

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Evaluación de Tres Sustratos Hidropónicos a Solución Perdida y Recirculada en la Producción de Tomate Determinado (Cultivar Floradade).**

**Por:**

**OMAR RAMIREZ VEGA**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:  
Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México**  
**Mayo del 2005**  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**Evaluación de Tres Sustratos Hidropónicos a Solución Perdida y Recirculada en la Producción de Tomate Determinado (Cultivar Floradade).**

**Realizado por:**

**Omar Ramírez Vega**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:  
Ingeniero Agrónomo en Producción**

-----  
**M.C. Leticia Escobedo Bocado**  
**Presidente del Jurado**

-----  
**M.C. Ricardo Requejo López**  
**Sinodal**

-----  
**Dr. Sergio Javier García Garza**  
**Sinodal**

-----  
**Dr. Marco Antonio Arellano García**  
**Sinodal**

-----  
**M.C. Arnoldo Oyervides García**

## **Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo Coahuila, México**

**Mayo del 2005**

### **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a Dios, que durante todo el tiempo de mi carrera me dio su bendición y fortalecimiento para poder salir adelante día con día, gracias.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, nuestra “alma mater”, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme profesional y personalmente.

**Al Departamento de Fitomejoramiento**, gracias por que siempre tuvieron las puertas abiertas para mí.

**A la MC. Leticia Escobedo Bocardo**. Por su apoyo desinteresado durante el desarrollo del presente trabajo y por formar parte principal del Jurado.

**Al MC. Ricardo Requejo López**. Por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación, por su apreciable y sincera amistad y también por sus valiosos consejos.

**Al Dr. Sergio Javier García Garza**. Por su colaboración en la revisión de este trabajo y por haber participado también como uno más del jurado.

**Al Dr. Marco Antonio Arrellano García**. Por sus comentarios y sugerencias en la colaboración de la revisión de este trabajo.

A mis compañeros de generación “98” de Producción, en especial a Jorge, Irving, Fernando, Omar, Javier y José Juan, nunca los olvidaré por que con

ellos viví momentos muy especiales; siempre los recordaré con mucho cariño y afecto.

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios:**

Por prestarme la vida y darme las cosas espirituales y materiales que cada día de mi existencia aproveché para salir adelante; llenarme de felicidad durante el tiempo de mi preparación y por traer siempre felicidad a mi familia.

### **A mis padres:**

Sr. Felipe Ramírez Vega

Sra. Emelia H. Vega Pérez

Queridos Mamá y Papá: Gracias por haberme engendrado y darme una educación ejemplar que nunca olvidaré y a causa de eso se ve reflejado con la conclusión de mis estudios, termino algo que nunca podré pagarles, con esto quedan recompensados todos sus esfuerzos y desvelos que durante mi preparación los vi sufrir y ahora los veo sonreír. Para ustedes con toda mi admiración y respeto.

### **A mis hermanos:**

- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| 1. María de la Luz | 4. Emmanuel |
| 2. Humberto        | 5. Abigail  |
| 3. Juan Gabriel    |             |

Con mucho cariño, me siento un hermano afortunado en tenerlos como parte de mi familia, nunca lo cambiaría por nada, gracias por sus consejos y por apoyarme siempre moral y económicamente; con mucho respeto para ustedes, espero que siempre sigamos unidos como hasta ahora.

### **A mis cuñadas:**

1. Marcela

2. Lolita

Por su apoyo y consejos, sigan siempre así y no dejen de amar a mis hermanos.

**A mi esposa:**

Con todo mi amor a Betsy Valenzuela Que, por cruzarse en mi camino, conocerla y encontrar en ella a una buena mujer, por brindarme a diario su compañía, amistad y cariño.

**A mi hijo (a):**

Con cariño y amor, que pronto llegará a dar alegría a mi hogar, esperando con ansia su llegada y le pido a Dios que todo salga bien.

**A mis sobrinos:**

1. Karen

5. Jonathan

2. Kenia

6. Emelyn

3. Johanna

7. Sharon

4. Yunuen

Por llenar de alegría nuestro hogar, sigan adelante en su formación como personas, para que lleguen muy lejos y den una satisfacción valiosa a sus padres, y así, entenderán el porque escribí estas palabras.

**A mis Abuelos:**

\* Luciano Vega H.

Isauro Ramírez Torres

Eduwiguez Pérez Montes

Teresa Vega Ruiz

**A mis Tíos (a) y Primos (a):**

Especialmente a José Antonio (tío) y Susana (prima) por brindarme su amistad y confianza y por ser mis padrinos de generación. También a las familias Vega Pérez y Ramírez Vega, sigan siempre unidos y adelante.

Y a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron para que yo pudiera culminar mis estudios y que inconscientemente no nombré; les pido una disculpa sincera y que Dios los bendiga siempre, gracias.

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	I
<b>DEDICATORIAS</b>	II
<b>INDICE GENERAL</b>	IV
<b>INDICE DE CUADROS</b>	VIII
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	X
<b>1.- INTRODUCCION</b>	1
<b>2.- OBJETIVOS</b>	3
<b>3.- HIPOTESIS</b>	3
<b>4.- REVISION DE LITERATURA</b>	4
<b>4.1.- ORIGEN E IMPORTANCIA</b>	4
<b>4.2.- CLASIFICACION TAXONOMICA</b>	5
<b>4.3.- MORFOLOGIA Y DESARROLLO</b>	6
4.3.1.- Semilla	6
4.3.2.- Germinación	6
4.3.3.- Raíz	7
4.3.4.- Tallo	7
4.3.5.- Hojas	7
4.3.6.- Flores	8
4.3.7.- Fruto	8
<b>4.4.- HABITOS DE CRECIMIENTO</b>	8
4.4.1.- Hábito indeterminado	8
4.4.2.- Hábito determinado	9
4.4.3.- Características de la variedad utilizada.	9
<b>4.5.- REQUERIMIENTOS AMBIENTALES</b>	10
4.5.1.- Temperatura	10

4.5.2.- Luminosidad	11
4.5.3.- Edáficos	11
4.5.4.- Húmeda relativa	12
<b>4.6.- PLAGAS Y ENFERMEDADES</b>	12
<b>4.7.- PRODUCCION DE TOMATE EN INVERNADERO</b>	14
4.7.1.- Temperatura	14
4.7.2.- Iluminación	15
4.7.3.- Humedad relativa	15
4.7.4.- CO <sub>2</sub>	15
<b>4.8.- GENERALIDADES DE LA HIDROPONIA</b>	16
4.8.1.- Definición de la hidroponia	16
4.8.2.- Historia y presente de la hidroponia	16
4.8.3.- Clasificación de la hidroponia	16
4.8.4.- Ventajas y Desventajas de la hidroponia	17
<b>4.9.- SUSTRATOS</b>	18
4.9.1.- Definición de sustrato	18
4.9.2.- Criterios para la elección de un buen sustrato	18
a) Su suministro y homogeneidad	18
b) Su coste	18
c) Sus propiedades	18
4.9.3.- Tipos de sustratos utilizados en la producción de tomate.	19
a) Fibra de coco	19
b) Perlita	20
c) Peat moss (turba)	21
<b>4.10.- TECNICAS DE CULTIVO SIN SUELO</b>	22
4.10.1.- Clasificación de los cultivos sin suelo	22
a) Sistemas abiertos	22
b) Sistemas cerrados	22
4.10.2.- Elementos básicos de los sistemas abiertos	24
4.10.3.- Elementos básicos de los sistemas cerrados	25
a) Ámbitos de aplicación de las técnicas de recirculación	25

b) Elementos básicos de un sistema de recirculación para cultivos sin suelo	26
4.10.4.- Diferencias entre sistemas abiertos y cerrados	27
a) Control	27
b) Eficacia de uso o eficiencia	27
<b>5.- MATERIALES Y METODOS</b>	<b>28</b>
<b>5.1.- DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL</b>	<b>28</b>
5.1.1.- Geografía	28
5.1.2.- Clima	28
<b>5.2.- MATERIAL UTILIZADO</b>	<b>28</b>
5.2.1.- Materiales	28
a) Semilla	28
b) Sustratos	28
c) Otros	29
5.2.2.- Material de laboratorio	29
<b>5.3.- CONDUCCION DEL EXPERIMENTO</b>	<b>30</b>
5.3.1.- Siembra	30
5.3.2.- Invernadero	30
5.3.3.- Transplante	30
5.3.4.- Desbrotes	30
5.3.5.- Tutorio	31
5.3.6.- Riego	31
5.3.7.- Fertilización	33
5.3.8- Control fitosanitario	34
<b>5.4.- DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS</b>	<b>35</b>
<b>5.5.- VARIABLES EVALUADAS</b>	<b>35</b>
5.5.1.- Peso fresco de la planta	35
5.5.2.- Peso seco de la planta	35
5.5.3.- Diámetro basal de tallo	36



5.5.4.- Altura de planta	36
<b>5.6.- RENDIMIENTO</b>	36
5.6.1.- Gramos por planta	36
<b>5.7.- CALIDAD</b>	36
5.7.1.- Grados °Brix.	36
5.7.2.- Diámetros del fruto	36
<b>6.- RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	37
<b>6.1.- PESO FRESCO DE LA PLANTA</b>	37
<b>6.2.- PESO SECO DE LA PLANTA</b>	39
<b>6.3.- DIÁMETRO BASAL DEL TALLO</b>	41
<b>6.4.- ALTURA DE PLANTA</b>	43
<b>6.5.- RENDIMIENTO</b>	45
<b>6.6.- GRADOS BRUX</b>	47
<b>6.7.- DIAMETRO POLAR DEL FRUTO</b>	49
<b>6.8.- DIAMETRO ECUATORIAL DE FRUTO</b>	51
<b>6.9.- POR CIENTO DE ELEMENTOS ABSORBIDOS Y LIXIVIADOS</b>	53
6.9.1.- Nitratos (NO <sub>3</sub> )	53
6.9.2.- Potasio (K)	55
<b>6.10.- COSTOS DE PRODUCCION</b>	57
6.10.1.- Consumo de agua y solución nutritiva	59
6.10.2.- Eficiencias en el aprovechamiento del agua son las siguientes	61
<b>7.- CONCLUSIONES</b>	62
<b>8.- RESUMEN</b>	64
<b>9.- BIBLIOGRAFIA</b>	66
<b>10.- APENDICE</b>	70

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor nutritivo medio del tomate por 100g de producto comestible. (Nuez, 1995).	5
Cuadro 2. Plagas del tomate cultivado en invernadero. (Angeles, 2003).	12
Cuadro 3. Enfermedades del tomate cultivado en invernadero. (Angeles, 2003).	13
Cuadro 4. Propiedades de la fibra de coco. (Urrestarazu, 2000).	20
Cuadro 5.- Propiedades de la perlita (Fernández et al 1998).	21
Cuadro 6. Propiedades de las turbas (Fernández et al 1998).	22
Cuadro 7. Ventajas e inconvenientes de los sistemas abiertos (Urrestarazu, 2000).	23
Cuadro 8. Ventajas e inconvenientes de los sistemas cerrados (Urrestarazu, 2000).	23
Cuadro 9. Fechas en que se realizaron las podas (desbrotos) al tomate.	31
Cuadro 10. Programación de riegos en solución recirculada a partir del 14 Octubre 2004.	32
Cuadro 11. Programación de riegos en solución perdida a partir del 14 Octubre 2004.	32
Cuadro 12. Medio nutritivo ideal para tomate (Urrestarazu, 2000).	33
Cuadro 13. Cálculos para macroelementos y microelementos.	33
Cuadro 14. Modificaciones de la solución nutritiva ideal para el tomate.	34
Cuadro 15. Descripción de tratamientos.	35
Cuadro 16. Análisis de Varianza para peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	37
Cuadro 17. Comparación de medias, (Tukey) para peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	37

Cuadro 18. Análisis de Varianza para peso seco de la planta de tomate. 23 Febrero 2004.	39
Cuadro 19. Análisis de Varianza para diámetro basal del tallo de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.	41
Cuadro 20. Análisis de Varianza para altura de plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.	43
Cuadro 21. Análisis de Varianza para rendimiento (gramos) por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	45
Cuadro 22. Comparación de medias, (Tukey) para rendimiento por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	45
Cuadro 23. Análisis de Varianza para grados °Brix del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	47
Cuadro 24. Comparación de medias, (Tukey) para grados °Brix del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.	47
Cuadro 25. Análisis de Varianza para diámetro polar del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.	49
Cuadro 26. Comparación de medias, (Tukey) para diámetro polar del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	49
Cuadro 27. Análisis de Varianza para diámetro ecuatorial del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.	51
Cuadro 28. Comparación de medias, (Tukey) para diámetro ecuatorial del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	51
Cuadro 29. Por ciento de Nitratos lixiviados, absorbidos y/o acumulados.	54
Cuadro 30. Por ciento de Potasio lixiviado, absorbido y/o acumulado.	56
Cuadro 31. Precios de fertilizantes.	57
Cuadro 32. Numero de veces que se llenaron los tambos (200 L) con agua y solución nutritiva.	57
Cuadro 33. Calculo del costo de la solución nutritiva.	58
Cuadro 34. Volumen de solución nutritiva promedio en la botella durante el cultivo y solución nutritiva drenada promedio durante el ciclo del cultivo de tomate.	60

### **INDICE DE CUADROS DEL APENDICE**

Cuadro 35. Correcciones realizadas al pH y CE de los tambos de las Soluciones Nutritivas.	70
Cuadro 36.- Lecturas tomadas de pH y CE del drenaje de los 3 tratamientos en diferentes fechas.	72

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1.- Peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	38
Figura 2.- Peso seco de la planta de tomate. 23 Febrero 2004.	39
Figura 3.- Diámetro basal del tallo de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.	41
Figura 4.- Altura de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.	43
Figura 5.- Rendimiento por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.	46
Figura 6.- Grados ° Brix del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	48
Figura 7.- Diámetro polar del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	50
Figura 8.- Diámetro ecuatorial del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.	52
Figura 9.- Valores de humedad relativa tomadas a las 2:00 pm dentro del invernadero. 29 Agosto 2004 al 15 de Noviembre 2004.	71

Figura 10.- Comportamiento de las temperaturas tomadas a las 2:00 pm 72 durante el ciclo del cultivo del tomate. 29 Agosto 2004 al 15 de Noviembre 2004.

## 1.- INTRODUCCION

El tomate es la aportación vegetal de México más extendida mundialmente. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola en el consumo mundial. Es un importante generador de divisas y de empleos para el país.

Con nuestra incorporación al Tratado de Libre Comercio de América del Norte, el nuevo panorama impone estrategias para permanecer y crecer en un mercado altamente competitivo.

En México la producción agrícola se ha estancado, tanto en cantidad como en calidad, debido a que una gran parte del territorio nacional presenta limitantes para incorporarla a la producción agrícola, ya que es montañoso, el 80% de la superficie de cultivo es de temporal, lo que ocasiona que la obtención de cosechas sea difícil, teniendo rendimientos por superficie muy bajos.

En México es el cultivo hortícola con mayor superficie sembrada, el que genera mas valor en la producción y el de mayor exportación, además es la hortaliza que mas se consume en el país, es de consumo diario.

La exportación de tomate a Estados Unidos y Canadá va en aumento, lo mismo que los precios pagados a productores, por lo que una producción intensiva de tomate constituye un atractivo comercial para los agricultores con poca extensión de terreno y genera empleo de mano de obra rural. (Claridades Agropecuarias, 1999 - 2000).

En México, como en otras partes del mundo, preferimos consumir el tomate fresco, pero también es utilizado como producto industrializado para elaborar pastas, salsas, purés, jugos, etc., gracias a los avances tecnológicos para su procesamiento y a las modificaciones en los gustos y costumbres de las nuevas generaciones, lo que exige calidad en cuanto a su

distribución y venta en fresco, determinando y condicionando nichos de mercado.

