


Figura 4.7. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Diámetro Polar expresado en cm.

La mejor respuesta se obtuvo cuando se maneja la solución hidropónica de Douglas a un nivel mínimo ya que supera al testigo en un 10.96% con un diámetro polar por fruto de 3.90 cm., mientras que el nivel máximo supera al testigo en tan solo 6.26% con un diámetro polar por fruto de 3.73 cm., y el nivel óptimo es superado por el testigo en tan solo un 0.17%. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

El factor B. (dosis de organominerales) resultó estadísticamente altamente significativo debido a que el testigo supera a la totalidad de los tratamientos: la dosis de organominerales de 1 cc de /L de agua es superada por el testigo en un 12.35% mientras que la máxima dosis de 4 cc de organominerales/L de agua es superada por el testigo en un 161.13% y la dosis media de 2 cc de organominerales /L de agua es superada por el testigo en tan solo un 34.44%. El uso de nutrientes organominerales con sustratos inertes no beneficia a esta variable. Lo que contradice a Hernández, (2008), al

mencionar que los mejores resultados fueron con productos organominerales esto puede deberse a que dichos productos están compuestos por ácidos húmicos y fulvicos, así como cierto contenido de sacarosa que ayuda a la absorción por la planta ya que eficientiza la nutrición. Esto confirma que los fertilizantes organominerales son mucho más eficientes que los minerales

La interacción AXB reporta una diferencia estadística altamente significativa de la influencia que ejercen los factores entre ellos, al parecer la mayor influencia es determinada por el factor (B) dosis de organominerales sobre el factor (A) niveles hidropónicos.

La prueba de medias para el factor dosis de organominerales arroja cuatro niveles de significancia, en el nivel “A” se ubica la unidad experimental T1, T5, T6, T9, T13, T14, T15, T16, mientras que en el nivel “AB” se ubica el Tratamiento 10, en el nivel “B” donde se encuentran los tratamientos T2, T3, T7, T11, mientras que en el nivel “C” se ubican los tratamientos T4, T8, T12.

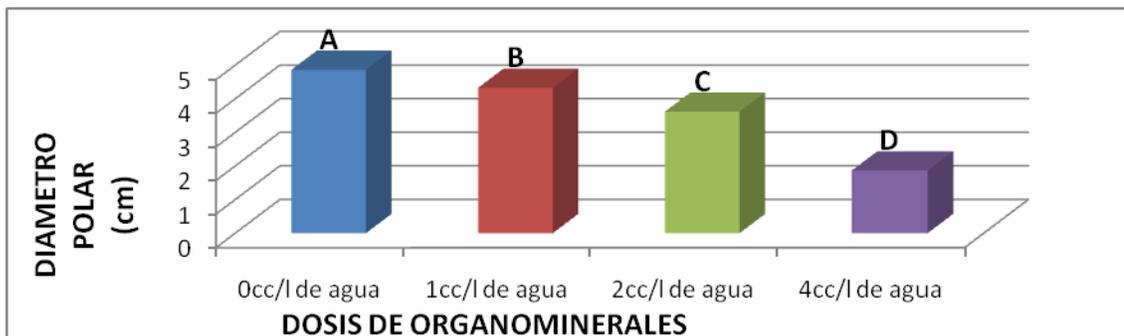


Figura 4.8. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro Polar expresado en cm.

Para esta variable el mejor resultado fue el testigo siguiéndole la dosis de organominerales a razón de 1 cc/L de agua junto con la solución Douglas a un nivel mínimo con diámetro polar por fruto de 5.21cm., lo cual nos dice que entre mayor sea la dosis de organominerales menor será el diámetro polar del fruto y a menor concentración de fertilizantes organominerales podemos obtener frutos con un buen diámetro polar. Esto difiere con Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), que indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Altura de plantas

Esta variable es de gran importancia para el productor ya que entre más altura tenga la planta tendrá mayor área fotosintética y mejor calidad de frutos considerando que es una variedad de habito determinado. Al analizar los datos en el análisis de varianza se encontró que son estadísticamente altamente significativas. Para el factor (A) niveles hidropónicos como para el factor B dosis de organominerales como para la interacción de los factores.

