

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Sustratos en la Producción del Cultivo de Fresa Establecido en el  
Sistema NGS® (New Growing System)

Por:

**VICENTE RODRÍGUEZ ZÁRATE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Sustratos en la Producción del Cultivo de Fresa Establecidos en el  
Sistema NGS® (New Growing System)

Por:

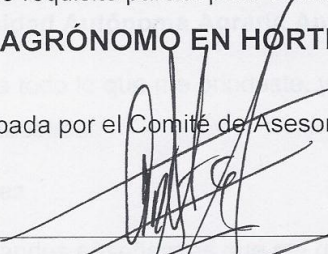
**VICENTE RODRÍGUEZ ZÁRATE**

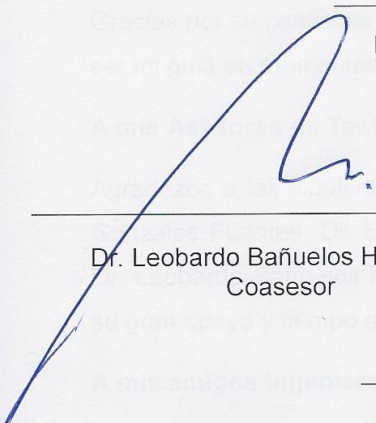
TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Asesor Principal

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coasesor

  
Dr. Emilio Rascón Alvarado  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

Te agradezco Dios, porque día a día me llenaste de bendiciones, me diste fuerza para seguir adelante, y cada que te necesitaba estabas ahí para escucharme.

### **A mi Familia.**

A mis Padres y hermanas, por su apoyo incondicional, sus sabias palabras y consejos, los cuales me guiaron siempre por el buen camino, dándome el mejor ejemplo para luchar por mis sueños, siendo ellos el motivo de mi éxito.

### **A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.**

Te llevare en lo alto, gracias a todo lo que me brindaste, y a las grandes enseñanzas y ejemplos de mis queridos Maestros.

### **Al Dr. Ricardo Requejo López**

Gracias por su confianza y grandes enseñanzas que me deja, también agradezco por ser mi guía en momentos esenciales en mi carrera.

### **A mis Asesores de Tesis.**

Agradezco a las siguientes personas, Dr. Ricardo Requejo López, Dr. José Antonio Gonzales Fuentes, Dr. Edmundo Peña Cervantes, Dr. Emilio Rascón Alvarado y al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera y a la Laboratorista Martina de la Cruz Casillas por su gran apoyo y tiempo que me brindaron para poder realizar este trabajo.

### **A mis amigos Ingenieros.**

Julian Pérez Cervantes, Guillermo Orozco Cruz, Juan Manuel Macías Encarnación, Francisco Cisneros Paniagua, Marcos Gabino Anaya Orea, Guadalupe Alejandro Quezada Solís. Gracias por su gran apoyo, sus buenos consejos y motivación para seguir luchando por mis sueños.

## DEDICATORIA

A mis padres Vicente Rodríguez Durán y Blanca Estela Zárate Alcocer, y a mis hermanas Blanca, Ana Claudia, María Fernanda, Aracely y Alejandra.

Y familia.

# INDICE GENERAL

	Pagina
AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE CUADROS .....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO .....	2
HIPÓTESIS .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 CULTIVO DE LA FRESA.....	4
2.1.1 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA .....	5
2.1.2 TIPOS DE VARIETALES .....	7
2.1.2.1 CAMINO REAL .....	7
2.1.2.2 FESTIVAL .....	8
2.2 SUSTRATO .....	9
2.2.1 ESPACIO POROSO TOTAL.....	11
2.2.2 CAPACIDAD DE AIREACIÓN .....	11
2.2.3 RETENCIÓN DE AGUA .....	12
2.2.4 AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE .....	13
2.2.5 DENSIDAD APARENTE .....	13
2.2.6 DENSIDAD REAL.....	14
2.2.7 ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS .....	14

2.2.8 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO .....	15
2.2.9 PH.....	15
2.3 PERLITA.....	16
2.4 FIBRA DE COCO.....	17
2.5 NEW GROWING SYSTEM .....	19
2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA NGS®.....	20
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1 ESTABLECIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	23
3.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NGS®.....	24
3.4 TRASPLANTE .....	25
3.5 MATERIAL VEGETAL.....	26
3.6 SUSTRATO .....	26
3.7 RIEGO .....	26
3.8 LABORES CULTURALES.....	27
3.8.1 PODA .....	27
3.8.2 POLINIZACIÓN.....	27
3.8.3 CONTROL DE PLAGAS.....	28
3.8.4 REPELENTES.....	29
3.8.5 SUBLIMACIÓN DE AZUFRE ELEMENTAL .....	29
3.9 VARIABLES EVALUADAS DEL FRUTO .....	30
3.9.1 PESO TOTAL DE FRUTOS POR PLANTA (PTFP).....	30
3.9.2 LONGITUD POLAR (LP) .....	30
3.9.3 DIÁMETRO ECUATORIAL (DE).....	30
3.9.4 FIRMEZA DEL FRUTO (FF). .....	31
3.9.5 SOLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST) .....	31
3.9.6 ACIDEZ TITULABLE (AT).....	31
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	32
3.11 INDICADORES DE CALIDAD DE FRUTA .....	33
3.11.1 TAMAÑO DE LA FRUTA .....	33

3.12 ANÁLISIS DE BENEFICIO/COSTO .....	33
3.12.1 FORMULACIÓN Y COSTOS DE MEZCLAS DE SUSTRATOS .....	34
3.12.2 COSTOS POR SOLUCIÓN NUTRITIVA .....	35
3.13 CONDICIONES AMBIENTALES .....	36
3.13.1 HUMEDAD RELATIVA .....	36
3.13.2 TEMPERATURA .....	37
3.13.3 DÉFICIT DE PRESIÓN DE VAPOR .....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	40
4.1 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA .....	40
4.2 VARIABLES DE RENDIMIENTO EVALUADAS.....	41
4.2.1 PESO TOTAL DE FRUTOS POR PLANTA (PTFP).....	41
4.2.2 LONGITUD POLAR (LP).....	45
4.2.3 FIRMEZA DE FRUTO (FF) .....	46
4.2.4 DIÁMETRO ECUATORIAL (DE) .....	48
4.2.5 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST) .....	50
4.2.6 ACIDEZ TITULABLE (AT) .....	52
4.2.7 GRÁFICAS DE MEDIAS DE LAS VARIABLES EVALUADAS DE ACUERDO A CADA SUSTRATO .....	55
4.3 GASTO TOTAL POR TRATAMIENTO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA (SN).....	57
4.4 PESO TOTAL DE FRUTOS POR PLANTA, POR TRATAMIENTO Y POR SUSTRATO. ....	57
V. CONCLUSIONES .....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	59
VII. LITERATURA CITADA .....	60

## INDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 3.1</b> Diseño experimental .....	23
<b>Cuadro 3.2</b> Intervalo de D.E. en base a Normas de calidad .....	34
<b>Cuadro 3.3</b> Precio por Litro de sustratos .....	34
<b>Cuadro 3.4</b> Relación de costos por mezcla de sustrato .....	34
<b>Cuadro 3.5</b> Costo por Litro (L) de mezcla de cada sustrato .....	35
<b>Cuadro 3.6</b> Análisis de costos de Solución Nutritiva 1 “La Molina” .....	35
<b>Cuadro 3.7</b> Análisis de costos de Solución Nutritiva 3 “La Florida” .....	36
<b>Cuadro 3.8</b> Análisis de costos de Solución Nutritiva 3 “California” .....	36
<b>Cuadro 4.1</b> Cuadrados medios y prueba de F de los análisis de varianza para fresa establecida en un sistema hidropónico NGS®.....	40
<b>Cuadro 4.2</b> Gasto Total por Tratamiento de Solución Nutritiva (SN) .....	57
<b>Cuadro 4.3</b> Peso total de frutos por planta, por tratamiento y por sustrato .....	57



## INDICE DE FIGURAS

	Pagina
<b>Figura 2.1</b> Planta de fresa (Thomé 1885).....	6
<b>Figura 3.1</b> Localización del área experimental.....	22
<b>Figura 3.2</b> Diseño de la Celosía NGS®.....	24
<b>Figura 3.3</b> Diseño del trasplante.....	25
<b>Figura 3.4</b> Paquete de control biológico.....	28
<b>Figura 3.5</b> Sublimación de Azufre.....	29
<b>Figura 3.6</b> Humedad Relativa (%) del aire dentro del invernadero.....	37
<b>Figura 3.7</b> Temperatura (°C) del aire dentro del invernadero.....	38
<b>Figura 3.8</b> Déficit de presión de vapor (DPV).....	39
<b>Figura 4.1</b> Cuadro de medias Peso Total de Frutos por Planta (PTFP) expresada en gramos de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	43
<b>Figura 4.2</b> Longitud Polar (LP) expresada en centímetros de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	46
<b>Figura 4.3</b> Cuadro de medias Firmeza de fruto (FF) expresado en kilogramos de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	48
<b>Figura 4.4</b> Cuadro de medias Firmeza de fruto (DE) expresado en centímetros de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	50
<b>Figura 4.5</b> Cuadro de medias Solidos Solubles Totales (SST) expresado en °Brix de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	52
<b>Figura 4.6</b> Cuadro de medias de Acidez Titulable (AT) de acuerdo a 3 soluciones	

nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.....	54
<b>Figura 4.7</b> Grafica de medias de las variables evaluadas por sustrato donde A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato.....	55
<b>Figura 4.8</b> Grafica de Medias de las variables evaluadas expresadas por cada Sustrato.....	56
<b>Figura 6.1</b> Multibanda NGS®.....	59

## RESUMEN

En el presente experimento se evaluó el comportamiento del cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo ambiente protegido, el cultivo se estableció en un sistema hidropónico cerrado NGS® (New Growing System). Se tuvieron 24 tratamientos generados por un factorial 3\*2\*4 con 3 tipos de soluciones nutritivas adaptadas de acuerdo al agua de riego, 2 variedades comerciales de fresa (Camino Real y Festival), 2 tipos de sustratos con diferentes mezclas, lo cuales incluían Fibra de Coco y Perlita con diferentes proporciones teniendo un sustrato tipo A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita, D= sin sustrato, solo SN y con 6 repeticiones cada tratamiento. Los tratamientos se arreglaron en un diseño experimental de bloques completos al azar. Las variables evaluadas fueron: peso total de frutos por planta (PTFP), longitud polar (LP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza del fruto (FF), sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT). El análisis de varianza y la prueba de medias indicaron que hubo diferencia significativa. La mezcla de Sustrato tipo a=25% Fibra de coco 75% Perlita fue el que ofreció a la planta mejores condiciones para su desarrollo y rendimiento. La variedad Camino Real tuvo más altos resultado que la Festival teniendo un mayor rendimiento y tamaño de fresa, pero dando como resultado la variedad Festival con mayor firmeza y más dulce.

Palabras clave: Sustrato, cultivo de fresa, New Growing System

Tesis: Vicente Rodríguez Zárate email: [uaaaniahvrz@hotmail.com](mailto:uaaaniahvrz@hotmail.com)

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día se piensa que la técnica del cultivo sin suelo, la cual incluye a los sustratos, es una forma de producción moderna, sin embargo, ésta es una técnica que data desde aproximadamente 4000 años (Raviv y Lieth, 2008). De acuerdo con Burés (1997), el desarrollo de los sustratos hortícolas tuvo su origen en el cultivo en contenedor o maceta.

El cultivo en hidroponía requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo y lograr un aumento en la producción. Uno de los principales factores que determinan el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato o medio de crecimiento (Cabrera, 1999; Howard, 1998; Morel *et al.*, 2000; Pastor, 2000).

El sustrato debe ser químicamente inerte y debe permitir un máximo crecimiento y desarrollo radicular, para lograr establecer una planta vigorosa (Resh, 1995; Rodríguez *et al.*, 2004).

Las propiedades físicas que usualmente se determinan en los sustratos son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas (Pastor, 2000). La solución nutritiva (SN) consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la SN (Steiner, 1968). (Lara, 2000).

En México la fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) se cultiva en 13 estados. Durante el 2011, la superficie sembrada de fresa fue de 7 mil ha con un volumen de producción de 230 mil toneladas; y durante el 2013, la superficie sembrada fue de 8.6 mil ha y un volumen de producción de 378 mil toneladas (SAGARPA-SIAP 2015).

Una alternativa para el mejoramiento en la productividad es el uso del nuevo Sistema de Cultivos (NGS®) por su nombre en inglés NEW GROWING SYSTEM, el cual consiste en una simple tecnología de cultivos sin suelo con circuito cerrado, en que la solución nutritiva es reciclada. El sistema (NGS®) se adapta perfectamente a la mayor parte de los cultivos hortícolas u ornamentales más importantes, que hoy en día se cultivan en forma hidropónica. En donde la producción y calidad solo se puede obtener mediante el uso de sistemas de cultivos en los que todo esté perfectamente controlado. En este sentido el uso de (NGS®) representa una alternativa en el establecimiento del cultivo especialmente el de Fresa pues permite a los agricultores controlar fácilmente el suministro de nutrientes, mediante el ajuste de la concentración de la solución nutritiva (Caruso *et al.*, 2011).

Existe una gran problemática en el campo agrícola, que son afectados por diversos factores como la industria, la erosión, el uso inapropiado de los suelos agrícolas, el uso excesivo de fertilizantes y productos agroquímicos, la contaminación de mantos acuíferos. La demanda de productos agrícolas sigue cada día en aumento, por eso se han tomado diversas técnicas para la producción de estos, y uno de ellos es el uso de sustratos en la agricultura.

Por lo anterior se plantea lo siguiente:

## **Objetivo**

Evaluar diferentes mezclas de sustratos Fibra de coco y Perlita, para la producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*) establecidos en el sistema New Growing System (NGS®).