La producción de tomate durante los últimos diez años en nuestro país fue de 19 millones de toneladas, con rendimiento promedio de 25 toneladas por hectárea en una superficie sembrada cercana a las 80 mil hectáreas, con precio que durante el 2000 promedió los 3,836 pesos por tonelada.

El método principal de siembra utilizado es el de almácigo, que consiste en sembrar las semillas en un determinado lugar para transplantarlas posteriormente al sitio destinado para su crecimiento, actualmente la producción en invernadero ha cobrado fuerza, sobre todo en los estados del norte de la República Mexicana, quienes cuentan con mejor nivel tecnológico. Una alternativa tecnológica que puede llevarse a cabo en las condiciones antes señaladas y que ha sido probada con éxito en otras partes del mundo y en algunas localidades del país, es el sistema de producción denominado hidroponía o cultivo sin suelo. En los países donde se han establecido cultivos hidropónicos a nivel comercial, se han obtenido utilidades elevadas con especies hortícolas y ornamentales, debido a los altos rendimientos, por unidad de superficie y mayor calidad de los productos obtenidos.

Por otra parte, el tomate es la hortaliza que con mas frecuencia se cita en la bibliografía referente a cultivos hidropónicos, registrándose altos rendimientos (100 a 350 t/ha), con mayor calidad y sanidad cuando se le compara con el cultivo en suelo (20 a 35 t/ha). (1).

## **2.- OBJETIVOS**

- Con el propósito de producir tomate en hidroponía se establecieron los siguientes objetivos:
  
- Evaluar un sustrato y mezclas de sustratos:
  - A).- Fibra de coco
  - B).- Peat moss (turba) y perlita
  
- En dos sistemas de manejo de la solución nutritiva:
  - A) Solución recirculante
  - B) Solución perdida.
  
- Hacer un análisis de costos de los sistemas de producción.

### **3.- HIPOTESIS**

- Las propiedades de cada sustrato generarán rendimientos diferentes de tomate.
  
- El sistema de solución nutritiva recirculante traerá ahorros considerables en la producción de tomate.

### **4.- REVISION DE LITERATURA**

#### **4.1.- ORIGEN E IMPORTANCIA**



Comunmente se acepta que el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), se originó de especies silvestres halladas en los andes de América del sur y que se le abrió paso hacia el norte, hasta Centroamérica. Los aztecas en México le llamaron tomatl, cultivaron variedades como el xitomatl. Fue apenas a mediados del siglo del siglo XIX cuando empezó a tener aceptación generalizada, hoy día, casi todos los países la cultivan, en Latinoamérica y el Caribe una de cada tres hectáreas dedicadas al cultivo de hortalizas se destina el tomate. (Denton, 1989).

Aunque la historia de su domesticación no se conoce con claridad, el peso de la evidencia sugiere a México como centro de origen. Existen algunos indicios de que el tomate cultivado se originó en el nuevo mundo donde alcanzo un grado bastante avanzado de domesticación antes de ser llevado a Europa y Asia; su mas probable antecesor es el tomate cereza silvestre *Lycopersicum esculentum var.*, cerasiforme, encontrado primeramente en toda la América tropical y subtropical, y luego en los trópicos de Asia y África. Registros históricos indican que el tomate fue llevado a Europa por Hernán Cortés en 1523, poco después de la conquista de la ciudad de México. (Villarreal, 1982).

Gracias a los avances tecnológicos y a la ventaja que representa su cercanía con la frontera estadounidense Sinaloa ocupa el primer lugar como productor de tomate en México, pues el 40% de la producción nacional se cultiva en ese estado, seguido de Baja California, San Luis Potosí y Michoacán, estados que conjuntamente participan con el 30% del total nacional. Aproximadamente el 10% del producto se exporta y el resto es consumido por los mexicanos.

En el Cuadro 1 se describe el valor nutricional por cada 100 g de tomate.

Cuadro 1. Valor nutritivo medio del tomate por 100g de producto comestible. (Nuez, 1995).

<b>Residuos</b>	<b>6.0 %</b>
Materia seca	6.2 g

Energía	20.0 Kcal.
Proteínas	1.2 g
Fibra	0.7
Calcio	7.0 mg
Hierro	0.6 mg
Caroteno	0.5 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina C	23.00 mg
Valor nutritivo medio (VNM)	2.39
VNM por 100 g de materia seca	38.5

#### 4.2.- CLASIFICACION TAXONOMICA

Clasificación taxonómica del tomate (*Lycopersicum esculenteum* Mill.) (Garza, 1984).

Clase: *Angiosperma*

Subclase: *Dicotyledoneae*

Grupo: *Metachlamydae*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Genero: *Lycopersicum*

Especie: *Esculentum*

Nombre común: *Tomate*

Por la gran variedad de caracteres morfológicos el género *Lycopersicum* se divide en dos subgéneros:

- *Eulycopersicon* que presenta los frutos rojos y amarillos, en el que se encuentran; *L. esculentum* y *L. pimpinellifolium*.
- *Eriopersicon* de frutos verdes en el que se encuentra; *L. peruvianum.*, *L. chilense.*, *L. glandulosum.* y *L. hirsutum.* (Valadez, 1998).

### **4.3.- MORFOLOGIA Y DESARROLLO**

#### **4.3.1.- Semilla**

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y esta constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, esta conformada a su vez por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está consta de un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelven y protegen el embrión y el endospermo. (Nuez, 1995).

#### **4.3.2.- Germinación**

Para que el proceso de germinación ocurra, la semilla debe absorber agua e hincharse y el primer signo de germinación se presenta cuando la pequeña y blanca radícula, o raíz inicial, crece a través de la testa. A medida que la radícula presiona hacia el interior del suelo, el hipocotilo (tallo) toma la forma de bastón y empieza a crecer haciendo presión para romper la superficie del suelo. Una vez que ha emergido a la superficie y en contacto con la luz, el pequeño talluelo adopta la posición erecta. (Leon, 1980).

#### **4.3.3.- Raíz**

Presenta una raíz principal pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen, sin embargo, este sistema radicular, que es el que surge cuando la planta se origina de una semilla, puede ser modificada por las prácticas culturales y así cuando la planta procede de un transplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal. (Rodríguez, 1984).

#### 4.3.4.- Tallo

El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. (Nuez, 1995). Es epigeo, alcanzando una longitud de 0.4 – 2 m, cuando el tallo es joven tiene una forma cilíndrica y conforme se va desarrollando se vuelve anguloso. Es de consistencia herbácea o algo leñosa. A partir del tallo principal se generan ramificaciones en las axilas de las hojas. (Garza, 1984).

#### 4.3.5.- Hojas

Las hojas son grandes, compuestas, divididas, de diferentes tonos de color verde y distinta forma según la variedad. En las axilas de las hojas se forman las yemas que producen tallos secundarios de importante desarrollo y capacidad productiva. (León, 1980).

Las hojas de 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. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados, con bordes dentados. Las hojas están cubiertas de pelos del mismo tipo del tallo y son de tipo dorsiventral o bifacial. (Nuez, 1995).

#### 4.3.6.- Flores

El tomate es una planta hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple (base de la planta), o ramificado (parte superior). Las flores aparecen unidas al eje principal o a las ramificaciones secundarias originándose en las axilas de las hojas de estos; cada flor se compone de 6 sépalos y 6 pétalos los que se unen entre sí, el ovario es supero con 2 a 10 carpelos y con estigma corto, de tal manera que las anteras por ser alargadas, envuelven al estigma y al estilo. (Garza, 1984).

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos; racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta cincuenta flores por inflorescencia. (Rodríguez, 1984).

#### 4.3.7.- Fruto

El fruto es una baya globosa o piriforme de color generalmente amarilla, rosa o rojo, debido a la presencia de licopeno y caroteno. (Rodríguez, 1997).

La superficie de la baya puede ser lisa o apostillada y en su interior se delimitan claramente los lóbulos carpelares que pueden variar entre 2 y 30. La placentación puede ser o no regular. EL diámetro de los frutos varía entre 3 y 16 cm. (Serrano, 1979).

### **4.4.- HABITOS DE CRECIMIENTO**

Existen dos hábitos de crecimiento, indeterminados y determinados.

#### 4.4.1.- Hábito indeterminado

El hábito indeterminado se usa para describir el tipo de crecimiento simpodico en donde una yema lateral esta siempre disponible a continuar el desarrollo vegetativo. Con esta disposición el crecimiento vegetativo es continuo, así que esta clase de plantas bajo condiciones ideales de humedad y temperatura crecerían en forma indefinida, manifestándose como plantas perennes. (León, 1980).

El tomate indeterminado posee yemas terminales que no producen inflorescencias y por lo tanto frutos. Siempre producen hojas y tallos nuevos. La planta puede crecer indefinidamente si no se muere por condiciones climáticas adversas. Las flores y frutos se desarrollan progresivamente al mismo tiempo que se desarrolla la planta, por lo tanto, la cosecha puede durar varios meses. (Márquez, 1978).

#### 4.4.2.- Hábito determinado

Desarrolla la primera inflorescencia y un nuevo punto de crecimiento en la forma normal; pero también hay una tendencia en las subsiguientes ramas laterales para terminar en una estructura floral, en donde no habrá desarrollo de un nuevo punto de crecimiento. En estas plantas, el desarrollo vegetativo es limitado y se detiene para finalizar en un racimo floral que produce la forma característica de hábito arbustivo. (León, 1980).

Los tomates determinados tienen la prioridad de formar inflorescencias en su yema terminal. La planta es pequeña y no necesita varas. La cosecha es de tiempo corto; de una semana a diez días. Los frutos maduran al mismo tiempo. (Márquez, 1978).

#### 4.4.3.- Características de la variedad utilizada.

Variedad Floradade. Su hábito de crecimiento es determinado, produce frutos redondos, lisos y muy firmes, de color rojo intenso y uniforme, con peso medio de 110 gr, no requiere tutoraje en condiciones normales, el primer corte se realiza a los 105 días si es sembrado directamente y de los 75 a 80 días después del transplante. Con esta variedad pueden alcanzarse rendimientos de 40 – 65 t/ha. (SARH, 1988).

### **4.5.- REQUERIMIENTOS AMBIENTALES**

#### 4.5.1.- Temperatura

Los rangos de temperatura necesarios para un buen desarrollo, crecimiento y producción de tomate en cada una de las etapas del ciclo productivo según Verkerk, 1975 y Went, 1957; citados por Nuez, 1995, son las siguientes:

Temperaturas críticas:

Punto de congelación:  $-2^{\circ}\text{C}$

Crecimiento cero: 10 a  $12^{\circ}\text{C}$

Mínima para desarrollo: 15 a  $17^{\circ}\text{C}$

Crecimiento óptimo: 20 a  $24^{\circ}\text{C}$

Máxima para desarrollo:  $30^{\circ}\text{C}$

Temperaturas del suelo:

Mínima:  $12^{\circ}\text{C}$

Optima: 20 a  $24^{\circ}\text{C}$

Máxima: 34 °C

Germinación:

Mínima: 10 °C

Optima: 25 a 30 °C

Máxima: 35 °C

Floración:

Día: 23 a 26 °C

Noche: 15 a 18 °C

Maduración:

Optima: 15 a 22 °C

El tomate es una planta termo-periódica, crece y se desarrolla a diferentes temperaturas dependiendo de la etapa fenológica de la planta. Durante la fase de crecimiento vegetativo una temperatura alta, arriba de 25°C, favorece el crecimiento foliar a expensas del ápice, mientras que a una temperatura abajo de 15°C ocurre lo contrario. Las altas temperaturas 20 – 26°C durante la floración y fructificación provocan caída de flor y evitan el cuajado temperaturas de 20 –30°C. (Nuez, 1995).

#### 4.5.2.- Luminosidad

El tomate es un cultivo insensible al fotoperíodo, requiere de entre 8 y 16 horas, necesita buena iluminación, poca iluminación reduce la fotosíntesis neta e implica mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción. (Nuez, 1995).

En cuanto a las exigencias de luz para que se formen buenos frutos de jitomate, es necesario un mínimo de luz de 4 000 a 6 000 pie/bujía o Luxes, en caso de escasez de iluminación el ciclo vegetativo puede alargarse demasiado. (Guenkov, 1974).

#### 4.5.3.- Edáficos

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, cuyos valores de pH se ubican entre 5 y 6.8, en cuanto a salinidad, se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm. Con respecto a la textura del suelo el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo mejores los arenosos y limo-arenosos con buen drenaje. (Valadez, 1998).

EL pH ideal es el más próximo a la neutralidad (7), debiendo realizar enmiendas calizas o ácidas si está por debajo o por encima de la misma. Terrenos con pH de 4 a 5 deben ser enmendados a base de dolomitas o cal apagada y viceversa, un pH de 8 o 9 debemos bajarlo mediante acidificantes como el azufre. (Rodríguez, 1997).

#### 4.5.4.- Humedad relativa

El rango óptimo para el cultivo se encuentra entre el 70 y 80%, aun con temperaturas nocturnas de 13° C. Valores superiores al 90% favorecen al desarrollo de enfermedades, especialmente Botrytis. (Nuez, 1995). La alta humedad relativa del aire tiene gran interés sobre todo sobre la dehiscencia polínica y la consiguiente polinización y fecundación, siendo quizás la más adecuada entre un 55 y 60%. El tomate, para cubrir su ciclo requiere de valores de la integral térmica comprendidos entre 3000 y 4400° C. (Maroto, 1989).

### 4.6.- PLAGAS Y ENFERMEDADES

En el Cuadro 2 se mencionan algunas plagas importantes que causan daño al tomate bajo invernadero.

Cuadro 2. Plagas del tomate cultivado en invernadero. (Angeles, 2003).

PLAGA	SINTOMA	DAÑO	CONTROL
Minador de la hoja ( <i>Liriomyza munda</i> )	Pequeños puntos de color blancuzco.	Forma galerías en las hojas, por lo que afecta la capacidad fotosintética.	Malathion 1000 1 mL L <sup>-1</sup> de agua.
Mosquita blanca	Secreciones en el envés de las	Debilitamiento y posible causa de muerte.	Aplicación de riegos.



<i>(Bemisia tabassi)</i> .	hojas.	Transmisión de enfermedades virosas.	Confidor 0.5 mL L <sup>-1</sup> de agua.
Gusano del fruto <i>(Heliothis virescens)</i> .	Se pueden distinguir galerías.	Causa daños al fruto tanto internos como externos. Baja la producción.	Malathion 1000 1 mL L <sup>-1</sup> de agua.
Gusano Alfiler <i>(Keiffera lycopersiella)</i>	Causa pequeñas galerías en los frutos.	Destrucción del follaje. Frutos deformes y pequeños.	Dipel 1 mL L <sup>-1</sup> de agua.

En el Cuadro 3 se mencionan algunas enfermedades importantes que causan daño al tomate bajo invernadero. (Angeles, 2003).

Cuadro 3. Enfermedades del tomate cultivado en invernadero. (Angeles, 2003).