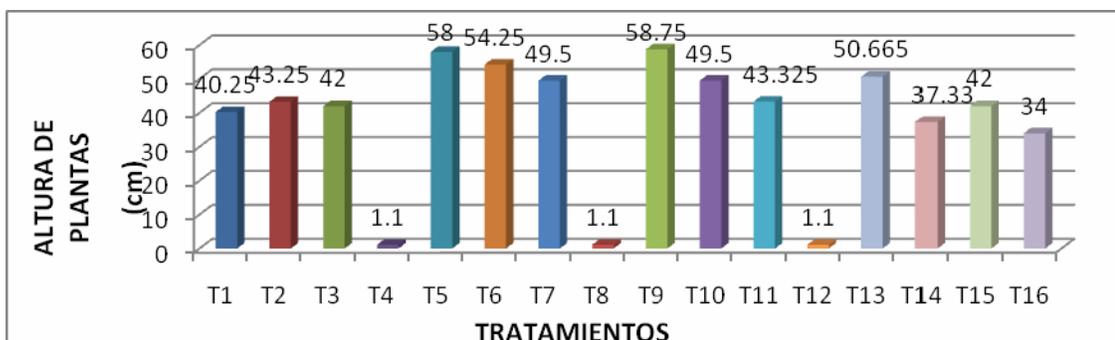


Figura 4.9. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Altura de Plantas expresada en cm.

Se obtiene la mejor respuesta cuando se maneja la solución Douglas a un nivel máximo que supera al testigo en un 29.53%, mientras que el nivel mínimo supera al testigo por 28.63% y el nivel optimo supera al testigo en tan solo por 20.59%. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

El factor B (dosis de organominerales) resulto estadísticamente altamente significativo debido a que el testigo supera en su totalidad a los tratamientos, la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua es superada por el testigo en 12.35%, la dosis media de organominerales de 2 cc/L de agua es superada por el testigo en un 17.44% mientras que la dosis máxima es superada por el testigo en un 456.74%. Los resultados son contrarios a lo que cita Narro (1987), que señala que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, se favorece así la asimilación radical y

aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas.

La interacción AxB reporta una diferencia estadística altamente significativa de la influencia que ejercen entre ellos al parecer tanto el factor A niveles hidropónicos como el factor B dosis de organominerales son dependientes a medida que se aumenta la dosis la altura de la planta es menor.

La prueba de medias para el factor niveles hidropónicos presenta dos niveles de significancia en el nivel "A" se encuentran los tratamientos T2, T3, T6, T10, T16, para el nivel "B" se encuentran los tratamientos T4, T9, T12, T13, T14, T15.

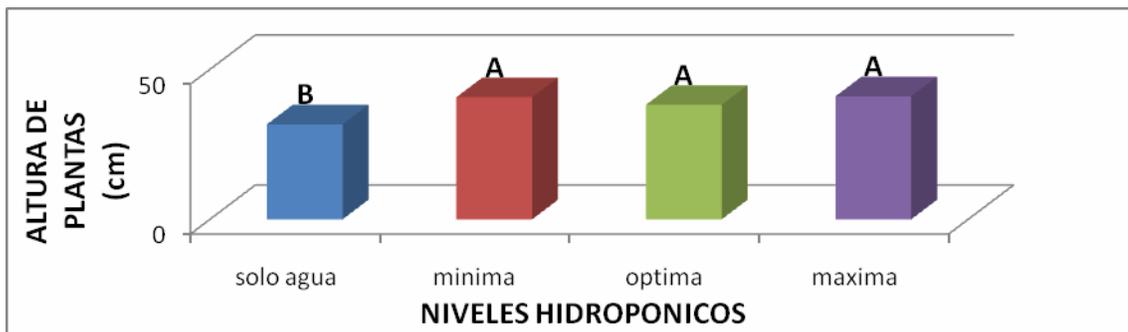


Figura 4.10. Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Altura de Plantas expresada en cm.

La prueba de medias para el factor dosis de organominerales arroja 5 niveles, en el nivel "A" se ubican las unidades experimentales T1, T2, T3, T5, T9, T13, mientras que para el nivel "AB" se ubica el tratamiento 6, en el nivel "C" se encuentran los tratamientos T4, T7, T10, T11, T14, en el nivel "BC" se ubica el tratamiento 15 y en el nivel "C" se ubican los tratamientos T8, T12, T16.

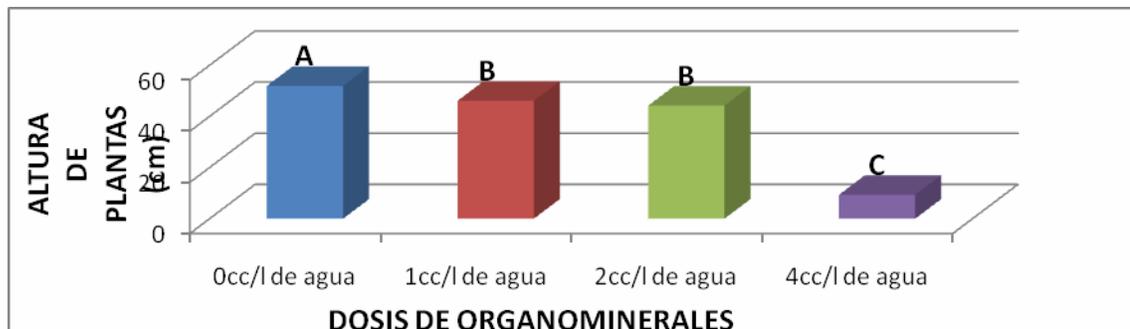


Figura 4.11. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Altura de Plantas expresada en cm.