## **Hipótesis**

Los diferentes sustratos empleados, así como las diversas soluciones nutritivas aplicadas provocaran rendimientos particulares en las dos variedades de fresa estudiadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo de la Fresa

La fresa es una planta dicotiledónea del género *Fragaria* (*Fragaria* spp., del latín *fragans*, oloroso) perteneciente a la familia de las *Rosáceas*.

Su taxonomía completa es:

- Reino: *Plantae*
- Subreino: *Embryobionta*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Subclase: *Rosidae*
- Superorden: *Rosanae*
- Orden: *Rosales*
- Familia: *Rosáceas*
- Subfamilia: *Rosoideae*
- Tribu: *Potentilleae*
- Subtribu: *Fragariinae*
- Género: *Fragaria*

La fresa que normalmente se comercializa (fresón) es híbrido de *Fragaria* x *ananassa*, con caracteres intermedios entre *Fragaria chiloensis* y *F. virginiana*. Es robusta (10-40 cm), con rizomas muy ramificados y sin estolones o con estos muy cortos, hojas verde oscuro, coriáceas, de haz galbro y envés peloso. El pericarpio, de 20-50 mm, es subcónico, de un rojo intenso brillante, a veces rosado o de un rojo pálido, que se separa con dificultad del talamo (Navarro y Muñoz-Garmendia, 2005).

### 2.1.1 Morfología de la planta

La fresa es una planta perenne de pequeño porte, que se reproduce de manera sexual o asexual (mediante el desarrollo de estolones). Aunque tradicionalmente se considera como planta herbácea, no es tal, sino que en la realidad se trata de una especie leñosa y perenne con las mismas o similares pautas fisiológicas de los árboles y arbustos frutales de hoja caduca (López-Aranda, 2008).

Su ciclo de vida es corto (de doce a veinte semanas de generación). El tallo está comprimido en una roseta basal y corona, de la que surgen las hojas en muy estrechos intervalos, trifoliadas dentadas de haz glabrescente y envés con pelos aplicados, cuyos peciolo pueden alcanzar los 20cm de altura (Figura 2.1).

En las axilas de las hojas se desarrollan yemas o meristemas axilares. Estas yemas dependiendo del estado nutricional y de las condiciones ambientales, evolucionan de diferente manera: Permanecen aletargadas o desarrollan estolones, ramas o escapos florales. Los estolones, o tallos rastreros, producen raíces adventicias, de las que pueden surgir eventualmente nuevas plantas. Se produce sexualmente mediante la formación de inflorescencias generalmente hermafroditas, pequeñas, encima dicásial o monocásial, de pétalos blancos y receptáculo amarillo. Los receptáculos terminan desarrollando poliaquenos o eterios que contienen los verdaderos frutos (aquenos) en su superficie. Los eterios, denominados fresa, son ovoides o subglobosos, jugosos, dulces y muy aromáticos, con aquenos de 0.6-1.5 mm, glabros, no hundidos de alveolos del pseudocarpo. El fruto de la fresa pertenece a la categoría de los climatéricos, por lo que no completará su madurez comercial una vez recolectado. La forma y tamaño de los frutos es una característica varietal, aunque los factores ambientales afectan a gran medida de este carácter (Navarro y Muñoz, 2005).





**Figura 2.1** Planta de fresa (Thomé 1885)

A) Corona, B) Zona radicular, C) Hoja trifoliar, D) Escapo floral, E) Fruto maduro, F) Estolón, 1) Botón floral cerrado 2) Botón floral abierto 3) Flor con corte trasversal 4) Androceo 5) Gineceo 6) Aquenio

## 2.1.2 Tipos de varietales

Las variedades de fresa se clasifican en variedades de día corto y neutro. Las primeras forman sus brotes en invierno, cuando los días se hacen cortos y las temperaturas bajan. Las variedades de día corto florecen en primavera y empiezan a producir fruta en esta época. Por su parte, las variedades neutrales son insensibles a la longitud del día y producen fruta en la temporada en que las temperaturas bajan de noche a 15.5°C.

### 2.1.2.1 Camino Real

La variedad “Camino Real” con la patente EEUU PP13079 P2, variedad de día corto, muestra un hábito de crecimiento muy compacto, con fruta mayormente simétrica-cónica de muy buena calidad con un buen rendimiento. 'Camino Real' es moderadamente susceptible a la mancha foliar común (*Ramularia tulasnei*) y un tanto sensible a Oidio (*Sphaerotheca macularis*). Es muy resistente a la marchitez por *Verticillium* (*Verticillium dahliae*) y pudrición de la corona *Phytophthora* (*Phytophthora cactorum*), y relativamente resistente a la pudrición de la corona Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*). Cuando se trata adecuadamente, tiene tolerancia a los ácaros de dos manchas (*Tetranychus urticae*).

Producción de fruta de primera calidad superior a Camarosa y Gaviota. Planta pequeña y erecta, cual permite grandes densidades de plantación y facilita la recolección. Fruta muy resistente a daños por lluvia y sin problemas de polinización, es decir, el porcentaje de deformación es muy bajo. Buena adaptación a las condiciones climáticas y de manejo de Huelva.

Variedad de día corto que inicia su producción un poco más tarde que Camarosa. Los rendimientos medios de Camino Real son superiores a aquellos de Camarosa y Gaviota y su porcentaje de fruta de segunda calidad considerablemente más bajo. Las plantas de Camino Real son pequeñas, compactas y fáciles de manejar, su fruta es grande (similar a Camarosa), firme y con color interno y externo más oscuro que Camarosa.

La planta de Camino Real es pequeña y erecta, lo que permite grandes densidades de plantación y facilita la recolección del fruto. Produce fruta muy resistente a daños por lluvia y no presenta problemas de polinización, lo que significa que el porcentaje de deformación de fruta es muy bajo. Camino Real resiste enfermedades importantes del suelo, como *Phytophthora*, *Verticillium* y antracnosis; también es tolerante a araña roja, *Xanthomonas* y a manchas comunes de la hoja.

### **2.1.2.2 Festival**

La variedad “Festival” con la patente EEUU PP14739 P2 es un cultivar día corto de planta vigorosa que tiene una tendencia a producir numerosos estolones en el campo de la fructificación. Se distingue por su producción de fruta que son sabrosas, tejido carnosos firme, de color rojo oscuro en el exterior y de color rojo brillante en el interior, de forma cónica, y tienen grandes cálices vistosas que se adjuntan a pedicelos largos. “Festival” es susceptible a la pudrición de la fruta antracnosis (causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds), *Colletotrichum* pudrición de la corona (causada por *Colletotrichum gloeosporoides* Penz.) y mancha angular (causada por *Xanthomonas fragariae* Kennedy & King), susceptible a *Botrytis* pudrición de la fruta (causada por *Botrytis cinerea* Pers.ex Fr.) y menos susceptibles al Oidio (causada por *Macularis Sphaerotheca* [Wallr. ex Fr.] Jacz. f. sp. *fragariae*). Susceptibilidad relativa a la araña de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch).

Al considerar el rendimiento que ofrece la variedad de fresa Festival (13 mil 240 kilogramos por hectárea), y un precio de venta de 15 pesos por kilogramo de fruta fresca se obtiene un ingreso de 198 mil 600 pesos; si los costos de producción ascienden a 114 mil pesos por hectárea, la relación beneficio-costos es de 1.74, lo que significa que por cada peso invertido el productor gana 74 centavos. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa (CVTTS, A. C. 2010).

## **2.2 Sustrato**

Un sustrato es un material sólido simple o mezcla de materiales simples, de origen natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que se utiliza para producir plantas o cultivos en contenedores, donde cumple funciones de soporte, de aireación y de retención y aporte de agua, pudiendo o no intervenir en el proceso de nutrición mineral de las plantas o cultivos” (Volke, 2010).

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo in situ, 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 (Urrestarazu, 2004).

El mejor sustrato variará en cada caso, de acuerdo con algunos factores como tipo de material vegetal, especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma del contenedor. Según Van Os (1999b) el sustrato debe ser de bajo costo, tener una duración de 3-4 años, poseer propiedades físicas constantes durante su uso y que sean seguros y reciclables.

De acuerdo con Abad *et al.* (2005), el término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o

residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el proceso de nutrición mineral de la planta. Agregan Calderón y Cevallos (2003) que el empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva es la base del cultivo hidropónico y que los materiales probados en laboratorio y en cultivos comerciales han sido muchos. No siempre han respondido positivamente desde los puntos de vista técnico y económico.

En adición, los sistemas de cultivos en sustratos pueden funcionar como sistemas abiertos, a solución perdida, no recirculante, o como sistemas cerrados, con recirculación de las soluciones nutritivas (Urrestarázu, 2000).

La primera etapa del manejo de un sustrato en el cultivo sin suelo es su caracterización con objeto de conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las propiedades de los materiales son factores que determinan el manejo posterior del sustrato (Abad *et al.*, 2005).

En la renovación tecnológica y modernización de la actividad agrícola, los sustratos o medios de crecimiento tienen un papel fundamental en los viveros frutícolas, hortícolas, ornamentales y forestales (Pastor, 2000).

Abad y Noguera (2005) y Ansorena (1994) exponen que los valores óptimos de un sustrato expresados en valores porcentuales base volumen son: espacio poroso total (EPT) de 70, capacidad de aireación (CA) de 10, retención de agua (RA) de 50, materia orgánica (MO) superior a 80. Así mismo, la densidad aparente y densidad real deben ser menores a 0.4 y 1.0 g cm<sup>-3</sup>.

Abad *et al.* (2004), que las propiedades físicas de los sustratos son de primera importancia ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato. En contraste, las características químicas si pueden ser modificadas.

### **2.2.1 Espacio poroso total**

Es el volumen total del sustrato de cultivo no ocupado por partículas orgánicas ni minerales. Su nivel óptimo se sitúa por encima del 85 % del volumen del sustrato (Abad *et al.*, 1993). La caracterización del volumen poroso muestra que la porosidad puede ser intraparticular, cuando se refiere a los poros situados en el interior de las partículas del sustrato, o interparticular, cuando está constituida por los poros existentes entre las diferentes partículas. En el caso de porosidad cerrada, no existe comunicación entre los poros del interior de las partículas y los que están en el exterior, entre dichas partículas. En consecuencia, aquellos poros internos no influirán sobre la distribución del agua y el aire en el sustrato, siendo su único efecto el proporcionar ligereza al sustrato. Si, por el contrario, la porosidad es abierta, el agua puede circular por el interior de las partículas, pudiendo participar, en consecuencia en el aporte de agua a la planta. Por lo anterior, una alta porosidad total no indica por sí misma una buena estabilidad del sustrato, sino que es necesario conocer la relación entre la fracción de la porosidad que proporciona el agua y aquella que proporciona la aireación (Abad *et al.*, 1993).

### **2.2.2 Capacidad de aireación**

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 0.01 Mega pascal (MPa) de tensión, equivalente a la succión ejercida por una columna de agua de 10 cm. El nivel óptimo de la capacidad de aireación oscila en torno al 20 por ciento en volumen (Abad *et al.*, 1993). Si la textura y la estructura del sustrato son tales que la mayoría de los

poros permanecen llenos de agua después del riego, el suministro de oxígeno se verá reducido de modo severo, el CO<sub>2</sub> se acumulará en la rizósfera y se producirá una liberación de etileno con la presencia de pudriciones, esto resultará en una inhibición del crecimiento (Raviv *et al.*, 1986). La altura o profundidad del contenedor tiene un efecto marcado sobre el contenido en aire del sustrato. En este sentido Urrestarazu (2000), expone que cuanto más alto es el contenedor, mayor es el contenido en aire. Cuando se usan contenedores pequeños o poco profundos, son preferibles los sustratos de textura gruesa, que mantienen una aireación adecuada.

### **2.2.3 Retención de agua**

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene agua después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar usualmente a 0.01 MPa de tensión. El valor óptimo se ubica alrededor de 40 por ciento (Abad *et al.*, 1993). Los poros que se mantienen llenos de agua después del drenaje son los de menor tamaño. Es necesario, entonces, distinguir entre el agua retenida por el sustrato y que es accesible para la planta y el agua fuertemente retenida por dicho sustrato y que no es utilizable ya que la succión aplicada por las raíces no supera la fuerza con la que el agua es retenida por las partículas del sustrato. Por lo tanto, y en relación con los sustratos, lo que interesa es la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención total de agua (Ansorena, 1994).

## 2.2.4 Agua fácilmente disponible

Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión (mátrica), y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de columna de agua. Se requiere una tensión mínima de 10 cm (equivalente a 10 cm de altura del contenedor) para obtener un contenido mínimo de aire. El siguiente punto de importancia se refiere a las condiciones de humedad que no inhibirán el crecimiento vegetal. Abad *et al.*, (2005) indican que una tensión superior a 50 cm puede afectar desfavorablemente al crecimiento y desarrollo de las plantas.

## 2.2.5 Densidad aparente

Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato, es decir, incluyendo el espacio poroso entre las partículas.

La densidad aparente juega un papel importante, ya que los sustratos y los contenedores se transportan durante su manejo y manipulación, y, consecuentemente, su peso ha de ser tenido en cuenta. En adición, el anclaje de las plantas debería ser también considerado como un factor de importancia. En los invernaderos, donde el viento no es un factor limitante, la densidad aparente de sustrato puede ser tan baja como  $0.15 \text{ g cm}^{-3}$  (Abad *et al.*, 2005).



### **2.2.6 Densidad real**

La densidad real (de partícula) de un sustrato se define como la masa seca del material sin incluir el espacio poroso entre las partículas que compone dicho sustrato.

Es esta una propiedad que refleja muy poco las aptitudes de un material para ser utilizado como sustrato. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5-3.0 para la mayoría de los de origen mineral, mientras que los de origen orgánico presentan valores por lo regular menores a uno (Abad *et al.*, 2005).

### **2.2.7 Algunas propiedades químicas**

Las propiedades químicas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato: reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacciones de intercambio de iones (físico-química) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica). Los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen mayormente a la química de los sustratos, debido a la formación y presencia de las sustancias húmicas con el paso del tiempo (Abad *et al.* 2005).