ENFERMEDADES	SINTOMAS	DAÑOS	CONTROL
Cáncer bacteriano <i>(Clavibacter michiganensis)</i> .	Ligeras lesiones neuróticas en el tallo.	Causa pudriciones.	Terramicina agrícola.
Botrytis <i>(Botrytis cinerea)</i> .	Se manifiesta tejido neurótico en las raíces.	Causa pudriciones en la raíz.	Manzate 13 g L <sup>-1</sup> de agua.
Dampinf off.	Marchitamiento en la planta.	Muerte de la plántula.	Ridomil bravo 2 g L <sup>-1</sup> de agua. Ridomil cobre L <sup>-1</sup> de agua.
Tizón temprano <i>(Alternaria solanni)</i>	Pequeñas lesiones irregulares de aspecto hundido de color café oscuro, con anillos concéntricos. Amarillamiento del	Defoliación. Malformación del fruto. Calidad de frutos.	Dacomil 2 g L <sup>-1</sup> de agua.

	tejido y follaje. Manchas en frutos y con anillos concéntricos.		
Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	Lesiones acuosas. Chamuscamiento de hojas.	Disminución de capacidad fotosintética.	Dacomil 2 g L <sup>-1</sup> de agua. Manzate 13 g L <sup>-1</sup> de agua.

#### 4.7.- PRODUCCION DE TOMATE EN INVERNADERO

El objetivo principal de producir bajo invernaderos es tener a las plantas de tomate en condiciones favorables para conseguir su óptimo desarrollo y productividad. (Márquez, 1978).

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 CO<sub>2</sub>, para crearle un ambiente agradable a la planta y obtener como respuesta del cultivo una mayor productividad. (Alpini, 1999).

##### 4.7.1.- Temperatura

La temperatura del invernadero viene determinada por la radiación infrarroja corta, que al incidir sobre el terreno y plantas los calienta. (Alpini, 1999).

Condiciones	Temperatura (°C)
Temperatura mínima de germinación	9 – 10
Temperatura óptima de germinación	25 – 30
Temperatura máxima de germinación	35
Temperatura óptima del sustrato	15 – 20
Temperatura óptima del día	23 – 26
Temperatura óptima de la noche	13 – 16
Temperatura mínima letal	-2 – 0
Temperatura mínima biológica	8 – 10

Temperatura floración/fecundación día	23 – 26
Temperatura floración/fecundación noche	15 – 18
Temperatura de maduración a rojo	15 – 22
Temperatura de maduración a amarillo	Más de 35

#### 4.7.2.- Iluminación

La energía solar radiante es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior de un invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO<sub>2</sub>, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo, la concentración óptima de iluminación es de 10 000 y 15 000 lux. (Sánchez, 2001).

#### 4.7.3.- Humedad relativa

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: al tomate, al pimiento y berenjena les gusta una HR sobre el 65 – 70%. La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR 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 del mal cuaje; para que la HR se encuentre lo mas cerca posible de lo óptimo el agricultor debe ayudarse de higrómetro. (Alpini, 1999).

#### 4.7.4.- CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> atmosférico es la fuente de carbono para la planta, que lo fija y reduce a carbohidratos tras la expulsión del gas por los estomas, la concentración óptima del gas para la planta del tomate está entre 1000 – 3000 ppm de CO<sub>2</sub>, pudiéndose aplicar en sistemas presurizados, cintilla y goteros. (Alpini, 1999).

## **4.8.- GENERALIDADES DE LA HIDROPONIA**

### 4.8.1.- Definición de la hidroponia

Del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo). Hidroponía etimológicamente significa “trabajo en agua” o cultivo en agua. Actualmente se considera como el establecimiento de cultivos sin suelo. La real academia de la Lengua Española lo define como sistema de producción en cual las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos disueltos en agua y en el que se sustituye el suelo por un sustrato (mineral u orgánico) inerte o por la propia solución nutritiva. (Miranda, 1999).

### 4.8.2.- Historia y presente de la hidroponia

La historia de los cultivos sin suelo estará ligada inevitablemente a los grandes descubrimientos de los secretos fisiológicos de las plantas. En Inglaterra Woodward en 1699 fue el primer autor que hizo crecer a las plantas en diversos recipientes en medio líquido al que había añadido diferentes cantidades de suelo. El siguiente paso fue evitar el adicionar una cierta cantidad de suelo, así fue como el químico alemán Sachs en 1860 empezó, junto a otros autores contemporáneos como Knop, a desarrollar el cultivo en solución nutritiva, llamada “nutriculture”. (Durany, 1977).

Desde entonces los cultivos sin suelo han experimentado un gran avance en todo el mundo, en Latinoamérica se desarrolla la llamada Hidroponia popular, basada en la producción para el abastecimiento y el consumo propio con escasos medios e infraestructura muy simple. (Urrestarazu, 2000).

### 4.8.3.- Clasificación de la hidroponia

*En medio líquido:* Las raíces están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regula constantemente pH, aireación y concentración de sales. Esta técnica no es muy recomendable para principiantes. Una variante es la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja

de la raíz; esta es llamada Técnica de Película Nutriente (NFT, en inglés). La planta es sostenida por medios mecánicos.

*En sustrato sólido inerte:* Se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más recomendado para quienes se inician en hidroponía. En lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato, el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad y que además logren la expansión del bulbo, tubérculo o raíz.

*Aeroponía:* Las raíces se encuentran suspendidas al aire, dentro de un medio oscuro y son regadas por medio de nebulizadores, controlados por temporizadores. No es recomendada para principiantes. (2).

#### 4.8.4.- Ventajas y Desventajas de la hidroponía

##### Ventajas:

- Puede contribuir a la producción de plantas de igual o mejor calidad que las cultivadas en suelo.
- Constituye una opción en condiciones limitadas de suelo, clima y agua.
- Es un sistema versátil que puede ser adaptado a condiciones específicas ambientales, socioeconómicas y tecnológicas.
- Se puede tener un mejor control de aspectos como la nutrición, el pH, densidad de población, malezas, plagas, enfermedades y fertilización.
- Se pueden obtener mayores rendimientos en el cultivo en suelo.

##### Desventajas:

- Por si sola no asegura rendimientos superiores.
- El cuidado de los detalles es lo que otorga el éxito o el fracaso.
- Las plantas se vuelven muy dependientes del hombre y son más susceptibles a desbalances nutrimentales o alteraciones en el abastecimiento de oxígeno y agua.
- Desde el punto de vista energético (la hidroponía inorgánica) tiene una baja eficiencia, que puede limitar su desarrollo.
- La inversión inicial es alta, en función del sistema a emplear.

(Miranda, 1999).

## **4.9.- SUSTRATOS**

### **4.9.1.- Definición de sustrato**

El término sustrato se aplica en Horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. La diferencia entre ambos tipos de materiales viene determinada por la capacidad de intercambio catiónico, una propiedad físico – química directamente relacionada con la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. El sustrato actúa única y exclusivamente como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de absorción y fijación de los nutrientes. (Miranda, 1999).

### **4.9.2.- Criterios para la elección de un buen sustrato**

*a) Su suministro y homogeneidad:* Se invierte mucho trabajo, dinero y esfuerzo para poner a punto un sistema que permita preparar y manejar un sustrato particular, por otra parte, cada sustrato requiere su propio plan de riego y fertilización. Un cambio en la calidad del sustrato puede llegar a alterar el sistema completo, lo que puede ocasionar finalmente pérdidas graves en la producción. Por todo ello, el material elegido debe reunir las características de disponibilidad abundante y homogeneidad.

*b) Su coste:* En una horticultura competitiva, el coste de los materiales utilizados es importante, sin embargo, el coste del material no debe invalidar otros aspectos o factores, ya que el material elegido debe permitir alcanzar el objetivo propuesto con el mínimo de riesgos e inconvenientes.

*c) Sus propiedades:* Las analogías y las diferencias entre los distintos materiales utilizados como sustratos pueden ser comprendidas más fácilmente si las características de los materiales se consideran agrupadas en propiedades físicas, químicas y biológicas. (Nuez, 1995).

### **4.9.3.- Tipos de sustratos utilizados en la producción de tomate.**

a) *Fibra de coco*. EL polvo de coco es un subproducto industrial de origen vegetal que presenta enormes posibilidades para ser utilizado como sustrato en cultivos sin suelo, se está utilizando desde hace varios años como soporte para el cultivo hidropónico de hortalizas. La cáscara y el hueso del coco se separan mediante una máquina de cuchillas diseñada para tal fin. La cáscara pasa a una máquina desfibradora donde se desmenuza para obtener las fibras largas. En este proceso se desprende el polvo de coco y unas fibras pequeñas. Este material es conducido a un depósito donde es prensado para formar grandes ladrillos, facilitando así su transporte. El polvo de coco llega a la fabrica prensado en grandes bloques, se suelta mediante una serie de lavados con aguas enriquecidas en nitrato de cal, una vez suelto el polvo se procede a su envasado en sacos o también llamadas tablas. (Urrestarazu, 2000).

Este producto se obtiene de fibra 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 kg/m<sup>3</sup>. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

En el Cuadro 4 se enlistan las propiedades de la fibra de coco según Urrestarazu, 2000.

Cuadro 4. Propiedades de la fibra de coco. (Urrestarazu, 2000).

<i>PROPIEDAD</i>	<i>FIBRA DE COCO</i>
------------------	----------------------

Índice de grosor	36.00
Densidad aparente g cm <sup>-3</sup>	0.072
Densidad real g cm <sup>-3</sup>	1.49
Espacio Poroso Total (% Vol.)	95.20
Capacidad de aireación (% Vol.)	42.00
Agua fácilmente disponible (% Vol.)	22.40
Agua de reserva (% Vol.)	4.00
Agua total disponible (% Vol.)	26.40
Capacidad de retención de agua (g 100 g <sup>-1</sup> de materia seca)	753.30
Contracción (% Vol.)	24.00

b) *Perlita*. La materia prima se extrae de diferentes canteras dispersas por varios países, dependiendo del proceso de fabricación de la perlita expandida, de la materia prima utilizada, fundamentalmente su dureza, función de la composición química proporcional del material original, se obtendrán diversos tipos de perlita. No todas las materias primas son idóneas para la consecución de perlitas aptas para su utilización como sustrato en cultivo sin suelo.

Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1000 - 1200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1.5 y 6 mm, con una densidad baja, en general inferior a los 100 kg/m<sup>3</sup>. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su Capacidad de Intercambio Cationico es prácticamente nula (1.5 - 2.5 meq/100 g); su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7.5) y se utiliza a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc. (Miranda, 1999).

En el Cuadro 5 se describen las propiedades de la perlita según Fernández et al. 1998.



Cuadro 5.- Propiedades de la perlita (Fernández et al 1998).

Propiedades físicas	Tamaño de las partículas (mm de diámetro)		
	0-15 (Tipo B-6)	0-5 (Tipo B-12)	3-5 (Tipo A-13)
Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	50-60	105-125	100-120
Espacio poroso (%)	97.8	94	94.7
Material sólido (% volumen)	2.2	6	5.3
Aire (% volumen)	24.4	37.2	65.7
Agua fácilmente disponible (% volumen)	37.6	24.6	6.9
Agua de reserva (% volumen)	8.5	6.7	2.7
Agua difícilmente disponible (% volumen)	27.3	25.5	19.4

c) *Peat moss (turba)*. Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica.

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y contenidos elevados en sales solubles. Las turbias rubias tiene un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variables en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 y 8.5. Se emplean en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros. (4).

En el Cuadro 6 se marcan las propiedades de las turbas según Fernández et al. 1998.

Cuadro 6. Propiedades de las turbas (Fernández et al 1998).

Propiedades	Turbas	Turbas
-------------	--------	--------

	<b>rubias</b>	<b>negras</b>
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.06 – 0.1	0.3 – 0.5
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	1.35	1.65 – 1.85
Espacio poroso (%)	94 o más	80 - 84
Capacidad de absorción de agua (gr/100 g m.s.)	1.049	287
Aire (% volumen)	29	7.6
Agua fácilmente disponible (% volumen)	33.5	24
Agua de reserva (% volumen)	6.5	4.7
Agua difícilmente disponible (% volumen)	25.3	47.7
C.I.C. (meq/100 g)	110 - 130	250 o más

#### **4.10.- TECNICAS DE CULTIVO SIN SUELO**

##### 4.10.1.- Clasificación de los cultivos sin suelo

a) Sistemas abiertos (SA) o sistemas a disolución perdida: son aquellos en que la disolución sobrante drena, percola, se infiltra en el subsuelo o simplemente sufre escorrentía fuera del suelo fértil o contenedor de cultivo, sin que el cultivo vuelva a tener ningún contacto con la misma.

b) Sistemas cerrados (SC): son aquellos en los que la disolución sobrante vuelve a incorporarse, total o parcialmente, como suministro a la fertirrigación del mismo cultivo. En este apartado nosotros incluimos aquellos sistemas en los que la disolución nutritiva es también estática. (Urrestarazu, 2000).

En los cuadros 7 y 8 se describen las ventajas e inconvenientes de los sistemas abiertos y cerrados respectivamente según Urrestarazu, 2000.

Cuadro 7. Ventajas e inconvenientes de los sistemas abiertos (Urrestarazu, 2000).

<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
Elección de un buen equilibrio entre aire, agua y elementos minerales.	Necesidad de un sustrato eventualmente renovable.

Posibilidad de utilización de aguas de relativa mala calidad agronómica.	Conocimiento de las necesidades hídricas de las plantas.
Relativa simplicidad de las instalaciones.	Dificultad para mantener constante la temperatura de las raíces.
Control en el aporte utilizado (pH y C.E.)	
El exceso de iones se drena permanentemente.	

Cuadro 8. Ventajas e inconvenientes de los sistemas cerrados (Urrestarazu, 2000).

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Buena posibilidad de aireación de las raíces en la fase inicial del cultivo y una mayor duración de las raíces en fases posteriores.	Desequilibrio de la disolución: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de la disolución por análisis frecuentes.</li> <li>- Cambios en función de los resultados del análisis.</li> </ul>
Eliminación del sustrato (NFT)	Exclusión de las regiones donde las aguas son de mala calidad.
Facilidad y rapidez en los cambios de cultivo.	Disponibilidad de oxigenación limitada en climas mediterráneos.
Fácil desinfección.	Costo y complejidad de las instalaciones.
	Sensibilidad a las adversidades.

#### 4.10.2.- Elementos básicos de los sistemas abiertos

Los sistemas abiertos tienen un manejo más sencillo que los sistemas cerrados, permiten reponer la solución nutritiva que inicialmente se ha calculado y evitan que se acumulen sales nocivas en el sustrato, pero el inevitable despilfarro de agua y nutrientes tienen dos consecuencias nocivas:

- La primera es de tipo económico, por la ineficiencia del uso de fertilizantes pues se pierden inevitablemente con la solución de drenaje.
- La segunda es medio ambiental, estas aguas cargadas de nitratos se pueden infiltrar en el suelo o pasar a los cauces naturales mezclándose con el agua potable.

También las técnicas de cultivo sin suelo actualmente utilizadas constituyen sistemas abiertos en los que los lixiviados de la Solución se vierten al suelo y lo contaminan. En este sentido es cuestionable la sostenibilidad de dichos sistemas abiertos en lo que se refiere al uso del agua y de los fertilizantes. En efecto, ya que la dinámica de absorción de nutrientes por parte de las plantas y la concentración iónica de la solución difícilmente coinciden es preciso emplear, en la fertirrigación, fracciones de lavado (FL) de mayor o menor cuantía.

Debido a la preocupación cada vez mayor de la sociedad por el deterioro del medioambiente, los sistemas abiertos están siendo adaptados a las nuevas exigencias, permitiendo así la recogida y acumulación del agua sobrante, para emplearla posteriormente en el cultivo. A estos sistemas de cultivo se les suele llamar sistemas con reutilización del lixiviado o sistemas con recirculación de la solución nutritiva.

Los sistemas a solución perdida, conllevan la eliminación al medio ambiente de importantes volúmenes de lixiviados, con un elevado poder contaminante, especialmente de nitratos. Está demostrado que estos nitratos son muy nocivos en la salud humana. (5).