La mejor respuesta obtenida para esta variable es la dosis de organominerales de 2 cc/L de agua junto con la solución hidropónica Douglas a nivel mínimo con una altura media por planta de 58.75 cm., Seguida de la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua junto con la solución hidropónica Douglas a nivel mínimo con una altura media de 58 cm. por planta y la dosis mínima de organominerales de 1 cc/L de agua junto con la solución hidropónica Douglas a nivel mínimo con una altura media de 54.25 cm. por planta, por lo que si usamos cualquiera de estos tratamientos obtendremos una buena altura de plantas. Esto contradice a Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), que indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o

sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Numero de racimos

Esta variable está directamente relacionada con la calidad del fruto es por eso que para el productor es muy importante. El análisis de varianza arrojo una respuesta estadísticamente altamente significativa para el factor A (niveles hidropónicos) como para el factor B (dosis de organominerales) como para la interacción de los factores.

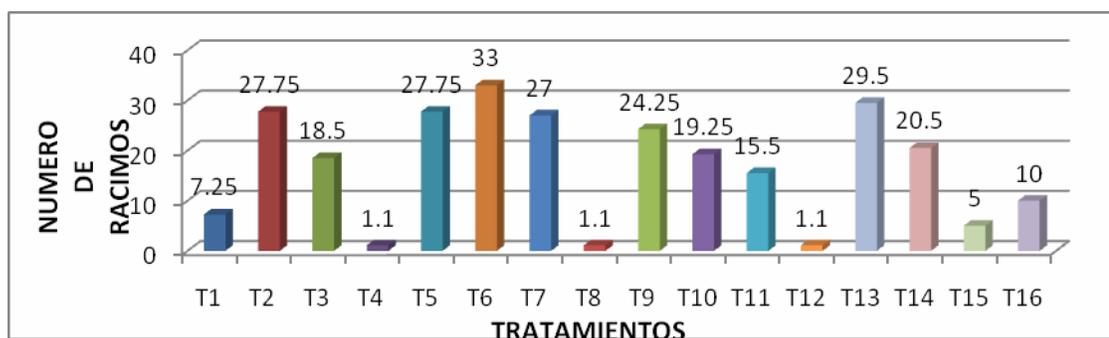


Figura 4.12. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Numero de Racimos.

Obteniendo la mejor respuesta cuando se maneja la solución hidropónica Douglas a un nivel mínimo que supera al testigo en un 62.65% mientras que el nivel óptimo supera al testigo por 10.07% y el nivel máximo supera al testigo en tan solo 19.04%. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

Encontramos que el factor (B) dosis de organominerales resulto estadísticamente altamente significativa debido a que el testigo supera a la mayoría de los tratamientos excepto a la dosis mínima de organominerales de 1 cc/L de agua que es superior al testigo en un 13.23%, mientras que la dosis media de organominerales de 2 cc/ L de agua es superada por el testigo en un 34.46% y la dosis máxima de organominerales de 4 cc/L de agua es superada por el testigo en un 567.29%. El uso de nutrientes organominerales con sustratos inertes no beneficia a esta variable. Lo que contradice a Hernández, (2008), al mencionar que los mejores resultados fueron con productos organominerales esto puede deberse a que dichos productos están compuestos por ácidos húmicos y fulvicos, así como cierto contenido de sacarosa que ayuda a la absorción por la planta ya que efficientiza la nutrición. Esto confirma que los fertilizantes organominerales son mucho más eficientes que los minerales

En la interacción reporta que es altamente significativa ya que tanto el factor A (niveles hidropónico) y el factor B (dosis de organominerales) son dependientes, la dosis hidropónica a emplear después del uso del organomineral y de la dosis de este, cuando se emplea el testigo (solo agua), el mejor resultado es cuando se aplica 1cc de organomineral /l de agua junto con la solución mínima Douglas, por lo cual a medida que aumenta la dosis de organominerales disminuye el número de racimos.

La prueba de medias para el factor niveles hidropónicos presenta cuatro niveles de significancia en el nivel “A” se encuentran los tratamientos T6, T10, T16, para el nivel “B” se encuentran los tratamientos T3, T5, T9, T11, T13, T14, T15, dentro del nivel “C” se encuentran los tratamientos T1, T4, T7, T8, T12.