## **2.2.8 Capacidad de intercambio catiónico**

La materia orgánica, especialmente las sustancias húmicas, contiene grupos funcionales cargados negativamente (carboxílico, fenólico, etc.), que son los responsables de la capacidad de los materiales orgánicos para retener los cationes en forma no lixiviable. Esta capacidad para adsorber cationes depende del pH: cuanto más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Algunos autores (Urrestarazu, 2000; Sonneveld y Welles, 1988) han indicado que los sustratos para el cultivo hidropónico de hortalizas deberían presentar una baja o nula capacidad de intercambio catiónico, es decir deberían ser químicamente inertes, con objeto de permitir un mejor control nutricional. Otros mencionan que si el cultivo es sometido a fertirrigación no permanente sino intermitente, conviene usar sustratos con un valor de 20 meq L<sup>-1</sup> considerado como valor moderado de capacidad de intercambio catiónico (Abad *et al.*, 2005).

## **2.2.9 pH**

El aprovechamiento de los nutrientes es afectado por el pH. Con un pH de 5.0 a 6.5, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de 5.0 se pueden presentar deficiencias de N, K, Ca, Mg y B, mientras que por encima de 6.5 puede disminuir el aprovechamiento de P, Fe, Mn, B, Zn y Cu (Escudero, 1993).

## 2.3 Perlita

La perlita es un sustrato mineral y químicamente inerte, originado tras someter a altas temperaturas a material silicio de origen volcánico, este se expande por deshidratación y da lugar a un material granulado de muy baja densidad aparente y biológicamente estéril (Moreno, 2004).

La granulometría con la que se presenta la perlita determina sus características físicas. Solo la densidad real es constante e independiente del tamaño de partícula, en el caso de la perlita oscila entre 2,4 y 2,6 g\*cm<sup>-3</sup> (Moreno, 2004).

La perlita, es otro mineral de origen volcánico, al calentarla a 760 °C la humedad que tiene atrapada en sus partículas es transformada a vapor, en este proceso se expanden, su peso específico es de 0.08 a 0.13 g\*cm<sup>-3</sup>; diámetro de 2 a 4 mm, la capacidad de retención de agua es de tres a cuatro veces su peso, no tiene capacidad para amortiguar el pH.

La perlita proviene de rocas volcánicas vítreas las cuales se han formado por enfriamiento rápido, constituyendo un material amorfo, que contiene de un dos a un cinco por ciento de agua combinada. En su tratamiento industrial se fragmenta en partículas de pequeño tamaño, se precalienta a 300-400°C y se deposita en hornos a 1000-1100°C durante un corto período de tiempo (cinco minutos). El agua combinada se evapora rápidamente, expandiéndose el producto (hasta 20 veces su volumen inicial) para formar un material fragmentado con una densidad aproximada de 125 kg\*m<sup>-3</sup>, cuando la roca original pesaba 1500 kg\*m<sup>-3</sup> (Bunt, 1988).

La perlita conforma una estructura celular cerrada. Su superficie es rugosa y contiene numerosas indentaciones, lo que le proporciona una gran área superficial y le permite retener agua en su superficie. Debido a esta estructura celular cerrada, el agua es retenida solamente en la superficie de las

partículas o en los poros existentes entre dichas partículas, siendo liberada a muy bajas tensiones. En consecuencia las mezclas de materiales con elevada proporción de perlita están usualmente bien aireadas y no retienen cantidades elevadas de agua. (Bunt, 1988). Afirman Abad *et al.* (1993) que el tipo de perlita que destaca en el comercio es el B-12, formado por fracciones finas, medias y gruesas (0-5 mm), que tiene una densidad 105-125 kg\*m<sup>-3</sup> y es inerte, con pH de neutro a ligeramente alcalino (7.0-7.5) y posee una capacidad de intercambio catiónico muy baja (0.15 meq 100 g<sup>-1</sup>).

La principal ventaja del cultivo en perlita, en comparación con otros sistemas de cultivo sin suelo, es la facilidad y sencillez para mantener un perfil de humedad casi constante a lo largo de la zona radical, con independencia del momento del día, las condiciones climáticas o el estado de desarrollo de la planta (Abad *et al.*, 2005).

## **2.4 Fibra de Coco**

La denominada “Fibra de coco” es un residuo orgánico agroindustrial de origen tropical, con una enorme potencialidad para ser utilizado como sustrato o componente de sustratos de cultivo. Se genera después de que el mesocarpio fibroso del fruto del coco (*Cocos nucifera*) ha sido procesado para extraer las fibras más largas, las cuales se destinan a la fabricación de cuerdas, tapetes, cepillos, etc. Este manejo industrial de la fibra de coco genera cantidades elevadas de polvo y fibras cortas consideradas subproducto que suele emplearse como componente orgánico sustitutivo de la turba *Sphagnum* en los medios de cultivo de las plantas en contenedor (Abad *et al.*, 2005).

Al igual que la turba, la fibra de coco, es un sustrato orgánico y biodegradable, aunque la velocidad de degradación es mucho menor que para la turba, por lo tanto es capaz de mantener sus características físicas iniciales

durante más tiempo. Desde que comenzó su utilización está dando muy buenos resultados (Ramos, 1993). López Medina *et al.* (2004), en sus trabajos de cultivo sin suelo con fresa obtuvieron los mejores resultados con fibra de coco.

La fibra de coco es un sustrato orgánico, por lo tanto, se descompone con el tiempo debido a la actividad biológica que se desarrolla en su seno. Dicha degradación obliga a renovar el sustrato normalmente cada dos años con el fin de evitar problemas de encharcamiento (Cánovas *et al.*, 1999).

El espacio poroso de la fibra de coco varía con la granulometría, pero en los tipos comerciales se sitúa entorno al 94-95%. Posee una gran capacidad de retención de agua, llegando incluso al 800% de su peso seco. Por otro lado, el pH del material oscila entre 5 y 6 dependiendo de su origen (Cánovas *et al.*, 1999). El parámetro clave en la calidad de la fibra de coco como sustrato para el cultivo sin suelo es la conductividad eléctrica, pudiéndose encontrar muestras en todo el mundo que varíen desde 0,39 hasta 6,77 dS/m (Abad *et al.*, 1996).

Respecto a los cultivos hortícolas, la mayoría de las investigaciones se han orientado a estudiar la germinación de semillas o la propagación vegetativa, y no tanto al crecimiento y desarrollo de la planta. Por otro lado, se tiene poca información sobre la fibra de coco como sustrato para la fresa. En varias investigaciones (Handreck, 1993; Meerow, 1994; Martínez *et al.*, 1996; García *et al.*, 2001) se ha comprobado que el polvo de coco tiene características físicas, químicas y biológicas adecuadas para ser usado como medio de cultivo.

La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad *et al.*, 1997).

López *et al.* (2005) después de evaluar el efecto de cuatro combinaciones de fibra de coco y tezontle, y sustrato comercial vermiculita sobre el crecimiento de dos genotipos de fresa ("Chandler" y "Oso grande"), en invernadero bajo condiciones hidropónicas, encontraron que las combinaciones influyeron en el

peso fresco y peso seco de raíz, corona y peciolo y hojas; así como en altura de planta y área foliar, y también observó un efecto negativo sobre el crecimiento de las plantas al incrementar las proporciones de fibra de coco en las 38 combinaciones elaboradas. La combinación que produjo efectos significativos positivos fue tezontle 75% más 25% fibra de coco.

En México no se ha caracterizado la fibra de coco a un nivel de detalle. Sin embargo, se han realizado las pruebas más fundamentales desde el punto de vista físico (Castellanos, 2004). El mismo autor señala que al aumentar el polvo en la muestra a analizar se reduce la densidad aparente y el espacio poroso total y se incrementa la retención de agua pero se reduce la capacidad de aireación. Informa además que el mezclar fibras cortas con polvos genera resultados diferentes en los análisis. 75 por ciento de polvo con 25 por ciento de fibra corta permitió tener valores porcentuales de 72 de retención de agua y una capacidad de aireación de 30 con un espacio poroso total de 97. Situación que no ocurre con el 100 por ciento de polvo, pues se reduce drásticamente la capacidad de aireación a un valor de 17%. En cuanto a las propiedades químicas de la fibra de coco, en condiciones vírgenes contiene una alta salinidad (4-7 dSm<sup>-1</sup> en extracto saturado) propiciada por cloruro de sodio, pero con un lavado se puede eliminar. Su capacidad de intercambio catiónico es de 60 a 117 meq/100g. Es un material muy estable, pues puede durar hasta tres años en explotación con la debida desinfección antes de cada cultivo (Castellanos, 2004).

## **2.5 New Growing System**

El sistema NGS®, es un método de cultivo "hidropónico recirculante especialmente indicado para cultivos hortícolas ya sean de pequeño o de gran porte.

Con el sistema NGS®, los cultivos se desarrollan dentro de un ambiente óptimo, donde reciben el agua, oxígeno y los nutrientes que estos necesitan.

Puede instalarse en cualquier lugar, sin tener en cuenta las características del terreno, ya sea al aire libre o bajo invernadero.

### **Ventajas de trabajar con NGS**

El modelo NGS®, es un completo sistema integrado, especialmente indicado para todo tipo de cultivos hortofrutícolas.

Con el sistema NGS se puede conseguir un mayor aprovechamiento de la superficie a cultivar, mayores densidades de plantación, un mayor número de ciclos de cultivo al año, realizar la recolección y plantación simultáneamente, precocidad en los cultivos, obtener productos de calidad, una mayor vida comercial de los productos y otras ventajas que el agricultor irá descubriendo con el paso del tiempo.

El sistema NGS, al trabajar en circuito cerrado, permite controlar en cualquier momento todos los parámetros, consiguiendo de esta forma importantes ahorros en agua, fertilizantes, fitosanitarios y en las labores agrícolas.

Es ligero, fácil de instalar y adaptable a cualquier tipo de terreno.

Todo esto hace que el sistema NGS sea sostenible, tecnológicamente eficiente y económicamente competitivo, para obtener una mayor productividad.

### **2.5.1 Descripción del Sistema NGS®**

El sistema NGS® consiste en una Multi-banda de polietileno, compuesta por varias capas a diferentes niveles, por donde se hace recircular la solución nutritiva. Estas capas, están intercomunicadas entre sí mediante unas perforaciones, bien en sus paredes o en el fondo, cuya misión es dotar de

espacio a la raíz para favorecer su crecimiento y conseguir la oxigenación de la solución nutritiva, pues se establece un circuito a diferentes niveles, es decir en cascada.

El tamaño y número de capas de la Multi-banda, está en función del tipo de cultivo. El polietileno está constituido con absorbentes UV, fabricadas con un aditivo negro totalmente opaco y otro blanqueante, mediante tecnología tricapa. Esto permite a la Multi-banda obtener unas muy buenas propiedades mecánicas así como una excelente resistencia a la fotodegradación gracias a su opacidad y al efecto reflectante de sus capas exteriores. Esta Multi-banda de polietileno tiene una garantía de 3 años contra la degradación del material pero se puede usar con seguridad por un número mayor de años tanto en exterior como en cultivo protegido.

NGS® es compatible con distintos tipos de sustratos como fibra de coco y perlita entre otros. La capacidad de la Multi-banda para albergar sustrato es menor que los sacos tradicionales. Este ahorro en sustrato además permite utilizar una estructura más ligera en comparación a otros sistemas de sustrato (New Growing System, 2014).

Sandoval et al. (2007), reportan que este sistema es una variante de la película nutritiva. La principal modificación incorporada es la inclusión de varias capas de plástico que permiten el movimiento de la solución nutritiva en cascadas y que evita la acumulación de la solución en los canales de plásticos debido al crecimiento de la raíz.

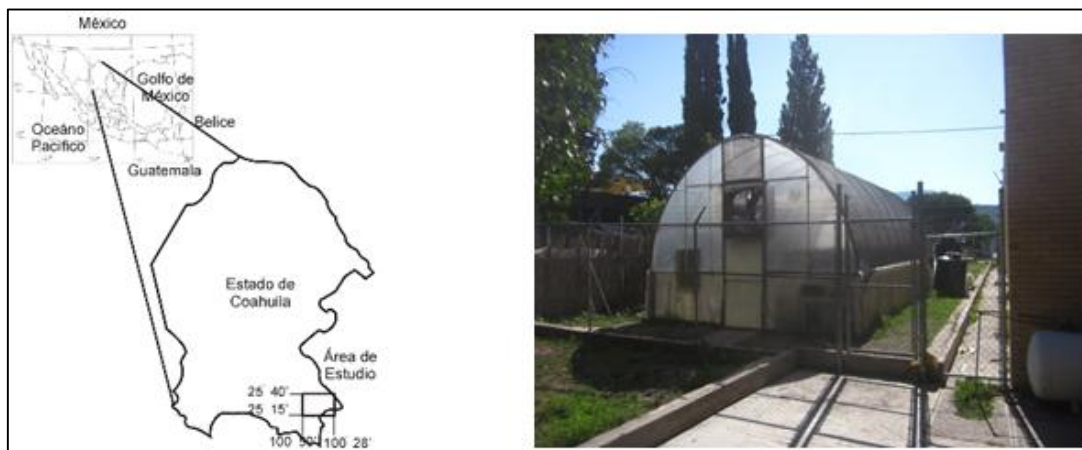


### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Establecimiento y seguimiento de la investigación

El presente trabajo de investigación se estableció en un Invernadero tipo túnel teniendo de superficie 50m<sup>2</sup> (5m de ancho por 10m de largo con una altura de 3.75m), este mismo cuenta con una cubierta de malla color negro la cual nos proporcionó 30% de sombreado, también cuenta con un extractor de aire caliente en la parte superior de uno de los extremos. Este se encuentra a un costado del Departamento de Ciencias del Suelo, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se localiza a 7 Km al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con una altitud de 1743 msnm, la temperatura media anual es de 19.8°C, con una máxima en los días cálidos de verano de 35°C, y en días de invierno las temperaturas rondan los 5°C.