#### 4.10.3.- Elementos básicos de los sistemas cerrados.

La recirculación en los cultivos sin suelo consiste en restituir al circuito de fertirrigación los lixiviados originados como consecuencia de dotaciones de riego excedentarias, de forma que se establezca un circuito cerrado. De ahí que los cultivos sin suelo equipados con sistemas de recirculación se denominen también cultivos sin suelo cerrados.

Desde el punto de vista técnico la operatividad de un sistema de cultivo sin suelo con recirculación viene en buena parte condicionada por la calidad de agua de riego. Así, cuando la CE de dicha agua es inferior a  $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  la recirculación total no suele presentar ningún problema. Las limitaciones empiezan a surgir cuando la CE es superior a  $1.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , pero este límite es mayor o menor según sea la composición del agua. Utilizar agua de riego de calidad es una condición necesaria para poder llevar a cabo con éxito un cultivo sin suelo cerrado. La mejora de la calidad del agua disponible se puede conseguir mezclando el agua de riego con agua de lluvia recogida de las cubiertas de los propios invernaderos.

Buena parte de los problemas agronómicos en los cultivos sin suelo cerrados derivan de la progresiva alteración de la composición originaria de la solución, principalmente, por la acumulación de ciertos iones como cloruro, sodio y sulfato, además en los cultivos sin suelo cerrados en condiciones de elevada temperatura suele haber mayores problemas en la transmisión de enfermedades por vía acuosa. (5).

#### a) Ámbitos de aplicación de las técnicas de recirculación.

Desde el punto de vista técnico la recirculación ha sido ensayada con éxito en diferentes modalidades de la producción hortícola intensiva. Algunas técnicas de cultivo sin suelo como la del film nutritivo (NFT) comporta con su propia naturaleza la recirculación. Otras como las que utilizan sustratos minerales (lana de roca, perlita o vermiculita expandida, gravas, arenas, etc.) han incorporado posteriormente técnicas de recirculación. En los cultivos sin suelo en los que se utilizan sustratos de naturaleza orgánica, química y biológicamente activos, la solución interacciona fuertemente con el sustrato y no es tan sencilla la incorporación de la recirculación al sistema de cultivo.

De forma que las técnicas de recirculación se han difundido y son hoy en día técnicamente operativas en algunos cultivos de hortalizas y de flor cortada en los que se emplean o bien la técnica NFT o bien sustratos minerales relativamente inertes y estables.

#### b) Elementos básicos de un sistema de recirculación para cultivos sin suelo.

Los lixiviados presentan dos características básicas:

- Su composición iónica no es igual a la de la solución original, aunque normalmente presenta alguna semejanza.
- Incorporan sólidos en suspensión, solutos exudados por las propias raíces y microorganismos que pueden ser patógenos.

Por lo tanto los lixiviados deben:

Filtrarse; la filtración es necesaria para garantizar la uniformidad de riego, también en el caso de utilizar algún sistema de desinfección cuya eficiencia depende de la mayor o menor turbidez del agua (rayos ultravioleta) o del mayor o menor contenido de sólidos disueltos (micro filtración), para filtrar los lixiviados se emplean los filtros habituales de malla, de disco y/o arena.

Desinfectarse; la desinfección de los lixiviados se puede llevar a cabo empleando métodos físicos como los rayos ultravioleta, la pasteurización o la filtración a través de membranas (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración u osmosis inversa), también pueden aplicarse productos químicos como la ozonización, agua oxigenada, la cloración u otros métodos menos desarrollados (ácido peroxiacético y silicato de potasio).

Restituirse al circuito cerrado, corrigiendo su composición, en la medida que sea técnicamente posible, y de forma autorizada. Actualmente para recompensar la solución, lo más habitual es corregir los dos parámetros básicos, CE y pH. (5).

#### 4.10.4.- Diferencias entre sistemas abiertos y cerrados

a) Control. Cualquier producto que se elimine del agrosistema (nutrientes, pesticidas, exudados radicales de las plantas, etc.) podrá ser perfectamente cuantificado con independencia de lo perjudicial o no que pueda resultar para la contaminación ambiental. Esta propiedad, si bien es común para todos los sistemas de cultivo con recirculación de la disolución nutritiva, no es exclusiva de ellos ya que también se podría cumplir en ciertos sistemas abiertos que recojan y canalicen los drenajes con el fin de eliminarlos de las zonas de cultivo.

b) Eficacia de uso o eficiencia. Definida como unidad consumida (ya sea agua o nutriente) por kilogramo de producto agrícola obtenido. Existen algunos insumos del agrosistema que evidentemente al recircular los drenajes presentan una mayor eficiencia de uso. No obstante y a pesar de lo evidente que parece esta afirmación se dan casos en los que la mayor eficiencia se invierte o por lo menos queda muy difusa. El manejo de la fertirrigación, el tipo de sustrato y la calidad de las aguas de riego disponibles, entre otros factores, tienen mucho que decir al respecto. (Urrestarazu, 2000).

## **5.- MATERIALES Y METODOS**

### **5.1.- DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL**

#### **5.1.1.- Geografía**

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero que se encuentra a un costado del Departamento de Suelos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25° 02" latitud norte y 101° 00" longitud oeste con altura de 1743 msnm.

#### **5.1.2.- Clima**

De acuerdo con la clasificación Köppen es del tipo B rr ho (x) (e) que equivale a un clima semicálido - seco en invierno, fresco extremo y verano

cálido, la temperatura media es de 16.6° C con régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno, con una precipitación media anual alrededor de 443 mm y una evaporación promedio de 2 167mm.

## **5.2.- MATERIAL UTILIZADO**

### 5.2.1.- Materiales utilizados.

#### a) Semilla

- Variedad Floradade

#### b) Sustratos

- Fibra de coco
- Peat moss (turba)
- Perlita

#### c) Otros

- 2 Válvulas checks
- Ácido nítrico y ácido fosfórico
- Cubetas (20 L)
- Dos bombas de ¼ Hp
- Dos timer digital programable modelo LR - 912
- Fertilizantes
- Riego por goteo tipo espagueti con pipeta de 2 L/hr.
- Hidrómetro
- Manguera negra
- Plástico blanco y negro (sacos de 40 L)
- Potenciómetro conductivímetro marca HANNA HI 98129
- Probeta graduada
- Rafia (como tutor)
- Timer (extractor y muro húmedo)



- Tres toneles de 200 L.
- Tubos de pvc

#### 5.2.2.- Material de laboratorio

- Navaja
- Agua destilada
- Toallas de papel
- Refractómetro
- Balanza
- Vernier
- Tubos de ensayo

### **5.3- CONDUCCION DEL EXPERIMENTO**

#### 5.3.1.- Siembra

Antes de comenzar la siembra se lavaron con jabón y se desinfectaron las charolas con cloro para evitar enfermedades.

La siembra en charolas de 200 cavidades del cultivar Floradade se llevó a cabo el día 28 de Julio de 2004, primero se colocó el sustrato en las charolas, y se humedeció con solución nutritiva ideal para tomate que se describe en el Cuadro 14 y finalmente se colocaron dos semillas por cavidad.

#### 5.3.2.- Invernadero

La investigación se llevó a cabo en un invernadero rústico, túnel modificado de 5 mts de ancho y 10 mts de largo, cubierto de un plástico transparente, el cual cuenta con un extractor en la parte superior del frente y muro húmedo rústico en la parte contraria, con sistema de agua recirculante.

#### 5.3.3.- Transplante

El 24 de Agosto de 2004 se realizó el transplante, para ello se utilizaron sacos de 12 x 12 cm x 1 mt de largo que se saturaron con solución

nutritiva ideal para tomate que se describe en el Cuadro 14 para evitar el marchitamiento de la planta, con una navaja se le hicieron 2 orificios por abajo para el drenaje y 3 hoyos en la parte superior cada 30 cm. Se colocaron dos plantas por hoyo, quedando 3 líneas (tratamientos) de 5 sacos y así se ocuparon 90 plantas en total, 30 por línea.

#### 5.3.4.- Podas (desbrotos)

Las plantas se manejaron a un solo tallo con la finalidad de tener más plantas por metro cuadrado, contar con mas luz y evitar que se formara un microambiente propicio para el desarrollo de plagas o enfermedades. La poda o desbrote consistió en eliminar los brotes axilares, práctica que se realizó con las manos previamente desinfectadas cuando el brote tenía mas o menos 8 cm de largo, todos los racimos florales se dejaron a 6 frutos. En el Cuadro 9 se mencionan las fechas en las que se realizaron las podas (desbrotos).

Cuadro 9. Fechas en que se realizaron las podas (desbrotos) al tomate.

<b>Domingo 12 de Septiembre 2004</b>
Sábado 18 de Septiembre 2004
Jueves 23 de Septiembre 2004
Viernes 8 Octubre 2004
Jueves 14 de Octubre 2004
Lunes 25 de Octubre 2004
Lunes 1 de Noviembre 2004
Sábado 13 de Noviembre 2004
Jueves 25 de Noviembre 2004

#### 5.3.5.- Tutoreo

Se colocaron 6 alambres a lo largo del invernadero a una altura de 3 m y de ahí se colgó la rafia con la finalidad de sostener a las plantas, se procedía a amarrar a la planta y enredarla al contrario de las manecillas del

reloj, constantemente se checaban para que no apretara el tallo cuando la planta siguiera su proceso de crecimiento.

### 5.3.6.- Riego

El riego se fue modificando hasta llegar a un período adecuado, calibrándose con el drenaje, para ello se programaron los timer 6 tiempos de 2 min al día, ya que la planta requiere poca solución nutritiva, verificando la uniformidad de descarga se colocó un recipiente por línea, cada recipiente recogería la descarga de un gotero y diariamente se comprobaría su volumen y se ajustó llegando finalmente a una programación estable de riegos en la solución recirculada (Cuadro 10) y en la solución perdida (Cuadro 11).

Cuadro 10. Programación de riegos en solución recirculada a partir del 14 Octubre 2004.

ENCENDIDO	APAGADO	MINUTOS
10:25	10:27	2
11:00	11:03	3
12:00	12:03	3
13:00	13:03	3
14:00	14:02	2
15:00	15:03	3
16:00	16:02	2
17:10	17:12	2
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>

Cuadro 11. Programación de riegos en solución perdida a partir del 14 Octubre 2004.

ENCENDIDO	APAGADO	MINUTOS
10:30	10:33	3

11:50	11:53	3
13:05	13:08	3
14:07	14:10	3
15:05	15:08	3
16:05	16:09	4
17:00	17:02	2
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>

### 5.3.7.- Fertilización

La fertilización comenzó después del trasplante preparando 200 L de solución ideal para tomate al 50% de su concentración para la etapa temprana de la planta, posteriormente se usó la solución completa.

En el Cuadro 12 se presenta la composición del medio nutritivo ideal para tomate.

Cuadro 12. Medio nutritivo ideal para tomate (Urrestarazu, 2000).

Meq/lit	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{=}$	Cationes
<b>K<sup>+</sup></b>		2	3	<b>5</b>
<b>Ca<sup>++</sup></b>	10			<b>10</b>
<b>Mg<sup>++</sup></b>	3.6			<b>3.6</b>
<b>Aniones</b>	<b>13.6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>18.6</b>

Cuadro 13. Cálculos para macroelementos y microelementos

Fertilizantes	Meq/lit	Pe	Factor g/lit	P/200 lit
<b>Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O</b>	10	118	0.118 x 10	240g
<b>Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O</b>	3.6	128	0.128 x 3.6	94g
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	2	136	0.136 x 2	54g

<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>3</b>	<b>87</b>	<b>0.087 x 3</b>	<b>52g</b>
------------------------------------	----------	-----------	------------------	------------

Fertilizante	Cálculos	Para 200 L
<b>EDDHAFe (5%)</b>	5 mg / L 100 mg / 5= 100 mg / L	20g
<b>MnSO<sub>4</sub></b>	15 mg / L 100 mg / 15 mg = 0.79 mg / L	2.66g
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	0.2 mg / L 249.7 / 63.5 mg = 0.79 mg / L	0.16g
<b>ZnSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O</b>	0.3 mg / L 287.5 mg / 65.4 mg = 1.32 mg / L	0.26g
<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	0.4 mg / L 61.8 mg / 10.8 mg = 2.2 mg / L	0.46g
<b>(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>24</sub> 4H<sub>2</sub>O</b>	0.2 mg / L 1235.9 / 67 mg = 0.37 mg / L	0.70g

Cuadro 14. Modificaciones de la solución nutritiva ideal para el tomate.

Meq/lit	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cationes
<b>KNO<sub>3</sub></b>	2.5			<b>2.5</b>
<b>K<sup>+</sup></b>		2	3	<b>5</b>
<b>Ca<sup>++</sup></b>	10			<b>10</b>
<b>Mg<sup>++</sup></b>	3.6			<b>3.6</b>
<b>Aniones</b>	<b>16.1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>21.1</b>

Fertilizantes	Meq/lit	Pe	Factor g/lit	P/200 lit
<b>KNO<sub>3</sub></b>	2.5	101	0.101 x 2.5	50g
<b>Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O</b>	10	118	0.118 x 10	240g
<b>Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O</b>	3.6	128	0.128 x 3.6	94g
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	2	136	0.136 x 2	54g
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	3	87	0.087 x 3	52g

### 5.3.8.- Control fitosanitario

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), se controló con 1ml por litro de agua de Confidor.

En cuanto a enfermedades se presentaron el virus del mosaico del tabaco y el tizón temprano (*Alternaria solanni*), que por su baja incidencia no se consideraron problema.

#### 5.4.- DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

Se establecieron 3 tratamientos que se describen en el Cuadro 15, con 30 repeticiones, lo cual nos dió un total de 90 plantas. El diseño experimental utilizado en este trabajo fue bloques completamente al azar.

Cuadro 15. Descripción de tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
1 <	Fibra de coco, con solución perdida.
2 <	Perlita y Peat moss (turba), con solución recirculada.
3 <	Perlita y Peat moss (turba), con solución perdida.

#### 5.5.- VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron: peso fresco de la planta, peso seco de la planta, diámetro basal del tallo y altura de la planta, (para ello se tomaron al azar 5 plantas por tratamiento), gramos por planta, diámetro polar y ecuatorial de los fruto de la planta de tomate.

##### 5.5.1.- Peso fresco de la planta.

El peso fresco de la planta se registró después del último corte de frutos, para ello se cortaron las plantas lo más cercano a la base del saco y se pesaron en una balanza.

#### 5.5.2.- Peso seco de la planta

Las plantas se colocaron dentro de bolsas negras de plástico con perforaciones para la entrada y salida de aire, se colgaron dentro del invernadero por 2 meses hasta que se secaron, finalmente se tomó su peso en gramos utilizando para ello una balanza.

#### 5.5.3.- Diámetro basal de tallo

Con un vernier se tomaron los datos del diámetro basal de las plantas lo más cercano a la base del saco en centímetros.

#### 5.5.4.- Altura de planta

Se cortaron las plantas lo más cercano a la base del saco y con una cinta métrica se registró la altura de la planta en centímetros.

### **5.6.- RENDIMIENTO**

#### 5.6.1.- Gramos por planta

En una balanza se pesaron los frutos de cada planta después de ser cosechados.

### **5.7.- CALIDAD**

#### 5.7.1.- Grados ° Brix.

El contenido de sólidos solubles del fruto, grados Brix, se determinó con un refractómetro manual.

#### 5.7.2.- Diámetro del fruto

Se midió el diámetro polar y el diámetro ecuatorial con un vernier, al momento del corte del fruto.

## 6.- RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se describen los resultados obtenidos a partir de las variables evaluadas durante el desarrollo del tomate Floradade.