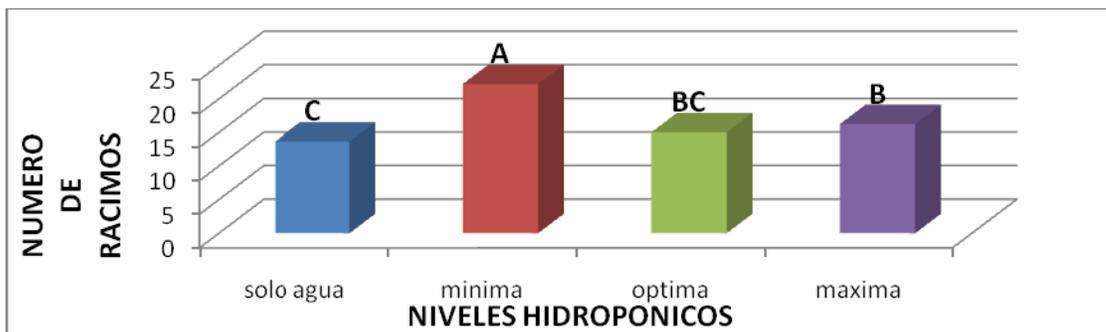


Figura 4.13. Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Numero de Racimos.

La prueba de medias para el factor solución de organominerales arroja 4 niveles de significancia, en el nivel “A” se ubican los tratamientos T2, T6, T9, y T13, mientras que en el nivel “B” se ubican los tratamientos en T3, T5, T7, T10, T11, T14, en el nivel “C” se encuentran los tratamientos T1, T8, T12, T16 y en el nivel “D” los tratamientos T4, T15.

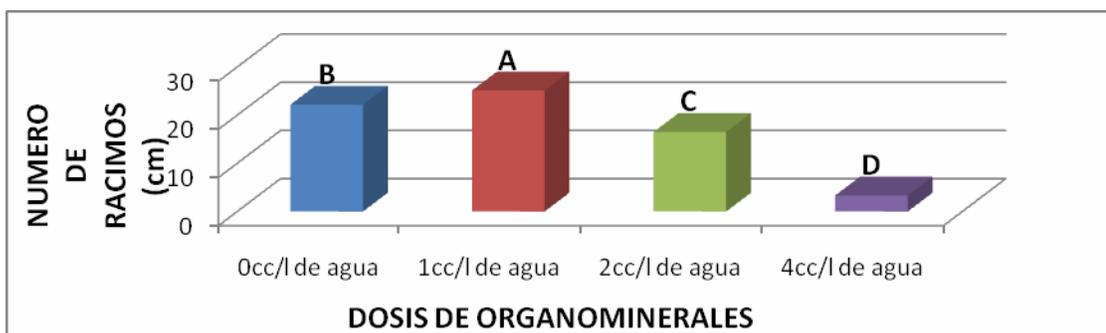


Figura 4.14. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Numero de Racimos.

La mejor respuesta es cuando se aplica la dosis de organominerales de 1 cc/ L de agua junto con la solución nutritiva Douglas a nivel mínimo con una media por planta de 33 racimos, siguiéndole por orden de importancia la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua, junto con la solución nutritiva Douglas a nivel óptimo con una media por planta de 27.75 racimos y la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua mas la solución nutritiva Douglas a nivel óptimo con una media por planta de 27 racimos, a medida que aumenta la dosis de organominerales y el nivel de la solución Douglas disminuye el número de racimos . Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

Diámetro del tallo

Esta variable es muy importante ya que para el productor entre más grueso y vigoroso sea el tallo mayor resistencia y sostén para soportar la estructura y peso de los frutos. Al analizar los resultados para el factor (A) niveles hidropónicos resulto estadísticamente altamente significativa como para el factor B dosis de organominerales y la interacción entre factores.

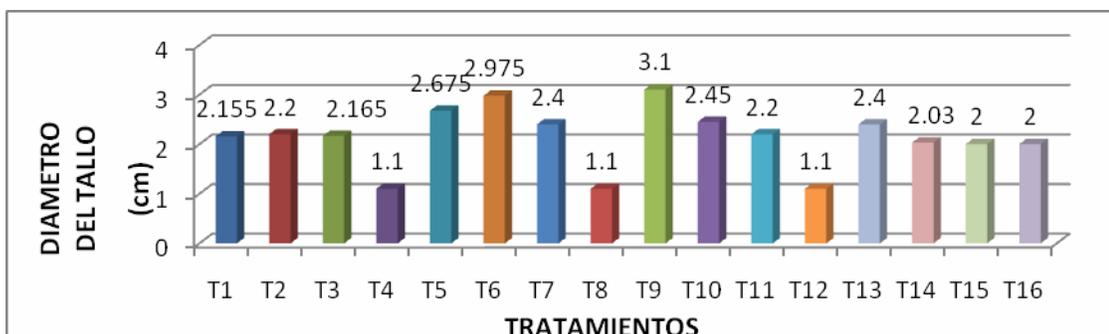


Figura 4.15. Comparación de los diferentes tratamientos utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.