El trabajo de investigación abarcó del 10 de abril del 2014 y el 10 de julio del 2014 con plantas de Fresa (*Fragaria x ananassa*).



**Figura 3.1** Localización del área experimental

### 3.2 Diseño Experimental

Las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) se establecieron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con la finalidad de evaluar los tres tratamientos generados por un factorial (3)(2)(4), es decir 3 soluciones nutritivas, 2 variedades, 4 medios de crecimiento y 6 repeticiones. Generando así 24 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, llegando a tener 144 plantas en el experimento.

**Cuadro 3.1** Diseño experimental

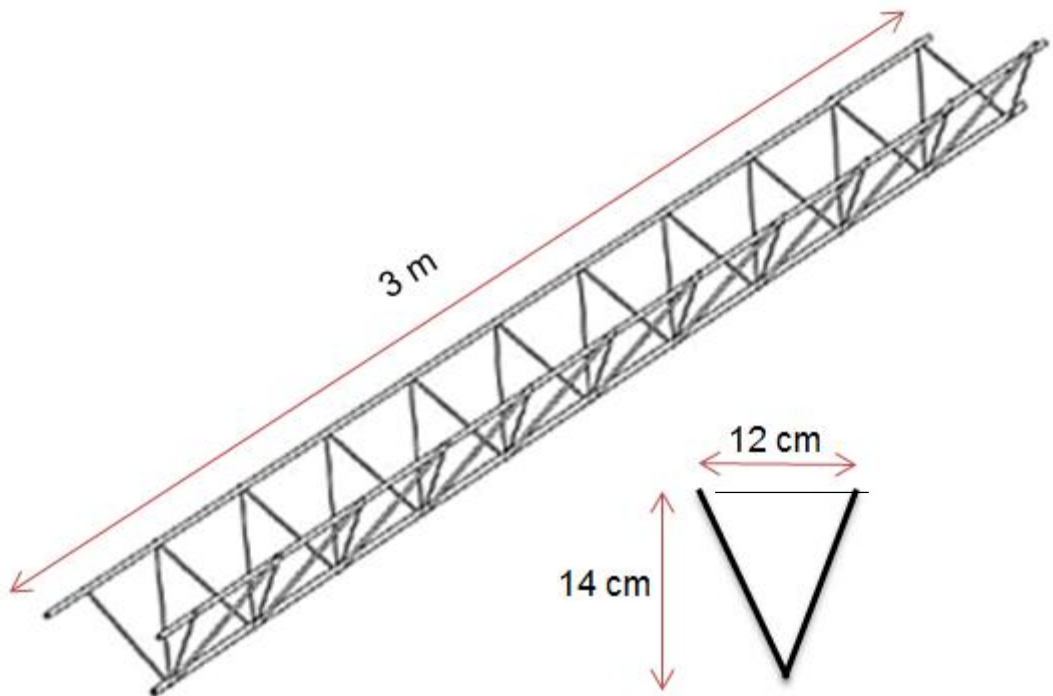
Solución Nutritiva	Variedad	Sustratos	Repetición	
SN	V	S	R	
1	1	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V1a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V1b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V1c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V1d
	2	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V2a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V2b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V2c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T1V2d
2	1	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V1a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V1b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V1c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V1d
	2	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V2a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V2b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V2c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T2V2d
3	1	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V1a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V1b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V1c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V1d
	2	a	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V2a
		b	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V2b
		c	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V2c
		d	R1, R2, R3, R4, R5, R6	T3V2d

Solución Nutritiva		Variedad		Sustrato	
1	Tipo La Molina	1	Camino Real		
2	Tipo La Florida	2	Festival	A	75% Perlita, 25% Fibra de Coco
3	Tipo California			B	50% Perlita, 50% Fibra de Coco
				C	25% Perlita, 75% Fibra de Coco
				D	Sin Sustrato

### 3.3 Instalación del sistema hidropónico NGS®.

Para la instalación del experimento se diseñaron Celosías, elaboradas con varilla y alambrión, estas se elaboraron de acuerdo a las medidas de la (Figura 3.2) La forma en que se empleó el sistema fue en forma suspendida, sujeta a la estructura de invernadero mediante cables de acero recubierto. Dejando así el sistema una altura máxima de 1.60 m y mínima de 1.54 m, con una pendiente del 2%.



**Figura 3.2** Diseño de la Celosía NGS®

Posteriormente se realizó la instalación de la Multi-banda dejando una longitud de 3 m. Se rellenó el primer nivel de la Multi-banda con las diferentes mezclas de sustratos de acuerdo al diseño experimental, posteriormente se

colocó la cintilla de riego y con clips de ensambló la Multi-banda a la Celosía, quedando por último la instalación del colector de drenaje a favor de la pendiente.

### 3.4 Trasplante

La Multibanda cuenta con perforaciones prefabricadas de acuerdo al cultivo, tratándose de la Fresa se encuentra cada 10 cm de distancia, y entre canaletas fue de 20 cm y entre calles era de 80 cm como se muestra en la (Figura 3.3).



**Figura 3.3** Diseño del trasplante

### **3.5 Material Vegetal**

Se trabajaron con dos cultivares de fresa ya estudiadas anteriormente Camino Real y Festival obtenida en Irapuato, Guanajuato, México. Las variedades de fresa Strawberry Festival y Camino Real son de las variedades más representativas en producción bajo condiciones de agricultura protegida, en los estados de Michoacán, Estado de México y Guanajuato (CONAFRE, 2013).

### **3.6 Sustrato**

Se utilizaron dos tipos de sustratos, los cuales fueron perlita y fibra de coco en diferentes proporciones, esto de acuerdo al diseño experimental, las proporciones fueron A= 75% perlita 25% fibra de coco, B=50% perlita 50% fibra de coco, C= 25% perlita 75% fibra de coco y D= sin sustrato.

El volumen de la Multi-banda es de 4.8 L por metro lineal, utilizando así 129.6 L de Perlita y 129.6 L de Fibra de coco, teniendo un total de 259.2 L de sustrato requerido.

### **3.7 Riego**

Se empleó una cintilla de riego por goteo. Los riegos fueron aplicados 8 riegos diarios con 8 minutos cada uno, en intervalos de 1.25 horas, y conforme se tuvo mayor crecimiento de raíz se aumentaron a 10 minutos el riego cada

1.25 horas. En cuanto a los tratamientos donde no se tenía sustrato, el riego siempre fue continuo. El sistema de riego era tipo cerrado, el cual el drenaje se captaba en toneles uno por cada tratamiento.

## **3.8 Labores culturales**

### **3.8.1 Poda**

La eliminación de partes vegetativas enfermas y ya en senescencia le proporcionan más fuerza y vigor las plantas, mejorado el desarrollo y la producción. Se eliminaron hojas amarillentas o en tonalidades pardas, necrosis y hojas viejas, ayudando así a la planta mejorando la ventilación. Se recomienda eliminar las primeras flores después del trasplante para darle vigor a la planta. La poda de estolones se realizó ya que estos consumen nutrientes esenciales para la producción.

### **3.8.2 Polinización**

Dentro del estudio se utilizó una colmena de abejorros (*Bombus terrestres*) para la polinización. La polinización de las flores de fresa mediante abejorros se presenta como una técnica adecuada (Medrano *et al.*, 2010).

Una polinización efectiva es un factor crítico en el éxito o falla de la producción de fresas en invernadero. No obstante que la polinización en fresas

puede acontecer por auto o polinización cruzada, es vital el asegurar la natural mediante el movimiento de aire o insectos tan pronto aparezcan las primeras flores. Los dos métodos más prácticos de promoverla son: abejas comunes, y abejorros, con preferencia por las primeras.

Los beneficios de la polinización natural para el usuario son:

- Ahorro de los costes de trabajo.
- Mejoras en la calidad del fruto.
- Aumento de la producción.
- Polinización menos dependiente de las condiciones climáticas.
- La reducción de la cantidad de polen en el invernadero proporciona un mejor ambiente de trabajo.

### 3.8.3 Control de plagas

Para combatir a las plagas se utilizaron insectos benéficos:

- *Aphidius colemani* parasita al pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)
- *Amblyseius swirskii* controla la población de mosca blanca (*Bemisia tabaci*)
- *Chrysoperla carnea* devora al pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*).
- *Eretmocerus eremicus* parasita mosca blanca (*Bemisia tabaci*)
- *Phytoseiulus persimilis* específico para la araña roja (*Tetranychus spp.*)
- *Orius laevigatus* ataca principalmente al trips (*Frankliniella occidentales*)



**Figura 3.4** Paquete de control biológico

### 3.8.4 Repelentes

Se aplicó extracto de Nim ( $1\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ ) como repelente ya que es una planta que posee tres sustancias (azadiractina, nimbina y salanina), cuya acción no es la de matar la plaga, sino afectar diferentes funciones y formas de comportamiento [Reyes y Del Real, 1998].

### 3.8.5 Sublimación de Azufre elemental

Se sublimó 0.2g de azufre al 99% de pureza en el invernadero por debajo de la temperatura de  $30^\circ\text{C}$ , como acaricida y fungicida, el azufre realiza su acción al estado de vapor, penetrando las células como resultado de la solubilidad en los lípidos de las paredes celulares del hongo (García, 1997). Su acción en varios sitios impide el desarrollo de resistencia en el hongo, como ha quedado demostrado por su uso en más de 100 años (Cruz, 1998).



**Figura 3.5** Sublimación de Azufre



### **3.9 Variables evaluadas del fruto**

En el análisis estadístico se registró la evaluación de las siguientes variables: Peso total de fruto por planta (PTFP), longitud polar (LP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza del fruto (FF), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT).

#### **3.9.1 Peso total de frutos por planta (PTFP)**

El peso total de frutos por planta se consiguió a los 122 días después del trasplante. Se cuantificó la producción por tratamiento usando una balanza electrónica marca OHAUS modelo LS2000 con capacidad de 200g.

#### **3.9.2 Longitud polar (LP)**

Para medir la longitud polar se obtuvo midiendo los puntos más altos verticalmente, las mediciones se realizaron con un vernier TRUPER.

#### **3.9.3 Diámetro ecuatorial (DE)**

El diámetro ecuatorial (valor más alto del fruto medido horizontalmente), se determinó con base en la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002. Las mediciones se realizaron con un vernier TRUPER.

**Cuadro 3.2** Intervalo de D.E. en base a Normas de calidad

Tamaño	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)		
	A	3,2	de
B	2,6	a	3,1
C	2,0	a	2,6
D	1,6	a	1,9

### **3.9.4 Firmeza del Fruto (FF).**

Para las mediciones de firmeza en el fruto se determinó con un penetrometro EXTECH modelo FHT200, usando la punta de 3 mm, El valor se reportó en  $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$  de deformación producida.

### **3.9.5 Solidos solubles totales (SST)**

Se determinó con un refractómetro de mano Marca ATAGO N-1E con una escala de 0 a 32%. Se seleccionaron frutos completamente rojos por nivel de cada tratamiento.

### **3.9.6 Acidez titulable (AT)**

Para las mediciones de acidez titulable se colocó 1 ml de jugo de fresas molidas aforado a 50 ml de agua destilada y se le adicionaron 2 gotas de fenolftaleína como indicador. Posteriormente se tituló con NaOH 0.1N hasta

obtener el primer cambio de color a rosa en la muestra. Se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron en (g) de ácido cítrico según la norma NMX-F-102-S-1978 utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{(V_{\text{NaOH gastado}}) (N_{\text{NaOH}}) (\text{meq}_{\text{ac. cítrico}}) (100)}{V_{\text{muestra}}}$$

El miliequivalente para el ácido cítrico es de: 0.064 g.

El ácido cítrico es el ácido orgánico principal en el fruto de la fresa (Estrada, 2011).

### **3.10 Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza como un factorial en bloques completamente a la azar con seis repeticiones. Se realizaron las pruebas de comparación de medias Tukey en el programa “Statistical Product and Service Solutions“(SPSS) versión 22.

## **3.11 Indicadores de Calidad de Fruta**

### **3.11.1 Tamaño de la fruta**

Con base en la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002, se determinó el tamaño de los frutos de fresa tomando en cuenta el diámetro ecuatorial (valor más alto del fruto medido horizontalmente). Las mediciones se realizaron con un vernier TRUPER digital estándar y milimétrico de 6" (150 mm).

Según la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002, los frutos se clasifican con base en los grados de calidad. Rangos ya mencionados en el punto **3.9.3 Diámetro ecuatorial (DE)**

## **3.12 Análisis de beneficio/costo**

Con precios de fertilizantes y de sustratos se realizaron análisis de beneficio/costo, para ello se adoptó el precio de mercado de \$27.54 pesos por kg de Fresa al mes de julio de 2014, así mismo un costo de por L de solución, donde Solución 1: \$27.54 Solución 2: \$28.76 y Solución 3: \$49.36 Para sustratos el precio en pesos por L fue: Sustrato A: \$1.175, Sustrato B: \$1.25, Sustrato C: \$1.325.