### 6.1.- PESO FRESCO DE LA PLANTA

El análisis de varianza para peso fresco de la planta de tomate mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de Varianza para peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	1.533247	0.766623	5.3192 *	0.022	6.39	3.89
<b>Error</b>	12	1.729500	0.144125				
<b>Total</b>	14	3.262747					

**C. V. = 29.32 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

Cuadro 17. Comparación de medias, (Tukey) para peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	1.71 Kg. A
1	1.23 Kg. AB



2	0.94 Kg. B
---	------------

Nivel de significancia 0.05

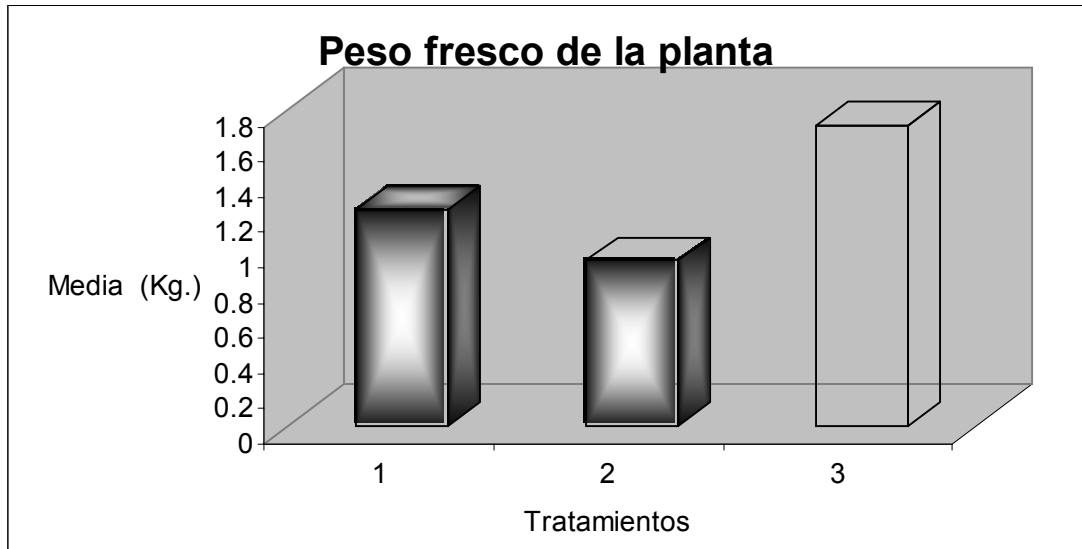


Figura 1.- Peso fresco de la planta de tomate. 13 Diciembre 2004.

Al realizar la prueba de medias (Tukey), los mejores tratamientos fueron el 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con peso promedio de 1.71 Kg y 1 (fibra de coco con solución perdida) con peso promedio de 1.23 Kg mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con peso promedio de 0.94 Kg (Cuadro 17 y Figura 1), reportando mejores resultados de peso fresco de la planta de tomate, que los mencionados por López (2002), quien indica que a mayor área foliar, mayor será su peso fresco de la planta cultivada (Floradade) y un mayor aprovechamiento de todos los recursos (agua, nutrientes, luz y temperatura), obteniendo un promedio de 204.47 grs de peso fresco por planta en cultivo sin suelo, pero el mismo reporta que la aplicación de la solución Douglas utilizada solo era de tres veces por semana y reporta temperaturas máximas de 38°C, lo que afectó el desarrollo de las plantas como menciona Valadez (1998), que las temperaturas óptimas del tomate oscilan entre 21° a 24° C y cuando se llega a temperaturas mayores de la máxima la planta detiene su crecimiento y desarrollo. Mientras que en esta investigación se aplicó diario

la solución completa mencionada por Urrestarazu (2000), y se obtuvieron temperaturas no mayores de 32°C, lo cual produjo en la planta un mejor desarrollo y mayor aprovechamiento de todos los nutrientes.

## 6.2.- PESO SECO DE LA PLANTA

El análisis de varianza para peso seco de la planta de tomate no mostró significancia para tratamientos (Cuadro 18), por lo cual no se realizó la comparación estadística de medias.

Cuadro 18. Análisis de Varianza para peso seco de la planta de tomate. 23 Febrero 2005.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	19496.6875	9748.3437	3.6584 <b>NS</b>	0.057	6.39	3.89
<b>Error</b>	12	31975.6250	2664.6354				
<b>Total</b>	14	51472.3125					

**C. V. = 26.45 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

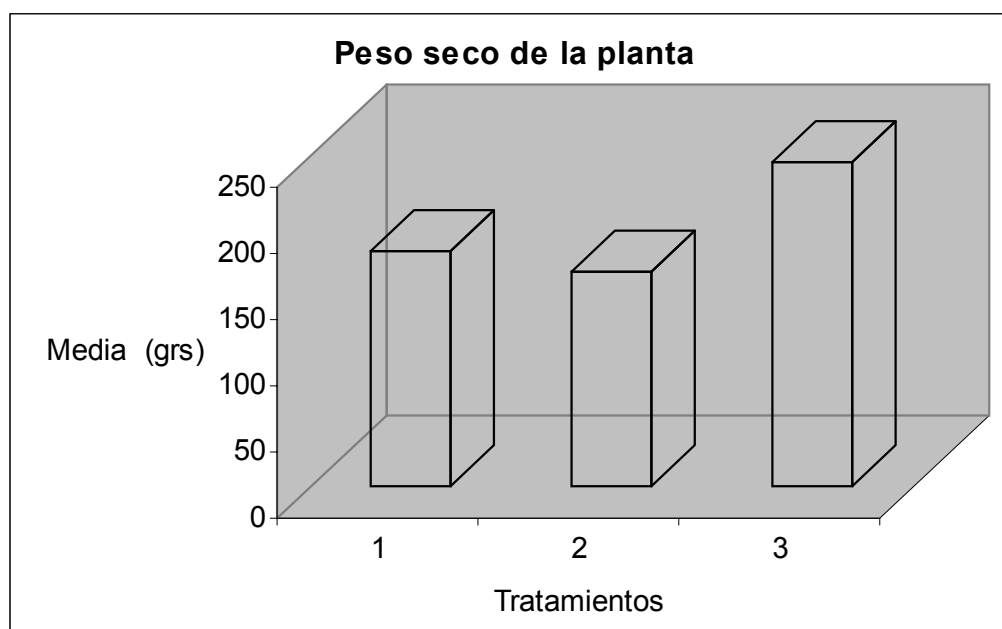


Figura 2.- Peso seco de la planta de tomate. 23 Febrero 2005.

Los mejores tratamientos gráficamente fueron el 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con peso promedio de 245.38 gr y 1 (fibra de coco con solución perdida) con peso promedio de 177.76 gr mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con peso promedio de 162.38 gr (Figura 2). La producción de materia seca reportada por López (2002), con un promedio de 60.67 grs por planta de tomate cultivar (Floradade) no fue afectada por los sustratos utilizados (perlita y peat moss) que tiene una aireación del 25% y 30%, pero las temperaturas máximas de 38°C que el reporta si disminuyeron el peso seco como lo menciona Urrestarazu (2000), que las plantas de tomate requieren al menos un 10% de aireación y sin aireación las plantas reducirían un 34% su peso seco, pero a una temperatura entre 18° y 26° C la materia seca aumenta en un 52%, en la presente investigación se registraron temperaturas no mayores a 32°C por lo que no se vio afectada la planta de tomate en producir materia seca.

### **6.3.- DIÁMETRO BASAL DEL TALLO**

El análisis de varianza para diámetro basal del tallo de la planta de tomate no mostró significancia para tratamientos (Cuadro 19), por lo cual no se realizó la comparación estadística de medias.

Cuadro 19. Análisis de Varianza para diámetro basal del tallo de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	0.033955	0.016977	0.8824 <b>NS</b>	0.558	6.93	3.89
<b>Error</b>	12	0.230881	0.019240				
<b>Total</b>	14	0.264835					

**C. V. = 9.27 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

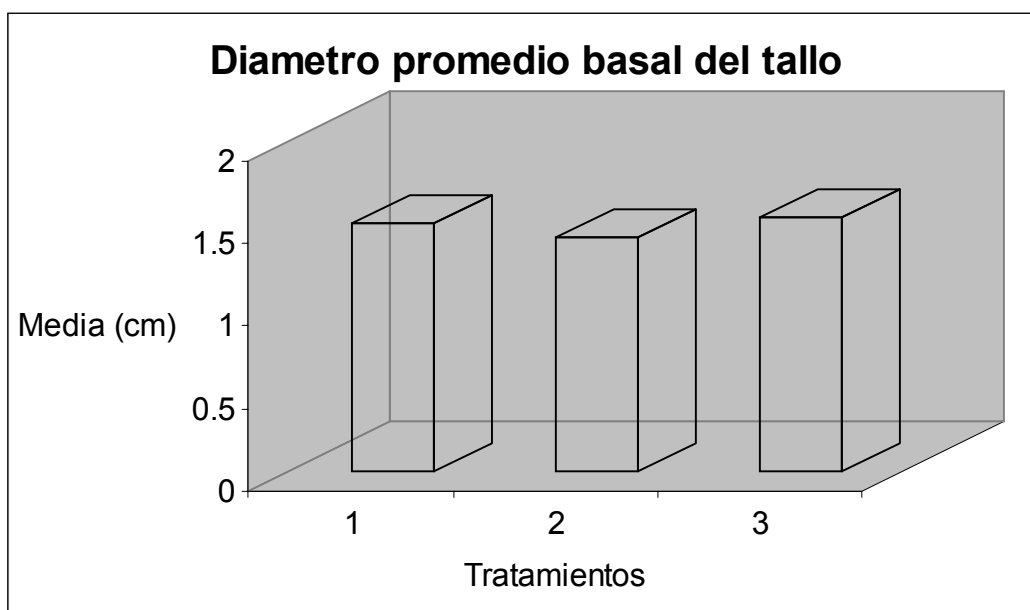


Figura 3.- Diámetro basal del tallo de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.

Los mejores tratamientos gráficamente fueron el 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con promedio de 1.52 cm y 1 (fibra de coco con solución perdida) con promedio de 1.49 cm mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con promedio de 1.41

cm. (Figura 3). En esta investigación la intensidad lumínica que reporto en un día soleado dentro del invernadero registró un dato de 900 lum/ft<sup>2</sup> lo cual menciona Sánchez (2001), que los valores óptimos están entre (926.78 – 1390.17 lum/ft<sup>2</sup>) y lo registrado en esta investigación no se encuentra muy alejado del rango óptimo, por lo cual Kinet (1977), citado por Nuez (1995), dice que la iluminación cuando es óptima no afecta el desarrollo del tallo pero, un descenso en ella induce a la elongación del mismo a expensas a otras partes de la planta, dando lugar a tallos más delgados y débiles con una mayor proporción de tejido parénquimático.

#### **6.4.- ALTURA DE PLANTA**

El análisis de varianza para altura de la planta de tomate no mostró significancia para tratamientos (Cuadro 20), por lo cual no se realizó la comparación estadística de medias.

Cuadro 20. Análisis de Varianza para altura de plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	0.335995	0.167997	2.2631 <b>NS</b>	0.146	6.93	3.89
<b>Error</b>	12	0.890804	0.074234				
<b>Total</b>	14	1.226799					

**C. V. = 13.76 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

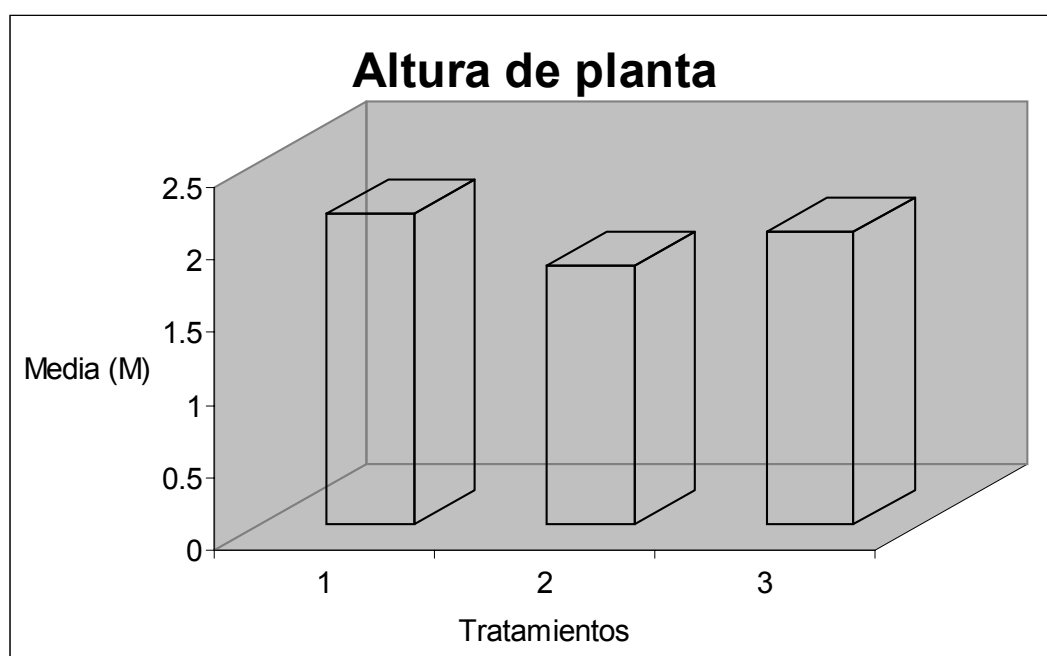


Figura 4.- Altura de las plantas de tomate. 13 Diciembre 2004.

Los mejores tratamientos gráficamente fueron el 1 (fibra de coco con solución perdida) con altura promedio de 2.14 M y 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con altura promedio de 2.02 M mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con altura promedio de 1.78 M (Figura 4). La intensidad lumínica de 500 lum/ft<sup>2</sup> afectó el crecimiento de las plantas de tomate (Floradade) del trabajo de Vázquez (2004), en su investigación realizada en cultivo sin suelo con un promedio de 74.7 cm y como en nuestro experimento la intensidad lumínica se mantuvo durante un buen tiempo en el rango óptimo que menciona Sánchez (2001),

de (926.78 – 1390.17 lum/ft<sup>2</sup>), no se tuvo problema en el desarrollo de la altura de nuestras plantas.

### 6.5.- RENDIMIENTO

El análisis de varianza para gramos (rendimiento) por planta de tomate mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de Varianza para rendimiento (gramos) por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	14418240.00	7209120.00	9.9349 **	0.000	4.21	3.17
<b>Error</b>	87	63130560.00	725638.625				
<b>Total</b>	89	77548800.00					

**C. V. = 29.32 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

Cuadro 22. Comparación de medias, (Tukey) para rendimiento por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
1	2157.50 Grs. A
3	1531.48 Grs. B
2	1191.05 Grs. B

Nivel de significancia 0.05

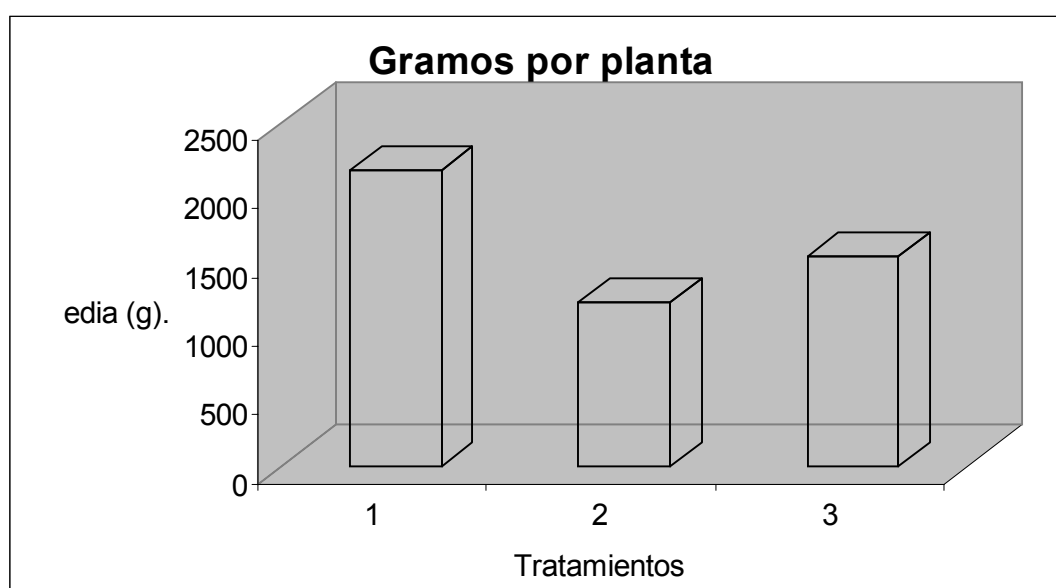


Figura 5.- Rendimiento por planta de tomate. 13 Diciembre 2004.