Obteniendo la mejor respuesta cuando se usa la solución hidropónica Douglas a un nivel mínimo que supera al testigo en un 20.07% mientras que el nivel máximo supera al testigo por 10.66% y el nivel medio tan solo supera al testigo por 16.14%. Esto concuerda con Ganmore – Neumann y Kafkafi (1997), al determinar que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos.

El factor (B) dosis de organominerales estadísticamente resulto altamente significativa debido a que supera en su totalidad a los tratamientos, la dosis de organominerales de 1 cc/L de agua es superada por el testigo en un 6.96%, mientras que la dosis de organominerales de 4 cc/L de agua es superada por el testigo en un 94.90% y la dosis de organominerales de 2 cc/L de agua es superada por el testigo en tan solo 17.85%. El uso de nutrientes organominerales con sustratos inertes no beneficia a esta variable. Lo que contradice a Hernández, (2008), al mencionar que los mejores resultados fueron con productos organominerales esto puede deberse a que dichos

productos están compuestos por ácidos húmicos y fulvicos, así como cierto contenido de sacarosa que ayuda a la absorción por la planta ya que eficientiza la nutrición. Esto confirma que los fertilizantes organominerales son mucho más eficientes que los minerales

La interacción entre los factores reporta estadísticamente una diferencia estadística altamente significativa ya que al parecer el factor B dosis de organominerales sobre el factor (A) soluciones hidropónicas ya que entre más se aumente la dosis de organominerales el diámetro del tallo disminuye.

La prueba de medias para el factor niveles hidropónicos presenta tres niveles de significancia en el nivel "A" se encuentran los tratamientos T3, T6, T10, T16, para el nivel "B" se encuentran los tratamientos T1, T2, T7, T11, T13, T14, T15, dentro del nivel "C" se encuentran los tratamientos T4, T5, T8, T12.

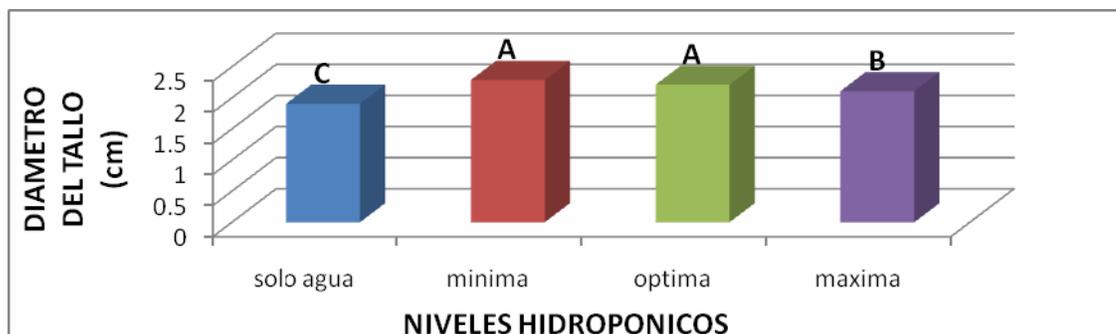


Figura 4.16. Influencia de los diferentes niveles hidropónicos Douglas utilizados en *Lycopersicon esculentum* Mill para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.

La prueba de medias para el Factor dosis de organominerales arroja cuatro niveles de significancia, en el nivel "A" se encuentran las unidades

experimentales T1, T2, T3, T6, T9, T12, T13, en el nivel “B” se ubican los tratamientos T4, T5, T10, T14, T15, T16, en el nivel “C” se ubican los tratamientos T7, T11 y en el nivel “D” se ubica el tratamiento 8.

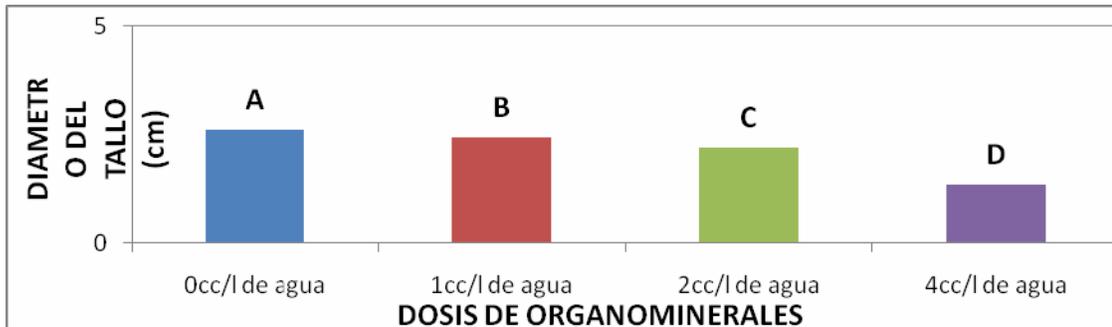


Figura 4.17. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill a diferentes dosis de organominerales para la variable Diámetro del Tallo expresado en cm.