### 3.12.1 Formulación y Costos de Mezclas de Sustratos

**Cuadro 3.3** Precio por Litro de sustratos

SUSTRATOS			
	PRECIO/L	LITROS	
PERLITA	\$ 1.40	129.6	\$181.44
FIBRA DE COCO	\$ 1.10	129.6	\$142.56
			\$324.00

**Cuadro 3.4** Relación de costos por mezcla de sustrato

Análisis de Costos en Mezclas de Sustratos						
		LITROS		COSTO POR SUSTRATO		
TRATAMIENTOS		PERLITA	FIBRA DE COCO	\$ PERLITA	\$ FIBRA DE COCO	COSTO POR MEZCLA
A	25%FC-75%P	64.8	21.6	\$ 90.72	\$ 23.76	\$ 114.48
B	50%FC-50%P	43.2	43.2	\$ 60.48	\$ 47.52	\$ 108.00
C	75%FC-25%P	21.6	64.8	\$ 30.24	\$ 71.28	\$ 101.52
D	SIN SUSTRATO	0	0	\$ -	\$ -	\$ -

**Cuadro 3.5** Costo por Litro (L) de mezcla de cada sustrato

Tratamiento	Perlita	Fibra de Coco	Costo/L/P	Costo/L/FC	COSTO/L
A	0.75	0.25	\$ 1.05	\$ 0.28	\$ 1.33
B	0.5	0.5	\$ 0.70	\$ 0.55	\$ 1.25
C	0.25	0.75	\$ 0.35	\$ 0.83	\$ 1.18

### 3.12.2 Costos por Solución Nutritiva

**Cuadro 3.6** Análisis de costos de Solución Nutritiva 1 “La Molina”

SOLUCION 1 MOLINA					
Fertilizante	Formula	Unidad	Precio/Unidad	Kg	TOTAL
Acido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	L	\$ 15.05	294.36ml	\$4.43
Acido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	L	\$ 35.00	84.78ml	\$2.97
Acido Sulfurico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	L	\$ 20.50	35.44ml	\$0.73
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	Kg	\$ 18.400	590.85g	\$10.87
Nitrato de Calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 10.00	287.92g	\$2.88
Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 12.00	232.96g	\$2.80
Sulfato de Manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 2.00	1.54g	\$0.00
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Kg	\$ 84.00	2.86g	\$0.24
Molibdato de Amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 89.00	0.09g	\$0.01
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Kg	\$ 140.00	16.67g	\$2.33
Quelato de Cobre		Kg	\$ 135.00	1.11g	\$0.15
Quelato de Zinc		Kg	\$ 135.00	1.01g	\$0.14
					\$27.54

**Cuadro 3.7** Análisis de costos de Solución Nutritiva 2 “Florida”

SOLUCION 2 FLORIDA					
Fertilizante	Formula	Unidad	Precio/Unidad	Total	TOTAL
Acido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	L	\$ 15.05	179ml	\$2.69
Acido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	L	\$ 35.00	149ml	\$5.22
Acido Sulfurico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	L	\$ 20.50	25.82g	\$0.53
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	Kg	\$ 18.400	506.01g	\$9.31
Nitrato de Calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 10.00	162.84g	\$1.63
Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 12.00	184.5g	\$2.21
Sulfato de Manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 2.00	1.23g	\$0.00
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Kg	\$ 84.00	3.43	\$0.29
Molibdato de Amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 89.00	0.09g	\$0.01
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Kg	\$ 140.00	46.67g	\$6.53
Quelato de Cobre		Kg	\$ 135.00	1.11g	\$0.15
Quelato de Zinc		Kg	\$ 135.00	1.35g	\$0.18
					\$28.76

**Cuadro 3.8** Análisis de costos de Solución Nutritiva 3 “California”

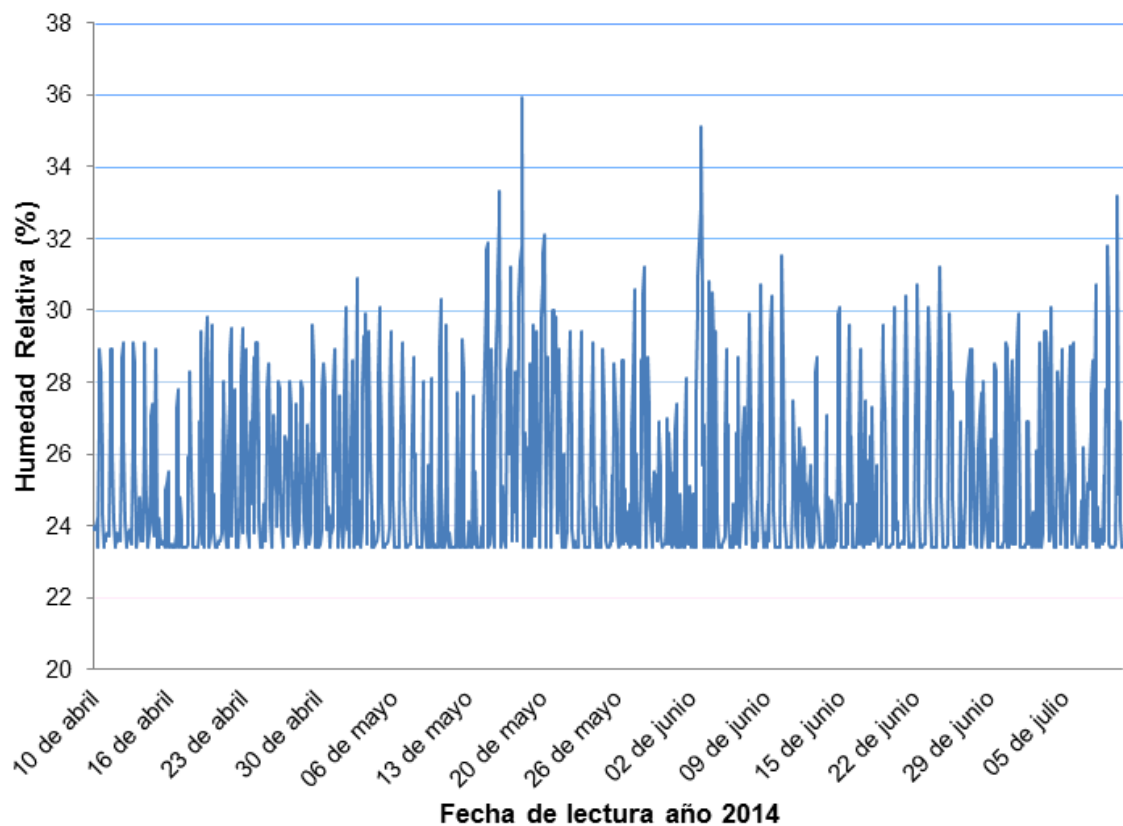
<b>SOLUCION 3CALIFORNIA</b>					
Fertilizante	Formula	Unidad	Precio/Unidad	Total	Total
Acido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	L	\$ 15.05	240ml	\$3.61
Acido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	L	\$ 35.00	116ml	\$4.06
Acido Sulfurico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	L	\$ 20.50	18ml	\$0.37
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	Kg	\$ 18.400	389g	\$7.16
Sulfato de Potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kg	\$ 150.00	180g	\$27.00
Sulfato de Manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 2.00	1.23g	\$0.00
Acido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Kg	\$ 84.00	3.43g	\$0.29
Molibdato de Amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Kg	\$ 89.00	0.09g	\$0.01
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Kg	\$ 140.00	46.67g	\$6.53
Quelato de Cobre		Kg	\$ 135.00	1.11g	\$0.15
Quelato de Zinc		Kg	\$ 135.00	1.35g	\$0.18
					\$49.36

### 3.13 Condiciones Ambientales

Se registraron cada dos horas la temperatura y la humedad relativa durante 122 días después del trasplante, utilizando la herramienta Data loggers (Hobo de Onset Computer Corp.) y con termómetro e higrómetro manuales.

#### 3.13.1 Humedad Relativa

Los valores obtenidos de la Humedad Relativa durante los 122 días del experimento (Figura 3.6) nos indican que se mantuvieron constantes, mostrando un valor máximo de 35.9% y con una valor mínimo de 23% dando esto un promedio de 25.22%.

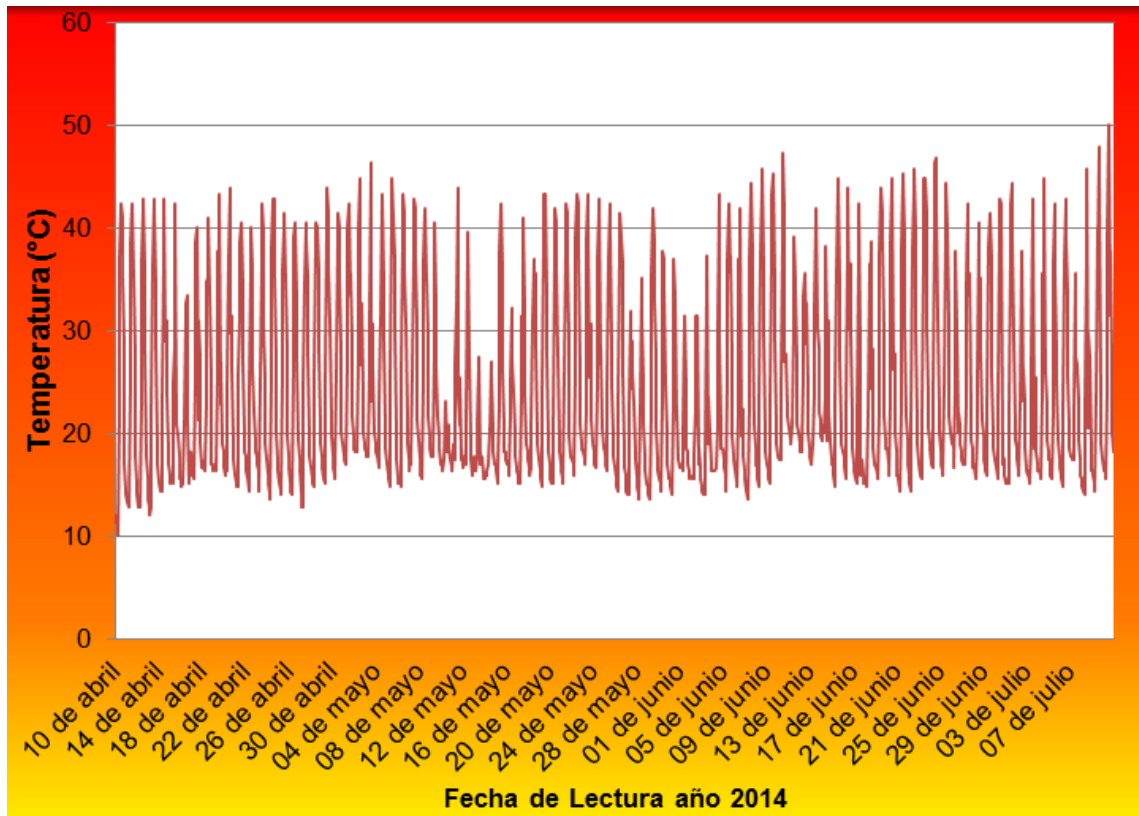


**Figura 3.6** Humedad Relativa (%) del aire dentro del invernadero

### 3.13.2 Temperatura

Los valores obtenidos durante los 122 días del experimento (Figura 3.7) nos indican la Temperatura del aire dentro del invernadero, fueron mínima de 10°C y máxima de 50°C.





**Figura 3.7** Temperatura (°C) del aire dentro del invernadero

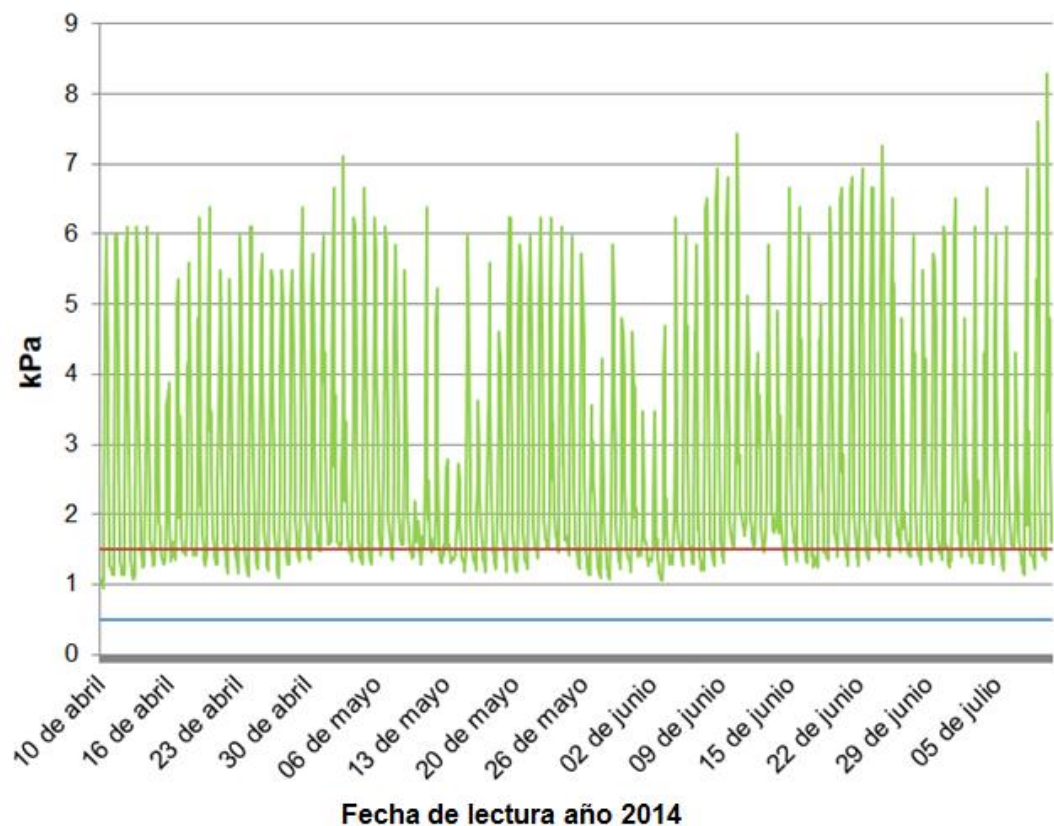
### 3.13.3 Déficit de presión de vapor

La transpiración de la planta aumenta a medida que disminuye la humedad relativa del aire a una temperatura dada, ya que la fuerza impulsora de la transpiración es la diferencia de presiones de vapor entre el agua de la hoja y el agua del aire (Anderson, 1982).