Al realizar la prueba de medias (Tukey), los mejores tratamientos fueron el 1 (fibra de coco con solución perdida) con rendimiento promedio de 2157.50g y 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con rendimiento promedio de 1531.48g mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con rendimiento promedio de 1191.05g (Cuadro 22 y Figura 5). En esta investigación se reportan parámetros que no afectaron el rendimiento de las plantas de tomate como son; humedad relativa (60 – 65), Intensidad lumínica (900 lum/ft<sup>2</sup>) y temperatura (mínima 8° y máxima 32° C), cabe mencionar que Jiménez (2005), en la producción de tomate (Floradade) en cultivo sin suelo obtuvo un descenso en su rendimiento y resalta principalmente que fue a causa de los factores climáticos que no se encontraron dentro de los rangos mencionados por; Valadez (1998), temperaturas máximas y mínima están entre 10° y 30° C, Alpini (1999), humedad relativa 65% – 70% y Sánchez (2001) que la intensidad lumínica está entre 926.78 – 1390.17 lum/ft<sup>2</sup>, por lo tanto esta investigación concuerda con lo que menciona Nuez (1995), que al estar estos parámetros dentro del rango óptimo la planta explotará todo su potencial genético y obtendrá un incremento en el rendimiento.

#### 6.6.- GRADOS BRIX

El análisis de varianza para grados °Brix del fruto de la planta de tomate mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de Varianza para grados Brix del fruto del tomate.  
13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	23.532440	11.766220	45.4489 **	0.000	6.93	3.89
<b>Error</b>	18	4.660004	0.258889				
<b>Total</b>	20	28.192444					

**C. V. = 10.87 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

Cuadro 24. Comparación de medias, (Tukey) para grados °Brix del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
2	6.17 A
1	4.05 B
3	3.81 B

Nivel de significancia 0.05

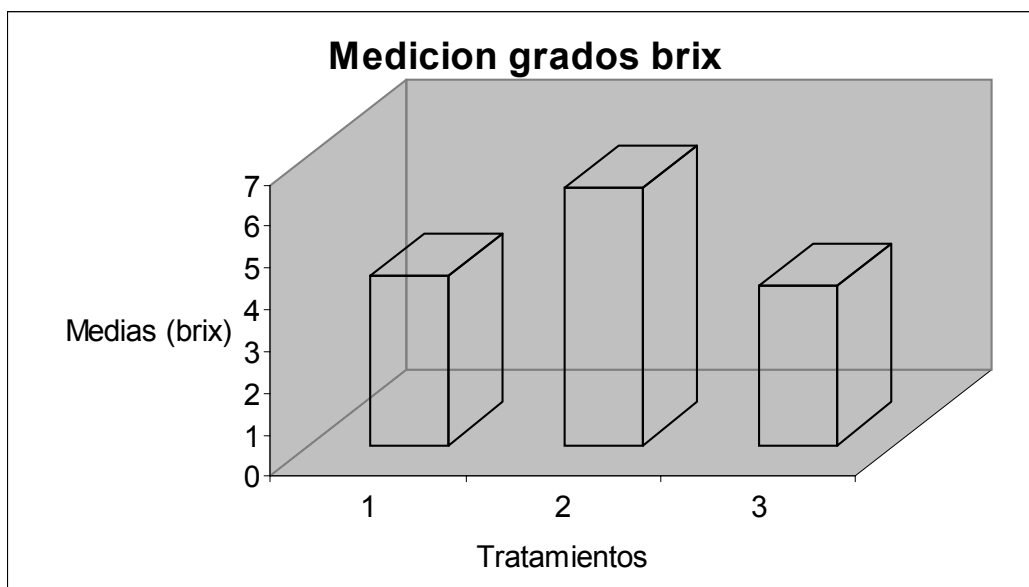


Figura 6.- Grados °Brix del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.

Al realizar la prueba de medias (Tukey), los mejores tratamientos fueron el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con promedio de

6.17 °Brix y 1 (fibra de coco con solución perdida) con promedio de 4.05 °Brix mientras que el peor tratamiento fue el 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con promedio de 3.81 °Brix (Cuadro 24 y Figura 6). Una de las desventajas en el sistema cerrado (solución recirculada) en esta investigación fue la acumulación de sales, y eso repercutió en la medición de °Brix, Urrestarazu (2000), menciona que la restricción en el crecimiento de frutos se debe en forma importante al reducido contenido de agua, existiendo solo una reducción pequeña del contenido de materia seca. Esto no solo mejora la firmeza del fruto y de todos los aspectos visuales de calidad, si no también mejora el sabor, ya que todos los componentes de sabor se encuentran concentrados en una menor calidad de agua.

#### 6.7.- DIAMETRO POLAR DEL FRUTO

El análisis de varianza para diámetro polar del fruto de la planta de tomate mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 25).

Cuadro 25. Análisis de Varianza para diámetro polar del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC	CM	F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	7.315674	3.657837	8.6459 **	0.001	4.21	3.17
<b>Error</b>	87	36.807373	0.423073				
<b>Total</b>	89	44.123047					

**C. V. = 11.92 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

Cuadro 26. Comparación de medias, (Tukey) para diámetro polar del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
1	5.79 cm. A
3	5.48 cm. A
2	5.09 cm. B

Nivel de significancia 0.05

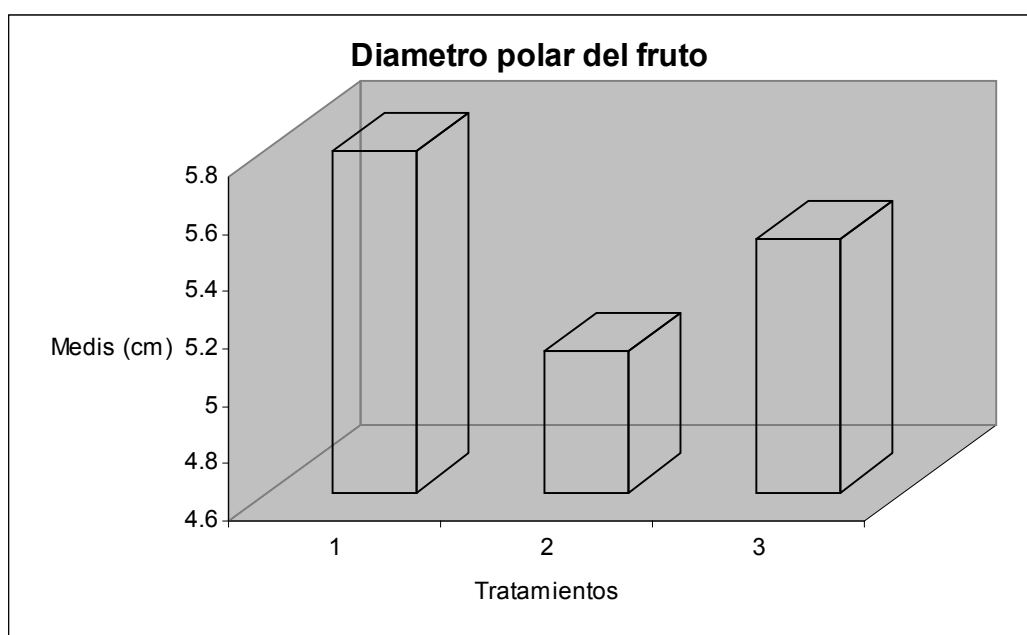


Figura 7.- Diámetro polar del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.

Al realizar la prueba de medias (Tukey), los mejores tratamientos fueron el 1 (fibra de coco con solución perdida) con diámetro polar promedio de 5.79 cm y 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con diámetro polar promedio de 5.48 cm. mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con diámetro polar promedio de 5.09 cm. (Cuadro 26 y Figura 7). De acuerdo con los datos reportados podemos decir

que Aguilera (1996), clasifica a los tomates obtenidos en medianos pero también cabe resaltar que Rodríguez (1984), menciona que su forma puede ser redonda, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades.

### 6.8.- DIAMETRO ECUATORIAL DE FRUTO

El análisis de varianza para diámetro ecuatorial del fruto de la planta de tomate mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Análisis de Varianza para diámetro ecuatorial del fruto de tomate. 13 Diciembre 2004.

F V	GL	SC		F	P>F	FT	
						0.01	0.05
<b>Tratamientos</b>	2	6.668457	3.334229	5.9753 **	0.004	4.21	3.17
<b>Error</b>	87	48.546387	0.558004				
<b>Total</b>	89	55.214844					

**C. V. = 10.84 %**

**Donde:** (\*\*) Altamente significativo, (\*) Significativo, (NS) No significativo.

Cuadro 28. Comparación de medias, (Tukey) para diámetro ecuatorial del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	7.22 cm. A
1	6.89 cm. BA

2	6.55 cm. B
---	------------

Nivel de significancia 0.05

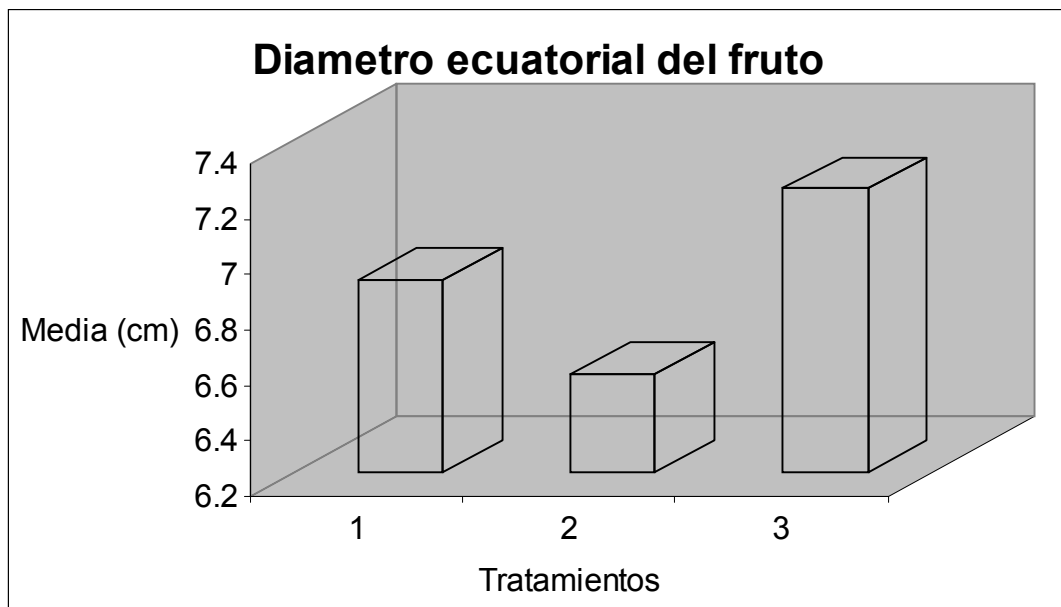


Figura 8.- Diámetro ecuatorial del fruto del tomate. 13 Diciembre 2004.

Al realizar la prueba de medias (Tukey), los mejores tratamientos fueron el 3 (perlita y peat moss con solución perdida) con diámetro ecuatorial promedio de 7.22 cm. y 1 (fibra de coco con solución perdida) con diámetro ecuatorial promedio de 6.89 cm. mientras que el peor tratamiento fue el 2 (perlita y peat moss con solución recirculada) con diámetro ecuatorial promedio de 6.55 cm. (Cuadro 28 y Figura 8). Para diámetro ecuatorial de frutos en la investigación realizada se obtuvieron frutos con un rápido crecimiento ecuatorial reportando un promedio muy alto de 7.22 cm de diámetro ecuatorial y esto se debió a lo mencionado por Nuez (1995), que si el pH sube mucho es que la planta está tomando  $\text{NO}_3$  en mayor

proporción que lo previsto y para no cambiar su pH interno también absorbe H. Esto suele ocurrir en periodos juveniles de rápido crecimiento vegetativo, pero si por el contrario el pH baja, entonces hay un consumo desequilibrado de K, normalmente en un estadio de rápido crecimiento del fruto y por eso la planta expele H.

## 6.9.- POR CIENTO DE ELEMENTOS ABSORBIDOS Y LIXIVIADOS

### 6.9.1.- Nitratos (NO<sub>3</sub>)

Estas muestras se tomaron de los goteros y drenajes, una vez por semana y diario se tomaron 3 ml del gotero y 3 ml del drenaje, acumulándose por semana 20 ml de solución y tomando lecturas diarias del gasto del drenaje y gotero. (Semana del 28 Octubre al 3 de Noviembre).

- Fibra de coco: Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 350 ppm y Drenaje 130 ppm. Solución Perdida.

a) Gotero: 17 350 ml semanal / 6 días = 2 891.6 ml/día gotero

350 ppm = 350 mg – 1000 ml

$$X - 2\,891.6 \text{ ml} \quad X = 1\,012 \text{ mg} = \underline{1.012 \text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 16 700 ml semanal / 6 días = 2 783.3 ml/día / 3 goteros = 927.8 ml/día

130 ppm = 130mg – 1000 ml

$$X - 927.8 \text{ ml} = 120.6 \text{ mg} = \underline{0.1206 \text{ g/día de NO}_3}$$

R = 1.012 g/día de NO<sub>3</sub> en gotero - 100 %

$$0.1206 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en drenaje} - X = \underline{11.9\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

- Perlita + Peat moss (turba): Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 470 ppm y Drenaje 1000 ppm. Solución Recirculada.

a) Gotero: 15 100 ml semanal / 6 días = 2 516 ml/día gotero

470 ppm = 470 mg – 1000 ml

$$X - 2\,516 \text{ ml} \quad X = 1182.5 \text{ mg} = \underline{1.1825 \text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 7 700 ml semanal / 6 días = 1 283 ml/día / 3 goteros = 427.8 ml/día

1000 ppm = 1000mg – 1000 ml

$$X - 427.8 \text{ ml} = 427.8 \text{ mg} = \underline{0.4278 \text{ g/día de NO}_3}$$

R = 1.1825 g/día de NO<sub>3</sub> en gotero - 100 %

$$0.4278 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en drenaje} - X = \underline{36.2\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

- Perlita + Peat moss (turba): Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 720 ppm y Drenaje 680 ppm. Solución perdida.

a) Gotero: 16 450 ml semanal / 6 días = 2 741 ml/día gotero

720 ppm = 720 mg – 1000 ml

$$X - 2 741 \text{ ml} \quad X = 1 973 \text{ mg} = \underline{1.973 \text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 20 850 ml semanal / 6 días = 3475 ml/día / 3 goteros = 1158 ml/día

680 ppm = 680mg – 1000 ml

$$X - 1158 \text{ ml} = 787 \text{ mg} = \underline{0.787 \text{ g/día de NO}_3}$$

R = 1.973 g/día de NO<sub>3</sub> en gotero - 100 %

$$0.787 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en drenaje} - X = \underline{40\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

Por ciento de Nitratos lixiviados, absorbidos y/o acumulados del drenaje y gotero en la semana del 4 al 9 de Noviembre con el mismo procedimiento se describen en el cuadro 29.