El mejor resultado para la variable diámetro del tallo fue la dosis de organominerales a razón de 1 cc/L de agua junto con la solución nutritiva Douglas a nivel mínimo con un diámetro de tallo medio de 2.97 cm por planta, por lo cual esto nos demuestra que si usamos una fertilización a dosis mínimas de minerales junto con organominerales obtendremos buenos resultados y aminoramos costos de producción. Esto difiere con Hagin y Lowengart-Aycicegi (1999), los cuales indican que no existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en hidroponía, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Con base a los resultados obtenidos de la presente investigación, nos permitimos indicar las siguientes conclusiones.

- ❖ El uso de fertilizantes organominerales no permiten la producción de tomate orgánico de calidad siempre que se utilicen sustratos inertes.
- ❖ La producción de tomate a base de fertilizantes inorgánicos manejados en semihidroponía permiten una buena calidad de frutos, solo que a precios considerablemente altos cuando estos son aplicados en dosis adecuadas.
- ❖ Es posible la producción de tomate de calidad a dosis de organominerales mínimas junto con soluciones nutritivas Douglas a un nivel mínimo y a costos considerablemente bajos, en comparación con el uso de fertilizantes inorgánicos por el alto costo de estos.

- ❖ La calidad obtenida en las variables de producción evaluadas para las dos fuentes de nutrición inorgánica y orgánica es factible siempre que se manejen a dosis bajas.
- ❖ Se presentan daños en las hojas, con consecuencias importantes, debido a que los fertilizantes organominerales quelatan a los elementos nutritivos, favoreciendo la absorción y provocando toxicidad de los nutrientes en la planta.

Con base a las conclusiones anteriores se pueden establecer las siguientes recomendaciones.

- ❖ Aplicar fertilizantes organominerales por debajo de 1cc/l de agua junto con soluciones nutritivas Douglas a un nivel mínimo para obtener una buena calidad y disminuir costos de producción para el agricultor.
- ❖ Que no se apliquen fertilizantes organominerales en combinación con inorgánicos cuando se usen sustratos inertes.
- ❖ No aplicar fertilizantes organominerales cuando se usen sustratos inertes en semihidroponía.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.
- Alpini. A. 1999. Cultivos en invernadero. 3a Edición. Mundi-prensa, Madrid,
- AMPHI. (2004). Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en i nvernadero. www.amphimex.com.
- Asaf, A. 1990. Fertigation in greenhouses on sand dunes. Proceedings 5th International Conference on Irrigation, 26-27 March 1990, Tel Aviv, Israel. pp 79-87.
- Avidan, A. 1998. Fertigation in vegetables. Gan, Sade ve –Meshek June 1998: 25-48. (in hebrew).
- Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Availability: A Mechanistic Approach. John Wiley and Sons, Inc., NY.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman Ltd, London.
- Caraveo L., F.J. 1994. Relaciones nutrimentales en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Empleando el polvo de bonote de coco como sustrato. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Carlos Cadahía López. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra edición, editorial Mundi-Prensa.
- Castellanos, 2003. El Uso de Sustratos en l Horticultura Bajo en Invernadero. Coahuila. México.
- Dean, Hill B. 1994. Manging the Potato System. Soil Improvement Committee, California Fertilizer Association. 1995. Western Fertilizer Handbook. Interstates Publishers, USA.