Aplicando la ecuación de (Rosenberg *et al.* 1983) la (Figura 3.8) muestra la diferencia de presión de vapor de agua (DPV), los cuales variaron de 1 a 8.2 kPa con una media de 4.6 kPa por lo que se recomienda mejorar las condiciones climáticas del invernadero, ya que a temperatura mínima de 10°C y

máxima de 50°C respecto a la humedad relativa promedio 25.22% da como resultado una DPV de 1.24 y 12.37 kPa respectivamente.

Requejo (2008) menciona que un intervalo comprendido entre 0.5 y 1.5 kPa (con valores de humedad entre 60 y 85%), a valores inferiores al rango, la planta tiene bajos niveles de transpiración asociados a excesos de humedad relativa, mientras que valores altos se asocian a condiciones de estrés hídrico a causa de una atmosfera aérea seca, provocando cierre de estomas. Afectando así el rendimiento de los cultivos, como se comprobó en el experimento, ya que el flujo del agua a través de la planta provocado por la transpiración, provee un buen sistema de transporte de minerales, que son absorbidos por las raíces y que se mueven en la corriente transpiratoria (Estrada, 2011).



**Figura 3.8** Déficit de presión de vapor (DPV)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1 Evaluación Estadística

En el siguiente (Cuadro 4.1) se presentan los cuadros medios y nivel de significancia correspondientes a las variables evaluadas en el experimento. En él se muestra que existe dentro de cada tratamiento diferencia altamente significativa en las variables, Peso Total de Frutos por Planta (PTFP), Diámetro Ecuatorial (DE) y en Firmeza del Fruto (FF). En cuanto a sustratos se encontró alta diferencia significativa para las variables PTFP y significativas en longitud polar (LP), diámetro ecuatorial (DE) y firmeza del fruto (FF). En el caso de Acidez Titulable (AT) las repeticiones reflejaron alta diferencia significativa.

El coeficiente de variación para PTFP, FF Y SST mostró una dispersión respecto a la media, ocasionada por el corte de la primera flor y el calibre de la corona era variable.

**Cuadro 4.1** Cuadros medios y prueba de F de los análisis de varianza para fresa establecida en un sistema hidropónico NGS®

FV	GL	PTFP	L	DE	FF	SST	GL	AT
T	2	4532.98**	0.55NS	2.06**	0.15*	3.39NS	2	0.0048NS
V	1	152708.36**	10.55**	4.19**	0.46**	193.65**	1	0.0222**
S	3	11520.6**	2.02*	1.17*	0.17*	7.89NS	3	0.0003NS
R	5	760.58NS	0.09NS	0.2NS	0.04NS	3.34NS	2	0.0264**
EM	132	669.67	0.64	0.27	0.04	3.38	63	0.0024
C.V		62.12	28.96	23.79	44.01	40.78		5.21

FV=Fuente de variación, T=Solución nutritiva, V=Variedad, S=Sustrato, R=Repetición, EM>Error de Muestreo, C.V=Coeficiente de Variación, GL=Grados de libertad, PTFP=Peso total de frutos por planta, L=Longitud polar, DE=Diámetro Ecuatorial, FF=Firmeza del Fruto, SST=Sólidos solubles totales, AT=Acidez Titulable \*\*=Altamente significativo al 0.01, \*=significativo 0.05, NS=No significativo.

## 4.2 Variables de rendimiento evaluadas

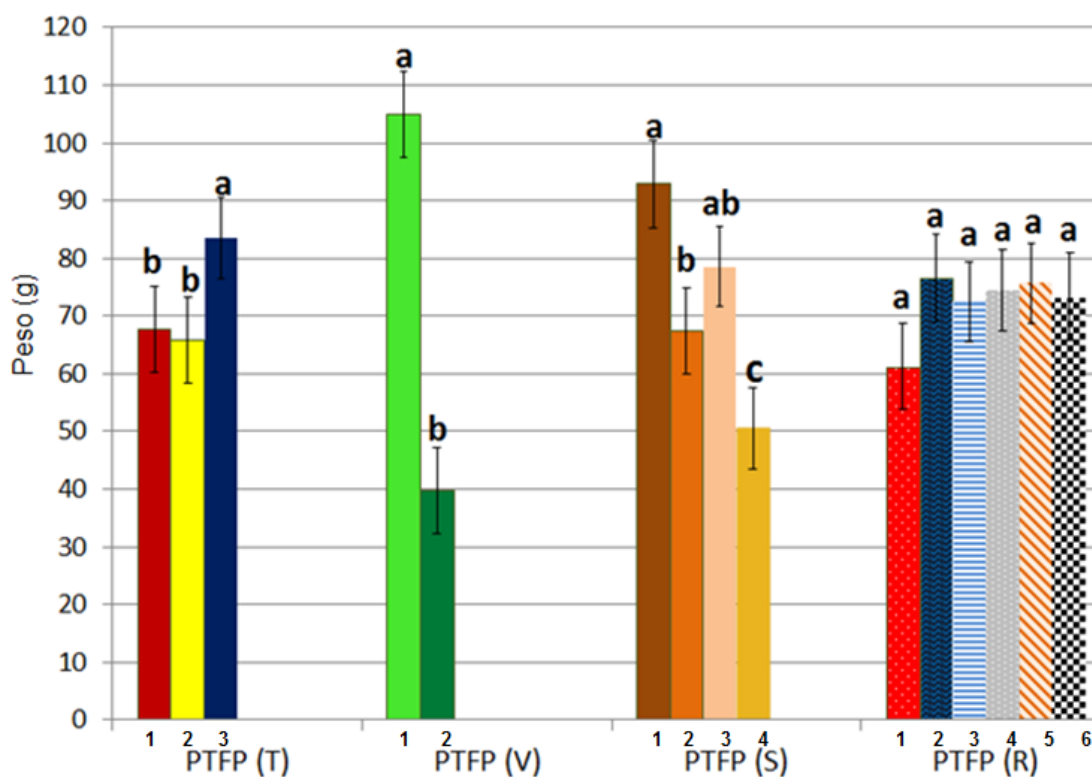
### 4.2.1 Peso total de frutos por planta (PTFP)

De acuerdo a los resultados obtenidos de las diferentes mezclas de sustratos, el análisis separó estadísticamente los resultados en 3 grupos “a”, “b” y “c”. De acuerdo a los resultados la mezcla “A” (25% Fibra de coco 75% Perlita) fue la que generó el valor más alto de peso fresco con  $92.83 \text{ g*planta}^{-1}$  (Figura 4.1) ubicándola en el grupo de las medias “a” superando en un 37% al valor del sustrato “D” (sin sustrato, solo SN). La mezcla de sustrato “C” provocó un valor medio entre los grupos “a y b”. Las propiedades físicas de los sustratos juegan un papel muy importante en las plantas manejadas en contenedor o canal, ya que estas estructuras, si el sustrato usado es muy fino con una partícula menor 0.5mm de diámetro, afectan negativamente el drenaje, ocasionando en consecuencia baja aireación radical y elevada capacidad de retención de humedad (Evans *et al.*,2009). Entre menos profundo sea el contenedor o canal, mayormente se afecta negativamente la aireación en las raíces, por lo que es necesario que la mezcla de sustrato tenga un tamaño de partícula grande de entre 1.5 a 2mm y así incrementar porosidad total y en consecuencia mejora el drenaje y la aireación radicular (Raviv *et al.*, 2002), aunque se reduzca la capacidad de retención de humedad, que se corrige incrementando el número de riegos. Las plantas de fresa requieren niveles de aireación en el sistema radical al de otras especies con valores de aireación efectiva de 13.5 a 25% (Bugbe and Frink 1985; Evans 2009, Evans and González-Fuentes 2013) que se obtienen con partículas de sustrato de tamaño entre 1.5 a 2mm. Esto puede explicar el por qué el sustrato “A” con mayor cantidad de perlita y en consecuencia mayor aireación radicular produjo los valores más altos.

Moroto y Galarza (1988) indicaron que a temperaturas mayores de 28°C las plantas de fresa se estresan y reducen notablemente la floración, lo que disminuye significativamente la producción de fresa, lo que explica la diferencia entre las variedades.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento la SN que generó más peso fresco con una media de 83.48 g\*planta<sup>-1</sup> (Figura 4.1), fue la que tuvo un valor en la relación K/N de 0.89 (solución 3 tipo California) el cual se acerca al nivel bajo del valor reportado como óptimo por Morgan (2000) y Ramírez (2011) que indican que para que los frutos de fresa obtengan un buen tamaño y rendimiento requieren de altos niveles de potasio con respecto a nitrógeno con un valor ideal en la relación de estos que va de 1 a 4. Lo que concuerda con Yágodin, (1986) citado por Villegas-Torres (2005), quien menciona que el papel esencial no lo juega la concentración absoluta de cada nutrimento, sino la relación mutua entre ellos. El análisis de la SN separó las medias de tratamientos en 2 grupos estadísticamente diferentes (Tukey p=0.05) "a y b", de los cuales la solución 3 tipo California anteriormente mencionada pertenece al grupo de medias "a" con el valor más alto en peso fresco de frutos superando con un 23.2% al grupo "b" donde pertenecen las SN 1 y 2.

Los resultados para las 2 variedades estudiadas mostraron 2 grupos “a” y “b” de separación de medias estadísticamente diferentes (Tukey  $p=0.05$ ), dentro de los cuales Camino Real (V 1) con una media de  $104.88\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$  pertenece al grupo “a” con el valor más alto superando en un 163% a la variedad Festival (V 2) grupo “b” que reportó una media de  $39.75\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ . Esto concuerda con Hartmann y Kester (2002) quienes reportan que variedades diferentes tienen rendimientos diferentes bajo las mismas condiciones de cultivo.



PTFP= Peso total de fruto por planta, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

**Figura 4.1** Cuadro de medias Peso Total de Frutos por Planta (PTFP) expresada en gramos de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.

Strik (1985) citado por Rodríguez (2010), indica que un rango de temperatura óptimo para el crecimiento y desarrollo para las plantas  $C_3$  es de 10 a 26°C. Johnson y Laksoq (1986) citados por Estrada (2011) mencionan que un rango de temperatura de 20°C y 35°C para la mayoría de las plantas  $C_3$  incrementa la importación y exportación de carbohidratos lo que refleja la acumulación de materia seca, ya que es una buena condición fotosintética. La disponibilidad de agua, las temperaturas nocturnas y diurnas, y la intensidad de la luz del día están relacionadas con el tamaño del fruto de la fresa (Ramírez, 2011).

De acuerdo a Wang y Camp (2000), señalan que durante el desarrollo vegetativo las plantas son sensibles a las temperaturas, si rebasan los 30°C el tamaño y peso de la fruta disminuyen, así como el crecimiento de la planta.

En base a lo citado, tenemos una respuesta por qué los rendimientos por planta son bajos en el experimento comparándolos en un área comercial donde la planta de fresa llega a producir 1kg por planta por ciclo teniendo las condiciones óptimas (Oliva 2013).

Lieten (2002) indicó que con un porcentaje de 65% a 75% de humedad relativa en invernadero se obtiene la máxima producción y tamaño del fruto. Urrestarázu (2004) cita a Tibbittis (1992) quien determina que una baja humedad relativa de cultivos se ve reflejada en una diferencia de la partición del Calcio y Boro provocando mala calidad del fruto. Por lo que un mal manejo de la humedad relativa, provocó quemaduras en la punta de las hojas emergentes como reportó Lieten (2002) y menciona que el mejor rango de humedad relativa para la fresa es de 65% a 75%. Lo que también explica el bajo rendimiento de nuestra planta.

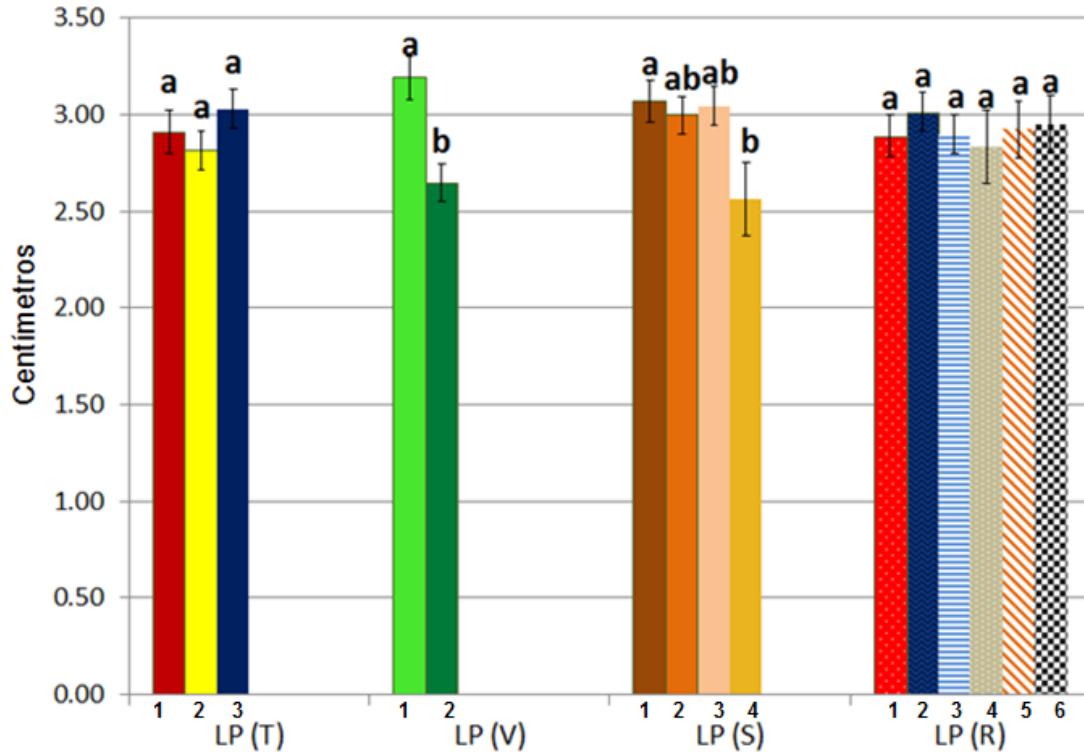
### 4.2.2 Longitud Polar (LP)

El análisis para las diferentes mezclas de sustratos separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a y b”. La mezcla de sustrato “A” (75% de perlita 25% fibra de coco) generó el valor más alto con 3.07 cm ubicándola en el grupo de medias “a” superando en un 19% al valor del sustrato “D” (sin sustrato, solo SN). La mezcla de sustrato “B” y “C” provocó un valor medio entre los grupos “a y b”. Al respecto, López y Cárdenas (2005) mencionan que a la mayor retención de humedad se reduce la aireación en la rizósfera que causa una disminución del crecimiento de la planta. Uno de los principales factores que determinan el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato o medio de crecimiento. Estudios preliminares (López y Cárdenas, 2005) permitieron observar que la planta de fresa tuvo un mejor comportamiento en la mezcla con mayor aireación de 89% lo que explica los resultados del experimento.