Cuadro 29. Por ciento de Nitratos lixiviados, absorbidos y/o acumulados.

	<b>Nitratos NO<sub>3</sub></b>	<b>g / día</b>	<b>Lixiviación %</b>	<b>Absorbidos y/o Acumulados g / día</b>
<b>Fibra de Coco</b>			19.6	0.606
Gotero	310	0.754		
Drenaje	310	0.148		
<b>Perlita y Peat Moss Solución Recirculada</b>			22.7	0.671



Gotero	450	0.869		
Drenaje	780	0.198		
<b>Perlita y Peat Moss Solución Perdida</b>			32	0.409
Gotero	270	0.602		
Drenaje	300	0.193		

#### 6.9.2.- Potasio (K).

Estas muestras se tomaron de los goteros y drenajes, una vez por semana, diario se tomaron 3 ml del gotero y 3 ml del drenaje, acumulándose por semana 20 ml de solución y tomando lecturas diarias del gasto del drenaje y gotero. (Semana del 4 al 9 de Noviembre).

- Fibra de coco: Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 110 ppm y Drenaje 120 ppm. Solución Perdida.

a) Gotero: 14 600 ml semanal / 6 días = 2 433 ml/día gotero

110 ppm = 110 mg – 1000 ml

$$X - 2\,433\text{ ml} \quad X = 267.6\text{ mg} = \underline{0.267\text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 8 650 ml semanal / 6 días = 1 441 ml/día / 3 goteros = 480.5 ml/día

120 ppm = 120mg – 1000 ml

$$X - 480.5\text{ ml} = 57.6\text{ mg} = \underline{0.057\text{ g/día de NO}_3}$$

R = 0.267 g/día de NO<sub>3</sub> en gotero - 100 %

$$0.057\text{ g/día de NO}_3\text{ en drenaje} - X = \underline{21.3\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

- Perlita + Peat moss (turba): Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 300 ppm y Drenaje 830 ppm. Solución Recirculada.

a) Gotero: 11 600 ml semanal / 6 días = 1 933 ml/día gotero

300 ppm = 300 mg – 1000 ml

$$X - 1\,933\text{ ml} \quad X = 579.9\text{ mg} = \underline{0.579\text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 4 600 ml semanal / 6 días = 766.6 ml/día / 3 goteros = 255.6 ml/día

830 ppm = 830 mg – 1000 ml

$$X - 255.6\text{ ml} = 212\text{ mg} = \underline{0.212\text{ g/día de NO}_3}$$

$$R = 0.579 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en gotero} - 100 \%$$

$$0.212 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en drenaje} - X = \underline{36.6\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

- Perlita + Peat moss (turba): Nitratos (NO<sub>3</sub>) = Gotero 110 ppm y Drenaje 130 ppm. Solución perdida.

a) Gotero: 13 400 ml semanal / 6 días = 2 233 ml/día gotero

110 ppm = 110 mg – 1000 ml

$$X - 2\,233 \text{ ml} \quad X = 245.6 \text{ mg} = \underline{0.245 \text{ g/día de NO}_3}$$

b) Drenaje: 11 600 ml semanal / 6 días = 1 933 ml/día / 3 goteros = 644 ml/día

130 ppm = 130mg – 1000 ml

$$X - 644 \text{ ml} = 83.7 \text{ mg} = \underline{0.083 \text{ g/día de NO}_3}$$

R = 0.245 g/día de NO<sub>3</sub> en gotero - 100 %

$$0.083 \text{ g/día de NO}_3 \text{ en drenaje} - X = \underline{33.8\% \text{ LIXIVIADOS}}$$

Por ciento de Potasio lixiviados, absorbidos y/o acumulados del drenaje y gotero en la semana del 28 Octubre al 3 de Noviembre con el mismo procedimiento se describen en el cuadro 28.

Cuadro 30. Por ciento de Potasio lixiviado, absorbido y/o acumulado.

	<b>Potasio (K)</b>	<b>g / día</b>	<b>Lixiviación %</b>	<b>Absorbidos y/o Acumulados g / día</b>
<b>Fibra de Coco</b>			62	0.196
Gotero	180	0.520		
Drenaje	350	0.324		
<b>Perlita y Peat Moss Solución Recirculada</b>			22	1.114
Gotero	570	1.434		
Drenaje	750	0.320		
<b>Perlita y Peat Moss</b>			42	0.428

<b>Solución Perdida</b>				
Gotero	270	0.740		
Drenaje	270	0.312		

### 6.10.- COSTOS DE PRODUCCION

Se determinaron costos de fertilizantes en las diferentes casas comercializadoras de Saltillo. BIOCAMPO S.A. DE C.V. y AGROFORMULADORA DELTA S.A. DE C.V.

A continuación se presentan los valores de los precios actualizados al mes de Abril del 2004.

Cuadro 31. Precios de fertilizantes.

<b>Nutrimento</b>	<b>Precio en pesos / Kg.</b>
KNO <sub>3</sub>	6.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	6.00
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	10.00
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	5.00
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8.00
EDDHAFe	5.00
MnSO <sub>4</sub>	5.00
CuSO <sub>4</sub>	16.00
ZnSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	8.00
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	10.00
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>2</sub> O <sub>24</sub> 4H <sub>2</sub> O	12.00

**Nota: Paridad Peso/Dólar = \$11.20**

Cuadro 32. Numero de veces que se llenaron los tambos (200 L) con agua y solución nutritiva.

<b>SOLUCION</b>	<b>RECIRCULADA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>PERDIDA</b>
27 Ago 04	23 Nov 04	27 Ago 04	3 No 04
18 Sep 04	2 Dic 04	12 Sep 04	9 Nov 04
30 Sep 04		23 Sep 04	13 Nov 04
7 Oct 04		1 Oct 04	17 Nov 04
14 Oct 04		7 Oct 04	22 Nov 04
21 Oct 04		12 Oct 04	26 Nov 04
26 Oct 04		18 Oct 04	1 Dic 04

1 Nov 04		22 Oct 04	5 Dic 04
13 Nov 04		30 Oct 04	

En el cuadro 33 se presentan los precios de cada producto utilizado en la formulación de 200 L de solución.

Cuadro 33. Calculo del costo de la solución nutritiva.

Nutriente	Formulación para 200 L de Solución	Precio en Pesos.
KNO <sub>3</sub>	50 g	0.3
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	240 g	1.44
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	94 g	0.94
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	54 g	0.27
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	52 g	0.416
EDDHAFe	20 g	0.1
MnSO <sub>4</sub>	2.66 g	0.0133
CuSO <sub>4</sub>	0.16 g	0.00256
ZnSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	0.26 g	0.00208
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.46 g	0.0046
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>2</sub> O <sub>24</sub> 4H <sub>2</sub> O	0.70 g	0.0084
<b>Total</b>	<b>514.24 g</b>	<b>3.50</b>

**Nota: Paridad Peso/Dólar = \$11.20**

**Fuentes: BIOCAMPO S.A. DE C.V. y AGROFORMULADORA DELTA S.A. DE C.V.**

Los costos de fertilizantes no fueron los mismos para los sistemas de solución perdida y recirculada. Para el caso de solución perdida se hicieron diecisiete aplicaciones de solución nutritiva durante el ciclo de cultivo. El costo de aplicación fue \$ 3.50 y de \$ 59.5 por las diecisiete aplicaciones.

Para el caso del sistema recirculante, el suministro de solución se realizó dándonos un costo de \$ 3.50 y de \$ 38.50 por las once aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

En esta investigación al convertir los datos a 1ha, encontramos que utilizando este mismo sistema podemos obtener una densidad de población de 33 500 plantas/ha y/o de 3.3 plantas/m<sup>2</sup>.

En el manejo de la solución perdida durante el experimento, el costo fue de \$ 6.64 pesos/m<sup>2</sup>, igual a \$ 66 441.00 pesos/ha. Para el caso de solución recirculante fue de \$ 4.29 pesos/m<sup>2</sup>, igual a \$ 42 991.00 pesos/ha, esto permite ver que en el caso de solución recirculante se tiene un ahorro del 35% del gasto total sobre el sistema de solución perdida.

#### **6.10.1.- Consumo de agua y solución nutritiva**

El transplante se realizó el 24 de Agosto y la toma de datos se extendió desde el 25 de Agosto hasta el 15 de Noviembre, recabando 69 lecturas de volúmenes.

En el sistema abierto (solución perdida) y cerrado (solución recirculante) se llevó a cabo un registro de volumen de solución nutritiva (Cuadro 34). Con estos valores se calculó el consumo de agua en el ciclo del cultivo, volumen de drenaje, eficiencia en el uso de agua y nutrientes.

Cuadro 34. Volumen de solución nutritiva promedio en la botella durante el cultivo y solución nutritiva drenada promedio durante el ciclo del cultivo de tomate.

Tratamientos	Volumen total de botella / gotero (L)	Volumen total de drenado / (L)
T1 Fibra de coco con solución perdida	104.5	83.46
T2 Perlita y peat moss solución recirculante	114.11	51.48
T2 Perlita y peat moss solución perdida	119.23	91.54

De acuerdo a los resultados mostrados en el cuadro 35 se puede notar que de acuerdo con Burgueño (2001), los valores de drenaje obtenidos se encuentran dentro del rango óptimo, entre 30% y 40%.

El tratamiento de fibra de coco con solución perdida, fue el que tuvo mayor eficiencia de drenaje, con un valor de 26.6% de drenaje, mientras que los otros tratamientos se mantuvieron por debajo con relación al óptimo, perlita y peat moss solución recirculante con 15% y perlita y peat moss solución perdida con 25.5%.

Para el factor de solución dosificada se tuvo en las líneas T1 (Fibra de coco con solución perdida) y T3 (Perlita y peat moss con solución perdida) un volumen de 3 400 litros de solución, mientras que para la línea del T2 (Perlita y peat moss con solución recirculada) se tuvieron 2 200 litros dosificados respectivamente.

Resultan considerablemente menores en el sistema cerrado ya que solo ha sido necesario eliminar el drenaje al final del ciclo del cultivo. En concreto el gasto de solución nutritiva en el sistema abierto fue de 3 400 L, mientras que en la solución recirculada ha sido de 2 200 L, lo que supone un ahorro del

35%, valor óptimo como menciona García y Urrestarazu (2000), que han demostrado el ahorro de agua se puede estimar entre un 10% y 50% frente a los sistemas abiertos.

#### **6.10.2.- Eficiencias en el aprovechamiento del agua son las siguientes.**

T1 (fibra de coco con solución perdida) = (7.09 Kg/m<sup>2</sup> de tomate producido) (6.67 m<sup>2</sup> de cada línea de cultivo) = 47.29 Kg. Por lo tanto 3 400 L/47.29 Kg igual a 71.89 L de agua para producir un Kg de tomate.

T2 (Perlita y peat moss con solución recirculada) = (3.92 Kg/m<sup>2</sup> de tomate producido) (6.67 m<sup>2</sup> de cada línea de cultivo) = 26.14 Kg. Por lo tanto 2 200L /26.14 Kg igual a 84.16 L de agua para producir un Kg de tomate.

T3 (Perlita y peat moss con solución perdida) = (5.04 Kg/m<sup>2</sup> de tomate producido) (6.67 m<sup>2</sup> de cada línea de cultivo) = 33.61 Kg. Por lo tanto 3 400L/33.61 Kg igual a 101 L de agua para producir un Kg de tomate.

Oriol (2000), reporta en sus investigaciones que para la producción de tomate en cultivos sin suelo en solución perdida se requieren 54.8 L para producir un Kg de tomate y en solución recirculada 37.9 L, por otro lado Urrestarazu (2000), reporta en sus experimentos que sirven para comparar la eficiencia de agua, encontró que para producir un Kg de tomate en solución perdida se requieren 40.5 L, encontrando un ahorro de agua del 30% en los sistemas de solución recirculante con un gasto de 37 L.

## **7.- CONCLUSIONES**

Considerando los objetivos del presente trabajo y en función de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1.- Para el peso fresco de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T3 (perlita y peat moss con solución perdida), obteniendo una media de 1.71 Kg.

2.- No se encontraron diferencia significativa para las variables de peso seco, altura de planta y diámetro basal del tallo de la planta de tomate.

3.- Para gramos por planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T1 (fibra de coco con solución perdida), obteniendo una media de 2157.50 g.

4.- Para el mejor contenido de sólidos solubles del fruto el mejor tratamiento fue T2 (perlita y peat moss con solución recirculada), obteniendo una media de 6.17 °Brix.

5.- Para el diámetro polar del fruto de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T1 (fibra de coco con solución perdida), obteniendo una media de 5.79 cm.

6.- Para el diámetro ecuatorial del fruto de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T3 (perlita y peat moss con solución perdida), obteniendo una media de 7.22 cm.

7.- Con respecto al sustrato y mezclas de sustratos, de acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que los tratamientos 1 fibra de coco con solución perdida y el tratamiento 3 perlita y peat moss con solución recirculada, fueron los que mostraron mejores resultados en la mayoría de las variables.

8.- De acuerdo a los resultados obtenidos, con respecto al objetivo que nos planteamos, resultó mejor la solución perdida que la solución recirculante,



aunque en el sistema cerrado (solución recirculante) presenta una inversión menor en fertilizantes de \$ 42 991.00 pesos/ha, hay una inversión mayor en los fertilizantes utilizados en los sistemas abiertos (solución perdida) ya que cuestan \$ 66 441.00 pesos/ha.

9.- Los sistemas recirculados tienen un ahorro de líquido dosificado del 35% sobre el sistema de solución perdida, cabe resaltar que existe un ahorro económicamente hablando de agua y fertilizantes, pero de producción en kilogramos por plantas de tomate se concluye que no se obtienen altos rendimientos como en los sistemas abiertos.

## **8.- RESUMEN**

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con la finalidad de manejar cultivo sin suelo para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) bajo condiciones de invernadero rústico.

Los principales objetivos de la investigación fue encontrar un sustrato o mezcla de sustratos con un sistema de solución perdida y/o recirculante que incrementaran el rendimiento en la producción de tomate. El

experimento se estableció con un diseño de bloques completamente al azar y constó de 3 tratamientos y 30 repeticiones como se describe a continuación: T1 fibra de coco con solución perdida, T2 perlita y peat moss con solución recirculada y T3 perlita y peat moss con solución perdida. Las variables evaluadas fueron; peso fresco de la planta, peso seco de la planta, diámetro basal del tallo, altura de planta, rendimiento, grados Brix, diámetro ecuatorial y polar del fruto.

Se prepararon sacos de polietileno negro protegidos por un plástico blanco de 40 L. (12 cm x 12 cm x 1 m largo) cada uno, que fueron colocados en camas de 6 mts de largo, 40 cm de ancho a una altura de 1 m y una pendiente del 1% para facilitar el drenaje; se hicieron 3 hoyos por saco en la parte superior, cada 30 cm y se colocaron 2 plantas por hoyo, quedando 3 líneas (tratamientos) de 5 sacos y se utilizaron 90 plantas (repeticiones), en total 30 por línea.

En peso fresco de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T3 perlita y peat moss con solución perdida, obteniendo una media de 1.71 Kg. Para gramos por planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T1 fibra de coco con solución perdida, logrando una media de 2157.50 g. En contenido de sólidos solubles del fruto el mejor tratamiento fue T2 perlita y peat moss con solución recirculada, obteniendo una media de 6.17 ° Brix. En diámetro polar del fruto de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T1 fibra de coco con solución perdida, dando una media de 5.79 cm. El diámetro ecuatorial del fruto de la planta de tomate se concluye que el mejor tratamiento fue T3 perlita y peat moss con solución perdida, obteniendo una media de 7.22 cm.