- Elam, M., S. Ben-Ari and H. Magen. 1995. The dissolution of different types of potassium fertilizers suitable for fertigation. In: Proc. Dhalia Greidinger Int. Symp. on Fertigation. Technion, Haifa, Israel, 26 March - 1 April 1995. pp 165-174. España
- Feigin A., M. Zwibel, I. Rilski, N. Zamir and N. Levav. 1980. The effect of ammonium/nitrate ratio in the nutrient solution on tomato yield and quantity. *Acta Hort.* 98: 149-160.
- Fernández, M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on tomato plants. I Morphology and growth. *Agron. J.* 72:758-761.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1983. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on strawberry plants. I Growth, flowering and root development. *Agron. J.* 75: 941-947.
- Garcia G. Obed (2007). Efecto de *Endospor* para el rendimiento y calidad en diferentes genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo el sistema de hidroponía.
- Greyson R. I; y Sawhney, V. K. 1972. Initiation and early growth of flower organs of *Nigella* and *Lycopersicon*: insights from allometry. *Bot Gaz.*, 133: 184-190.
- Hagin, J. and A. Lowengart-Aycicegi. 1999. Fertigation – State of the art. The International Fertiliser Society Proceedings No. 429.
- Hunziker. A. T. (1979). South American Solanaceae : a synoptic survey. In: Hawkes, J. G. ; Lester, R. N. ; Skelding, A. D. (Eds.). The biology and taxonomy of de Solanaceae. Academic Press, New York y London: 4985.
- J. Chamarro: Anatomía y fisiología de la planta. Nuez: situación taxonómica, y domesticación y difusión del tomate.
- J. Esquinas-Alcázar y F. Nuez: situación taxonómica, y domesticación y difusión del tomate.
- Jensen, M.H. y W.L. Collins. 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 483-559.

- Kafkafi U. Ganmore – Neumann V. (1997) Ammonium in Plant tissue: rear or artifact J. Plant nutr. 20: 107 – 118.
- Lara, H. A. 1999, Manejo de solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra volumen 17 numero 3.
- Levy, A.; Rabinowitch, H,D.; Kedar, N.(1978).Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. Euphytica
- Lupin, M., H. Magen and Z. Gambash. 1996. Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under "grass root" field conditions. Fertiliser News, The Fertilizer Association of India (FAI), 41:69-72.
- Manual de producción Hortícola en invernaderos INCAPA, México. pp. 130-156.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Ed. Academic Press. San Diego, Ca., USA.
- Martinez Hilda B.Respuesta del Ammi majus a la Nutrición con Fertilizantes Organominerales y Desechos Industriales 2008.
- Marulanda, C. A. 1995. Hidroponía popular. Manual técnico, FAO. Santiago, Chile.
- Narro, F.E.A. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Universidad Autónoma agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
- Nuez, Fernando. 1995. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundi-prensa Bilbao, España.
- Pérez, B. A. 1996. Revista de Chapingo. Sustratos.
- Plant Cel Physiology, Marzo 2005).
- Productores de hortalizas, año 13, No. 2. febrero de 2004).
- Ramírez, V. O. 2005. Evaluación de Tres Sustratos Hidropónicos a Solución Pérdida y Recirculada en la Producción de Tomate Determinado (Cultivar Floradade). Tesis de Licenciatura. U. A. A. N. Buenavista, Saltillo.
- Rhoades, J.D. and J. Loveday. 1990. Salinity in irrigated agriculture. In: Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewars and D.R.Nielsen (Eds.). ASA-CSAA-SSSA, Madison, WI. pp 1089-1142.
- Rick, C.M (1978). The tomato. Sci. Amer., 239: 67-76

- Sánchez del C. F. y E. Escalante R. 1989 Hidroponía. Un sistema de producción. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Sánchez Del C. F., 2001. Producción de hortalizas basada en doseles escaleriformes. Sexto Simposium internacional de fertirriego. Morelia, Michoacán.
- Sneh, M. 1995. The history of fertigation in Israel. In: Proc. Dhalia Greidinger Int. Symp. on Fertigation. Technion, Haifa, Israel, 26 March - 1 April 1995. pp 1-10.
- Vázquez, P. R. 2004. Producción de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo diferentes sustratos hidropónicos. Tesis de Licenciatura. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo. Coahuila. México.
- Wilson L. A. Sterling, C. (1976). Studies on the cuticle of tomato fruit. I. Fine structure of the cuticle. Z. PflanzenPhysiol., 77: 359-371.
- Woodwar, J. (1699). Some thoughts and experiments concerning vegetation. Philosophical transaction of the Royal Society, 21, 193-227.

VII. APENDICE

CUADRO A.1. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable peso del fruto en la producción de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	1566.625000	522.208313	11.8875	0.000 **
FACTOR B	3	15099.222656	5033.074219	114.5728	0.000 **
INTERACCION	9	3977.304688	441.922729	10.0599	0.000 **
ERROR	48	2108.593750	43.929035		
TOTAL	63	22751.746094			

C.V. = 24.81%. Altamente significativo: ** Significativo: * NS: No significativo

CUADRO A.2. Resultado de la comparación de medias para el factor niveles hidropónicos de la variable peso del fruto en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SINIFICANCIA
Douglas mínima	34.5654	A
Testigo	26.4757	B
Douglas optima	24.8238	BC
Douglas máxima	21.0009	C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 4.7164

CUADRO A.3. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales de la variable peso del fruto en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Testigo	46.5922	A
1 cc/L de agua	33.9490	B
2 cc/L de agua	21.1908	C
4 cc/L de agua	5.1337	D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 4.7164