Conforme a los resultados que se obtuvieron en el experimento las soluciones nutritivas no reflejaron diferencia significativa.

Los resultados para las 2 variedades estudiadas mostraron 2 grupos “a” y “b” de separación de medias estadísticamente diferentes (Tukey  $p=0.05$ ), en los cuales Camino Real (V 1) con una media de 3.19 cm pertenece al grupo “a” con el valor más alto superando en un 19% a la variedad Festival (V 2) grupo “b” que reportó una media de 3.07 cm. Lo que concuerda con (Hancock, 1999) que comenta que el comportamiento de las plantas depende desde luego no solo del clima sino de la variedad.





LP= Longitud Polar, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

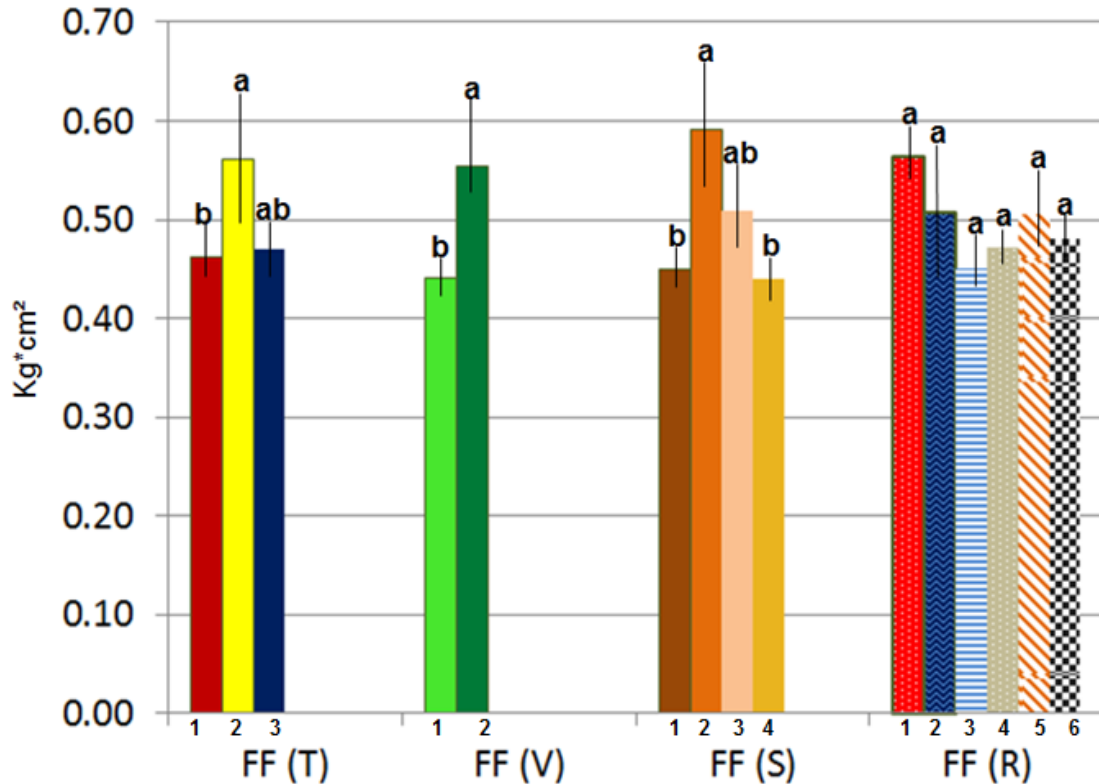
**Figura 4.2** Longitud Polar (LP) expresada en centímetros de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.

### 4.2.3 Firmeza de Fruto (FF)

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en el experimento las mezclas de sustratos se separan en 2 grupos “a” y “b”. El sustrato “B” (50%perlita 50% fibra de coco) con  $0.59 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$  que contaba con la CE más alta reportó el mayor valor medio de  $0.59 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$  y conformó el grupo “a” superando en un 34% al valor del sustrato “D” (sin sustrato, solo SN) y “A” (75% de perlita 25% fibra de coco). Lo que explica López (2006) que la firmeza del

fruto parece incrementar con la salinidad, aunque esto depende también del cultivar.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento la SN2 (tipo La Florida) generó más firmeza del fruto con una media de  $0.56 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ . (Figura 4.3) dicha solución aportó mayor concentración del elemento  $\text{Ca}^{2+}$ . Al respecto, (Demarty *et al.*, 1984) se refiere al  $\text{Ca}^{2+}$  como el mayor elemento estructural de la pared de la pared celular, éste mantiene la integridad de la membrana celular. La SN 2 (tipo La Florida) “a” superando con un 21% al grupo “b” SN1 (tipo california) ( $P=0.05$ ). El análisis para las diferentes variedades que separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b” Festival con un mayor valor medio de  $0.55 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$  superando con un 25 % al grupo “b” (Camino real (V1). La variedad Festival (V2) obtuvo fruto más pequeño ocasionando más firmeza por lo que (Aguilar, 2011) en plantas de fresa con deficiencia de fósforo, las flores y frutos tienden a ser más pequeñas de lo normal y los frutos de variedades susceptibles pueden desarrollar hasta albinismo.



FF= Firmeza de Fruto, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

**Figura 4.3** Cuadro de medias Firmeza de fruto (FF) expresado en kilogramos de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones.

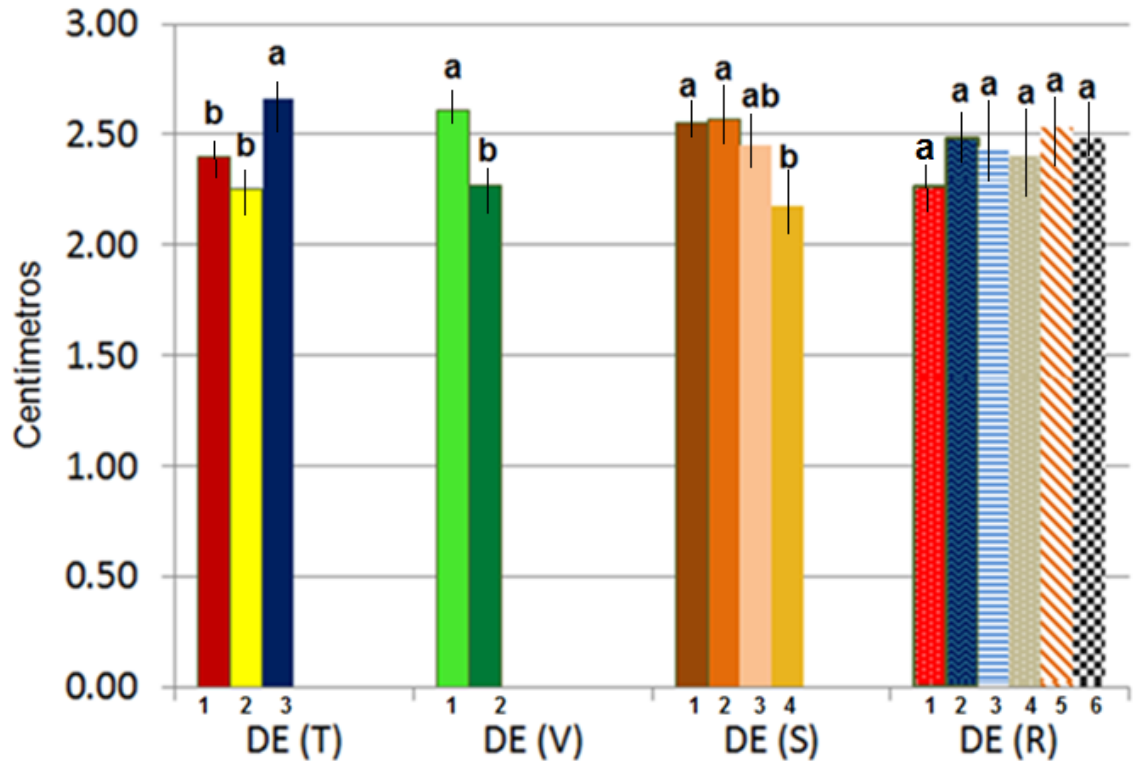
#### 4.2.4 Diámetro Ecuatorial (DE)

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en el experimento en las mezclas de sustratos se separó estadísticamente en 2 grupos “a” y “b”. La mezcla “A” (75% perlita 25% fibra de coco) y “B” (50% de perlita 50% fibra de coco) que contaban con el mayor porcentaje de aireación, resultaron con el mayor valor medio de 2.55 y 2.57cm, las cuales conformaron el grupo “a” superando en un 17% al valor del sustrato “D” (sin sustrato, solo SN). Lo que explica Urrestarazu (2004) que una adecuada oferta de oxígeno a la zona de

raíces es esencial para el crecimiento sano de la planta, ya que niveles bajos el metabolismo radical se inhibe, la absorción activa de nutrientes se reduce hasta un 50% y el crecimiento se ralentiza. Altas temperaturas en el ambiente afecta a la fresa negativamente al acortar el tiempo de maduración, la reducción del peso de las frutas frescas, y la reducción de diámetro de la fruta (Ledesma *et al.*, 2008).

El análisis para las diferentes soluciones nutritivas separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b”. La SN 3 (tipo California) con mejor conductividad eléctrica de  $1.7\text{mS}/\text{cm}^{-1}$  registró el mayor valor medio 2.66 cm ubicándolo en el grupo de medias “a” superado estadísticamente al grupo “b” con un 10.7%. De acuerdo a Barroso y Álvarez (1997) reportaron que fisiológicamente, el estrés osmótico derivado de una alta CE es un factor adverso que genera lesiones en las hojas y por lo tanto contribuye a un bajo desarrollo de la planta y del fruto.

Los resultados de las variedades se separaron estadísticamente en 2 grupos “a” y “b”. Camino Real (V1) obtuvo el mayor valor medio de 2.61 cm agrupándolo en el “a” superando con un 15% la variedad Festival (V2) la cual reportó una media de 2.27cm.



DE= Diámetro Ecuatorial, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

**Figura 4.4** Cuadro de medias Firmeza de fruto (DE) expresado en centímetros de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones

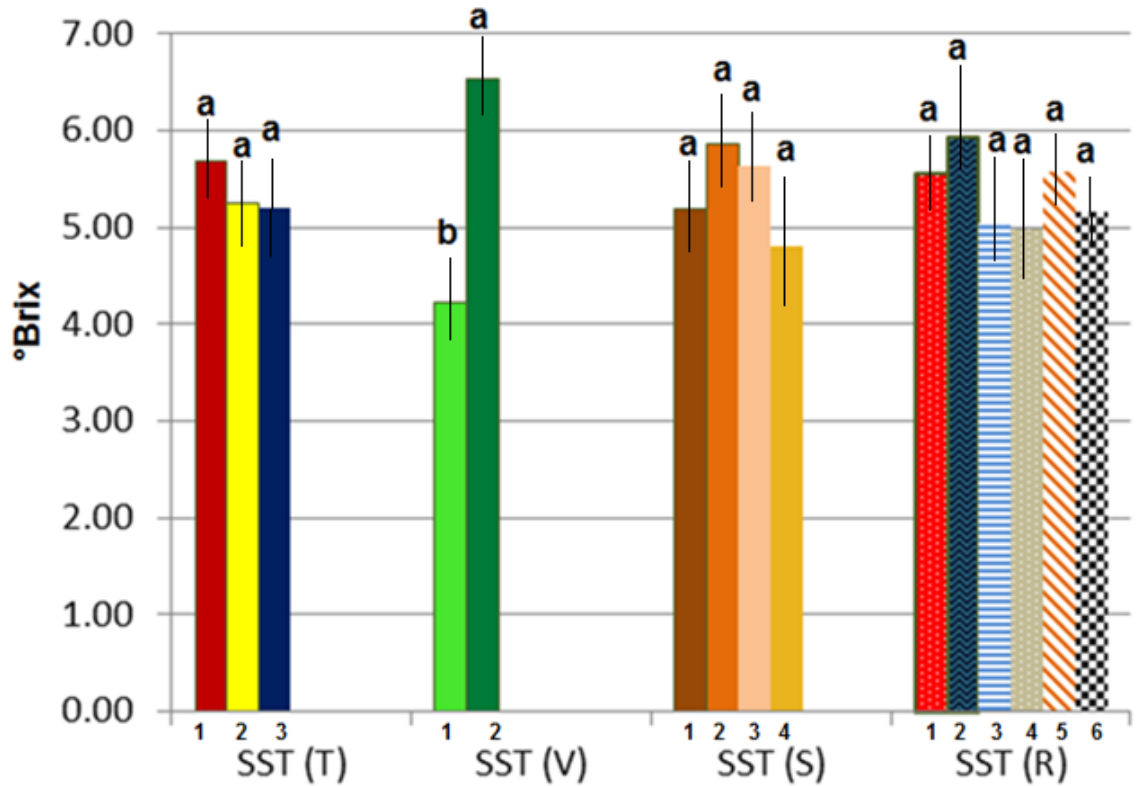
#### 4.2.5 Sólidos Solubles Totales (SST)

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el experimento para esta variable no cumplieron con la norma de un contenido de sólidos solubles mínimo de 7°Brix y una acidez titulable de 0.8% como máximo (Ramírez, 2011). El análisis para las diferentes variedades separo estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b”. Festival (V2) con un mayor valor medio de 6.53°Brix agrupándose en el conjunto “a” superando estadísticamente al grupo “b”, con un 55%, que lo conformó la variedad Camino Real (V1) (P=0.05). De

acuerdo a Estrada (2011) algunas de las variedades de fresa son menos vulnerables que otras a los daños causados por diversos factores que afectan el desarrollo de la fresa, lo que explica el mejor comportamiento de la variedad Festival. Por otra parte Haynes y Goh, 2008 mencionan que la mal relación de N y K tuvieron efectos variables sobre la acidez y el azúcar contenido en frutas y diferencias de año a año en los parámetros de calidad fueron generalmente mayores que los causados por adiciones de N, lo que explica el mayor contenido de °Brix de una variedad a otra.