No se encontraron diferencia significativa para las variables de peso seco, altura de planta y diámetro basal del tallo de la planta de tomate.

De acuerdo a los resultados obtenidos, con respecto al objetivo que nos planteamos, resultó mejor la solución perdida que la recirculante, aunque en el sistema cerrado (solución recirculante) se presenta una inversión menor en fertilizantes de \$ 42, 991.00 pesos/ha, hay una inversión mayor en los fertilizantes utilizados en los sistemas abiertos (solución perdida) ya que cuestan \$ 66, 441.00 pesos/ha.

Los sistemas recirculados tienen un ahorro de líquido dosificado del 35% sobre el sistema de solución perdida.

## **9.- BIBLIOGRAFIA**

Alpini, A. 1999. Cultivo en invernadero. Editorial Mundi – Prensa. 3ª edición, Madrid, España.

Angeles, A. 2003. Evaluación del agroquímico “Organozymba” en la Producción de Tomate baja invernadero. Tesis de licenciatura. UACH. Chapingo, México.

Ansorena, J. 1994. Sustratos, propiedades y características, 1994, Editorial Mundi – Prensa. Madrid España. Pp. 73 – 91.

Bayo, J. 1999. Cálculo de Soluciones Nutritivas en Fertirriego. XIX Simposium Internacional de Agronomía. UANL. Monterrey, México.

- Burgueño, H. 1999. La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Bur sag, S.A. de C.V. Culiacán, Sinaloa.
- Claridades Agropecuarias. 1999 – 2000. Un horizonte acerca del mercado agropecuario. El Tomate.
- Dentón, S. y Ortiz, A., 1989. El tomate invitado de todas las mesas. Selecciones del Reader s Digest. No. 581. Abril de 1989.
- Durany, U. 1977. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra. Editorial Sintesis. Barcelona, España. Pp. 6 – 17.
- Fernández, M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Garza, M. 1984. Producción de Hortalizas en México. Dep. Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de Horticultura Cubana. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba.
- Jiménez, J. 2005. Producción de tomate en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila, México
- Lazcano I. 1999. Criterios de su utilización en Sistemas de alta Producción. XIX Simposium Internacional de Agronomía. UANL. Monterrey, México.
- León, H. 1980. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. SARH. Culiacán, Sinaloa, México. Pp. 11 – 134.
- López, S. 2002. Comportamiento del tomate en cuatro mezclas de sustrato. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila, México.

- Mancillo, L. 1999. Principios de Nutrición Vegetal Aplicados a la Producción Agrícola. XIX Simposium Internacional de Agronomía. UANL. Monterrey, México.
- Maroto, F. 1989. El cultivo del tomate. Editorial Mundi – Prensa. Barcelona, España.
- Márquez, Y. 1978. Guía para el control de los hongos del suelo en el cultivo del tomate utilizado en el sistema de Tectirrigacion. División Agropecuaria, Merk Sharp y Dohme de Mexico. Pp. 1 – 5.
- Miranda, I. 1999. Hidroponía. UACH. Preparatoria Agrícola. Editorial Agribot. Chapingo, México. Pp. 1 – 63.
- Montes, F. 1999. Fertilización de Hortalizas. XIX Simposium Internacional de Agronomía. UANL. Monterrey, México.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi – Prensa. Barcelona, España. Pp. 15 – 291.
- Oriol, M. 2000. Recirculación en cultivos sin suelo. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus. Barcelona, España. Pp. 21 – 30.
- Pérez, M. y Peña, A. 1999. Guía para la producción intensiva de tomate en invernadero. Boletín de divulgación No. 3. Programa Universitario de Investigación y Servicio en Olericultura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Rodríguez, R. 1984. Cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, España. Pp. 13 – 170.
- Rodríguez, R. y Tabares, M. 1997. Cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi – Prensa. 2º Ed. Madrid, España. Pp. 13 – 23.

Sánchez, A. 2001. Apuntes de producción de hortalizas 1. Departamento de Horticultura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

SARH, INIFAP, 1988. Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del campo experimental Zacatepec, Morelos, Mexico. Pp. 80 – 195.

Serrano, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Editorial Aedos. Barcelona, España.

Urrestarazu, M. 2000. Manual de cultivo sin suelo. Editorial Mundi – Prensa. Almería España. Pp. 50 – 554.

Valadez, A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial UTEHA. México DF.

Valdivia, M. 1989. Prueba de diferentes sustratos para la producción de tomate en hidroponía bajo invernadero rustico. Tesis de licenciatura. UACH. Chapingo, México.

Vázquez, R. 2004. Producción de tomate bola bajo diferentes sustratos hidroponicos. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo, Coahuila, México.

Villarreal, R. 1982. Tomates. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp. 40 - 82.

**En línea:**

1. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfOMer/anlisis/antomate.html>
2. <http://members.fortunecity.es/jalvarezg/>
3. [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.asp)

4. <http://usuarios.lycos.es/Theo/index.htm>

5. [http://fertiberia.com/informacion/articulos/fertirrigacion/RecirculacionSolucionNutritiva\\_cultivosSin%20Suelo.html](http://fertiberia.com/informacion/articulos/fertirrigacion/RecirculacionSolucionNutritiva_cultivosSin%20Suelo.html)

## 10.- APENDICE

La conductividad eléctrica del drenaje debe permanecer en  $0.5 - 1 \text{ dsm}^{-1}$ , o más si el agua es muy salina. Si los valores aumentaron se debió a la acumulación de sales y si baja más de lo esperado seguramente la planta consumió más nutrientes de lo previsto y habrá que aumentar la conductividad eléctrica de la solución y el pH del drenaje generalmente subió de  $0.5 - 1$  con respecto al de la entrada por eso, para tener un pH de  $6 - 6.5$ , que es el idóneo, acidificamos hasta  $5.5$ . El agua utilizada tuvo de salinidad  $0.89 \text{ mmhos/cm}$  y un pH de  $7.6$

Cuadro 35. Correcciones realizadas al pH y CE de los tambos de las Soluciones Nutritivas.

1.- 27 Agosto 2004

	pH	CE	Solución Agregada	Corrección pH	Corrección CE
Solución Perdida $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	6.8	2.5	Ácido Nítrico 15 ml	5.8	4.2
Solución Perdida (Resto)	6.8	2.6	Ácido Nítrico 15 ml	6	4.2
Solución Recirculada	6.7	2.3	Ácido Nítrico 40 ml	5.9	3.8

2.- 12 Septiembre 2004

	pH	CE	Solución Agregada	Corrección pH	Corrección CE
Solución Perdida $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	6.9	2	Ácido Nítrico 20 ml.	5.6	2
Solución Perdida (Resto)	6.8	2	Ácido Nítrico 20 ml.	5.9	2
Solución Recirculada	6.7	2.7	Ácido Nítrico 45 ml.	6	3

3.- 24 Septiembre 2004

	pH	CE	Solución Agregada	Corrección pH	Corrección CE
Solución Perdida $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	6.9	2	Ácido Nítrico 60 ml.	5.9	2.1

Solución Perdida (Resto)	6.6	2.3	Ácido Nítrico 60 ml.	6.1	2.5
Solución Recirculada	6	2.7			

4.- 05 Octubre 2004

	pH	CE	Solución Agregada	Corrección pH	Corrección CE
Solución Perdida Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	7	2.7	Ácido Fosfórico 25 ml.	5.7	2.7
Solución Perdida (Resto)	6.4	2.7	Ácido Fosfórico 20 ml.	6	2.7
Solución Recirculada	6.3	3.4	Ácido Fosfórico 20 ml.	5.9	3.6

5.- 09 Noviembre 2004

	pH	CE	Solución Agregada	Corrección pH	Corrección CE
Solución Perdida Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	6.8	2.4	Ácido Fosfórico 20 ml.	5.7	2.7
Solución Perdida (Resto)	7.3	1.4	Ácido Fosfórico 20 ml.	6.1	3
Solución Recirculada	5.8	4.2			

En lo que se refiere a la humedad relativa tomada a las 2:00 pm dentro del invernadero, la figura 9 indica que se presentaron variaciones de los requerimientos óptimos de la humedad relativa para el cultivo del tomate (65 – 70%).

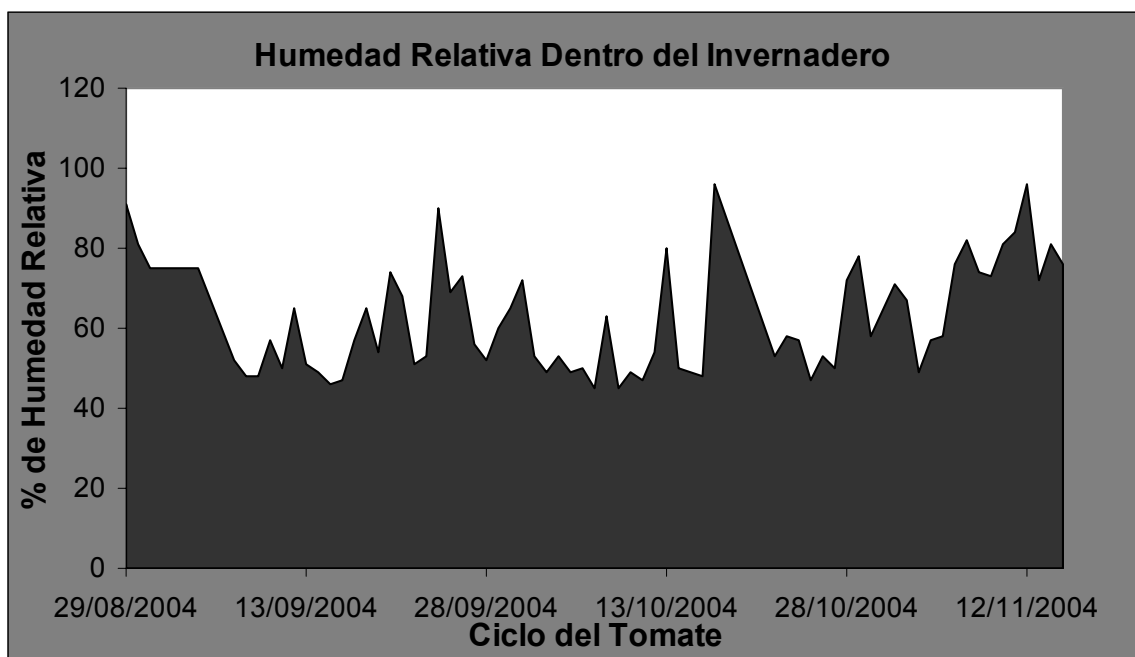




Figura 9.- Valores de humedad relativa tomadas a las 2:00 pm dentro del invernadero. 29 Agosto 2004 al 15 de Noviembre 2004.

Las temperaturas que se registraron a las 2:00 pm dentro del invernadero, se comportaron dentro del rango óptimo como menciona Alpini (1999), de 18 – 26 °C y se ve gráficamente reflejado en la figura 10.

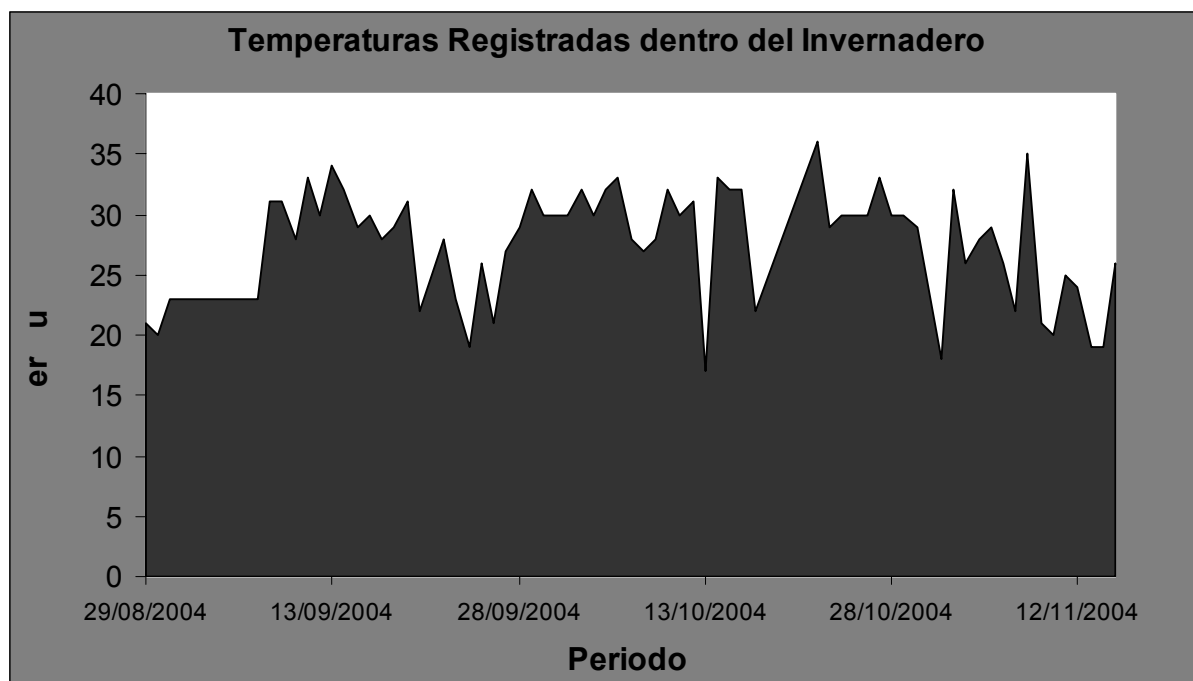


Figura 10.- Comportamiento de las temperaturas tomadas a las 2:00 pm durante el ciclo del cultivo del tomate. 29 Agosto 2004 al 15 de Noviembre 2004.

Cuadro 36.- Lecturas tomadas de pH y CE del drenaje de los 3 tratamientos en diferentes fechas.

<b>20-Septiembre-04</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>
Fibra de coco	7.5	2.1
Perlita + peat moss (solución recirculada)	8.5	3
Perlita + peat moss (solución perdida)	7.1	3.7

<b>28-October-04</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>
Fibra de coco	2.8	6.8
Perlita + peat moss (solución recirculada)	4.8	10.9
Perlita + peat moss (solución perdida)	5.7	3.6

<b>17-Noviembre-04</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>
Fibra de coco	6.3	2.9
Perlita + peat moss (solución recirculada)	4.4	11.43
Perlita + peat moss (solución perdida)	6.4	2.9

<b>22-Noviembre-04</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>
Fibra de coco	6.9	2.9
Perlita + peat moss (solución recirculada)	5.8	6.2
Perlita + peat moss (solución perdida)	7.1	2.6

<b>20-Septiembre-04</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>
Fibra de coco	2.3	5
Perlita + peat moss (solución recirculada)	5.3	9.8
Perlita + peat moss (solución perdida)	2.1	5

Cabe resaltar que Sonneveld y Van der Burg (1991), citado por Urrestarazu (2000), concluyen que las producciones van disminuyendo a medida que aumentaba la CE, y por el contrario, la mayoría de los aspectos de calidad de los frutos mejoraban al aumentar la CE. Por lo que Zekki et al (1996), citado por Urrestarazu (2000), concluye que cuando el seguimiento se hace exclusivamente por pH y CE el crecimiento y productividad del cultivo del tomate con solución recirculante se ven disminuidos, esto ha llevado a algunos autores como Sonneveld y Straver (1994) citado por Urrestarazu (2000), a experimentar con éxito y recomendar diferentes equilibrios nutricionales en la solución de fertirrigación para el caso de la solución nutritiva aplicada a un sistema abierto o cerrado.