CUADRO A.4. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable diámetro ecuatorial en la producción de jitomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	1.318848	0.439616	3.4678	0.023 *
FACTOR B	3	57.009827	19.003275	149.9020	0.000 **
INTERACCION	9	15.795410	1.755046	13.8442	0.000 **
ERROR	48	6.085022	0.126771		
TOTAL	63	80.209106			

C.V. = 11.51% Altamente significativo: ** Significativo: * NS: No significativo

CUADRO A.5. Resultado de la comparación de medias para el factor niveles hidropónicos de la variable diámetro ecuatorial en la producción de jitomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Douglas mínima	3.2636	A
Douglas máxima	3.1678	A
Testigo	3.0668	AB
Douglas optima	2.8761	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.2534

CUADRO A.6. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales de la variable diámetro ecuatorial en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Testigo	3.9954	A
1 cc/L de agua	3.7092	B
2 cc/L de agua	3.1156	C
4 cc/L de agua	1.5540	D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.2534

CUADRO A.7. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable diámetro polar en la producción de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	1.716064	0.572021	2.4746	0.072 *
FACTOR B	3	81.945190	27.315063	118.1669	0.000 **
INTERACCION	9	21.810852	2.423428	10.4839	0.000 **
ERROR	48	11.095520	0.231157		
TOTAL	63	116.567627			

C.V. = 13.12% Altamente significativo: ** Significativo: * NS: No significativo

CUADRO A.8. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales para la variable diámetro polar en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Testigo	4.8603	A
1cc/l de agua	4.3259	B
2cc/l de agua	3.6152	C
4cc/l de agua	1.8613	D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.3421

CUADRO A.9. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable altura de plantas en la producción de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	906.382813	302.127594	13.3412	0.000**
FACTOR B	3	17915.476563	5971.825684	263.7015	0.000**
INTERACCION	9	4032.398438	448.044281	19.7846	0.000**
ERROR	48	1087.015625	22.646158		
TOTAL	63	23941.273438			

C.V. = 12.56% Altamente significativo: ** Significativo: * NS: No significativo

CUADRO A.10 Resultado de la comparación de medias para el factor niveles hidropónicos en la variable altura de plantas en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Douglas máxima	40.9994	A
Douglas mínima	40.7125	A
Douglas optima	38.1687	A
Testigo	31.6500	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 3.3864

CUADRO A.11. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales de la variable Altura de Plantas en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Testigo	51.9163	A
1cc/l de agua	46.0831	B
2cc/l de agua	44.2062	B
4cc/l de agua	9.3250	C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 3.3864

CUADRO A.12. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable numero de racimos en la producción de jitomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	682.726563	227.575516	32.1516	0.000 **
FACTOR B	3	4479.933594	1493.311157	210.9731	0.000 **
INTERACCION	9	2291.339844	254.593323	35.9686	0.000 **
ERROR	48	339.753906	7.078207		
TOTAL	63	7793.753906			

C.V. = 15.85% Altamente significativo: ** Significativo: * NS: No significativo

CUADRO A.13 Resultado de la comparación de medias para el factor niveles hidropónicos para la variable número de racimos en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Douglas mínima	22.2125	A
Douglas máxima	16.2500	B
Douglas optima	15.0250	BC
Testigo	13.6500	C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 1.8932

CUADRO A.14. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales para la variable numero de racimos en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
1cc/l de agua	25.1250	A
Testigo	22.1875	B
2cc/l de agua	16.5000	C
4cc/l de agua	3.3250	D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 1.8932

CUADRO A.15. Resultado del análisis de varianza entre tratamientos para la variable diámetro del tallo en la producción de tomate.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	3	1.323242	0.441081	23.7703	0.000 **
FACTOR B	3	14.998291	4.999430	269.4245	0.000 **
INTERACCION	9	5.429535	0.603282	32.5115	0.000 **
ERROR	48	0.890686	0.018556		
TOTAL	63	22.641754			

C. V. = 6.40%

Altamente significativo: **

Significativo: *

NS: No significativo

CUADRO A.16 Resultado de la comparación de medias para el factor niveles hidropónicos para la variable diámetro del tallo en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Douglas mínima	2.2875	A
Douglas optima	2.2125	A
Douglas máxima	2.1081	B
Testigo	1.9050	C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 0.0969

CUADRO A.17. Resultado de la comparación de medias para el factor dosis de organominerales para la variable diámetro del tallo en la producción de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
Testigo	2.5825	A
1CC/l de agua	2.4144	B
2cc/l de agua	2.1913	C
4cc/l de agua	1.3250	D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 0.0969