Campos (2014) menciona que Wang y Camp (2000) reportan que el contenido de azúcares solubles es afectado por el estado de maduración, genotipo, origen geográfico y temperatura de crecimiento de la fresa. Por otra parte Nestby *et al.*, (2005) señalan que en un sistema hidropónico cerrado, una absorción excesiva de potasio reduce la calidad del fruto por bajo contenido de azúcares. En plantas con deficiencia de potasio, existen fallas al colorear el fruto y además toma textura pulposa e insípida.

En el análisis para las diferentes, soluciones nutritivas y mezclas de sustratos no existió diferencia de medias ( $P=0.05$ ).



SST= Sólidos Solubles Totales, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

**Figura 4.5** Cuadro de medias Solidos Solubles Totales (SST) expresado en °Brix de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones

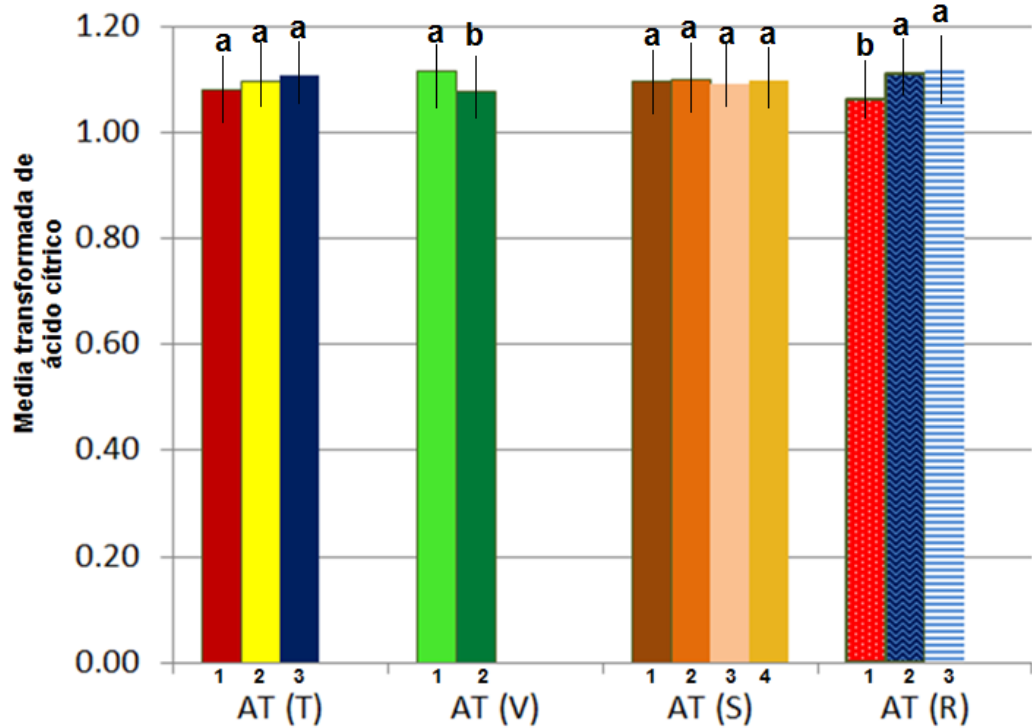
#### 4.2.6 Acidez Titulable (AT)

De acuerdo al análisis de varianza realizada con los datos transformados mediante el arco-seno de la raíz cuadrada del valor porcentual, los resultados para las diferentes variedades separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b”. Dentro de los cuales Camino Real (V 1) con una media de 1.12, lo que corresponde a un valor real de 0.20% de ácido cítrico, pertenece al grupo “a” con el valor más alto superando en un 3.7% a la variedad Festival (V 2) grupo “b” que reportó una media de 1.08. De acuerdo a Kafkas *et al.*, (2007)

afirman que la acumulación de ácidos orgánicos, ácido ascórbico y azúcares solubles depende de los genotipos.

Respecto a los resultados que se analizaron para repetición y bajo la circunstancias de la metodología de AT; al analizar la muestra por etapas y donde cada etapa se tomó como una repetición, se detectó que aumentó la acidez durante el experimento. Lo que explican Cantliffe *et al.*, (2007) quienes reportan que conforme la temperatura aumenta, se reduce el contenido de sólidos solubles y una acidificación en el fruto. El análisis para las diferentes, soluciones nutritivas y medios de cultivo no existió diferencia de medias ( $P=0.05$ ) para estos resultados de las 2 variedades se sobrepasó los límites aceptables que menciona Ramírez (2011), la cual el acidez titulable debe de ser como máximo 0.8 %.

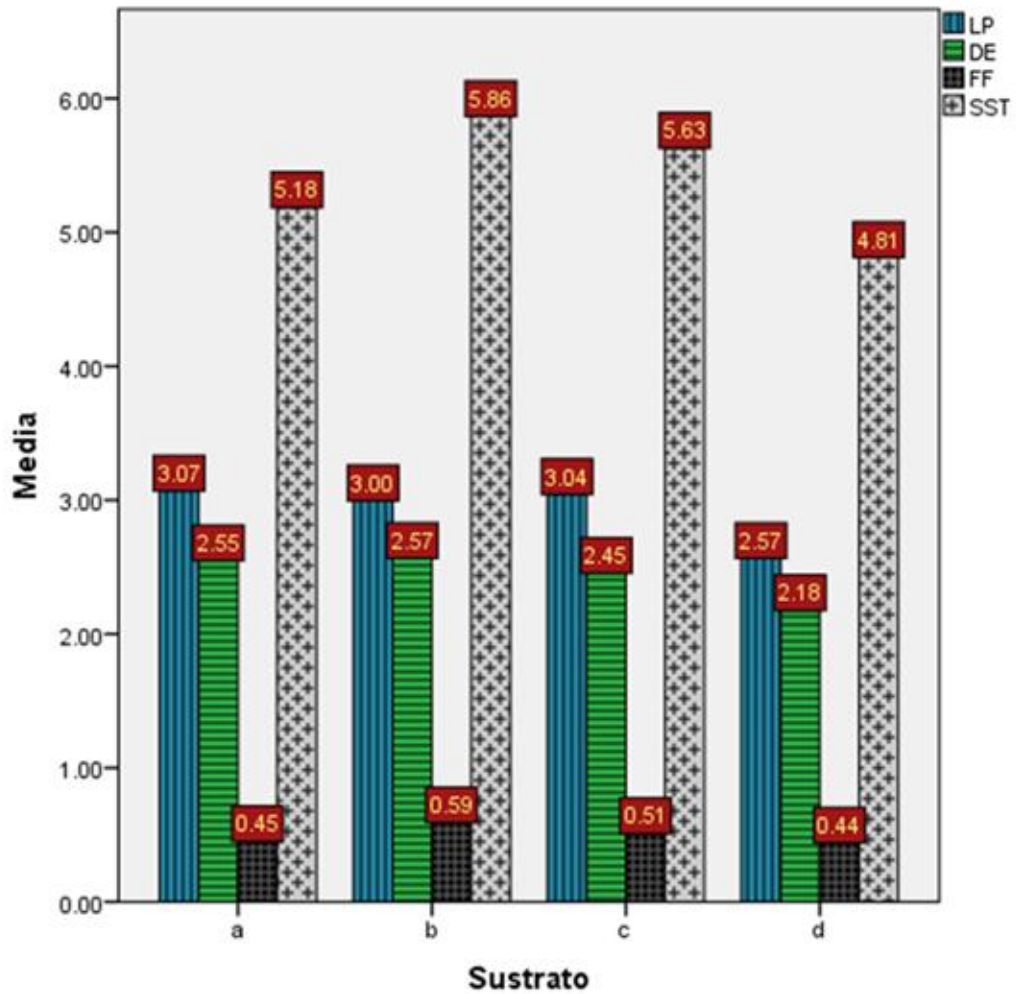




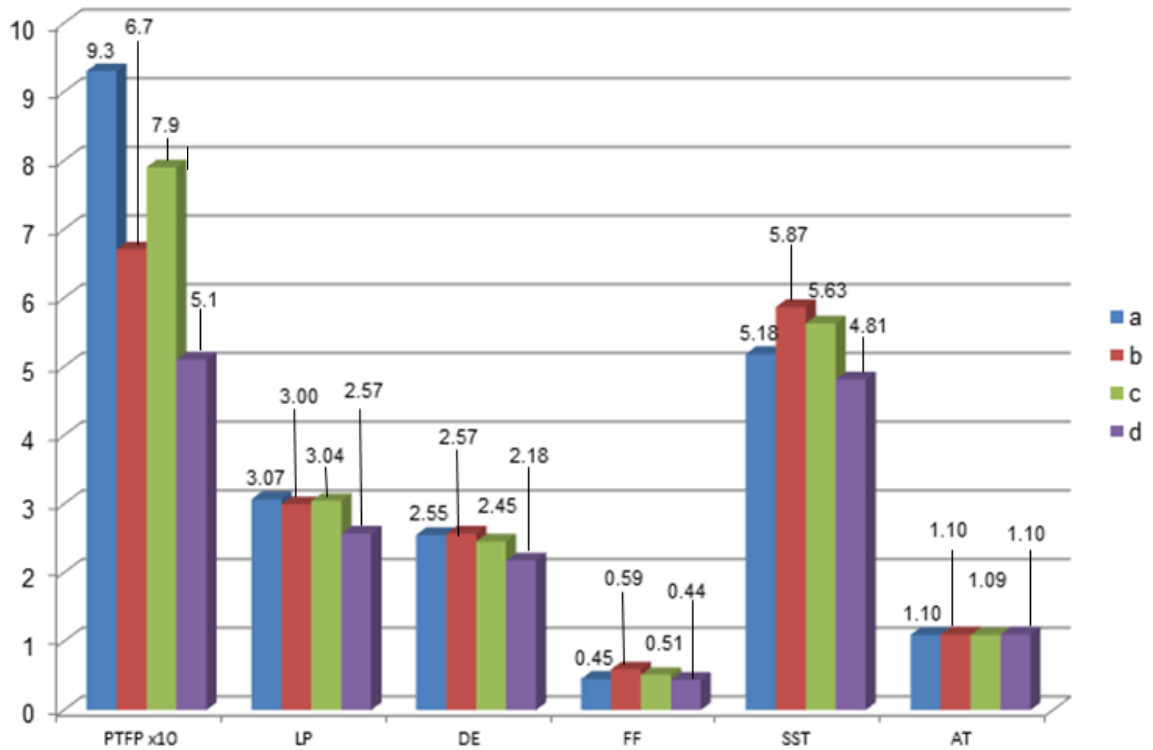
AT= Acidez Titulable, SN 1= Tipo la Molina, SN 2 = Tipo la Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2= Festival, A=25% Fibra de coco 75% Perlita, B= 50% Fibra de coco 50% Perlita, C= 75% Fibra de coco 25% Perlita D= sin sustrato, R= Repeticiones

**Figura 4.6** Cuadro de medias de Acidez Titulable (AT) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 Sustratos (S) con 6 repeticiones

#### 4.2.7 Graficas de medias de las variable evaluadas de acuerdo a cada Sustrato



**Figura 4.7** Grafica de medias de las variables evaluadas por sustrato donde **A**=25% Fibra de coco 75% Perlita, **B**= 50% Fibra de coco 50% Perlita, **C**= 75% Fibra de coco 25% Perlita **D**= sin sustrato



**Figura 4.8** Grafica de Medias de las variables evaluadas expresadas por cada Sustrato

Donde Peso Total de Frutos por Planta (PTFP), Longitud Polar (LP), Diámetro Ecuatorial (DE), Firmeza del Fruto (FF), Solidos Solubles Totales (SST), Acidez Titulable (AT), **A**=25% Fibra de coco 75% Perlita, **B**= 50% Fibra de coco 50% Perlita, **C**= 75% Fibra de coco 25% Perlita **D**= sin sustrato

### 4.3 Gasto Total por Tratamiento de Solución Nutritiva (SN)

**Cuadro 4.2** Gasto Total por Tratamiento de Solución Nutritiva (SN)

Tratamiento	Gasto de SN (L)
SN1	807.45
SN1 sin Sustrato	171.4
SN2	787.68
SN2 sin Sustrato	157.16
SN3	852.13
SN3 sin Sustrato	161.37

### 4.4 Peso total de frutos por planta, por tratamiento y por sustrato.

**Cuadro 4.3** Peso total de frutos por planta, por tratamiento y por sustrato

TRATAMIENTO	SUSTRATO	PTFP
SOL.1 M	A	1042.6
SOL. 2F	A	963.95
SOL. 3C	A	1335.8
SOL.1 M	B	259.5
SOL. 2F	B	725.2
SOL. 3C	B	879
SOL.1 M	C	135.6
SOL. 2F	C	972.2
SOL. 3C	C	1057.4
SOL.1 M	D	60.6
SOL. 2F	D	494.2
SOL. 3C	D	694.6

## V. CONCLUSIONES

Con la mezcla de sustrato tipo "A" (25% Fibra de Coco 75% Perlita) y utilizando la solución 3 "Tipo California" se obtuvo un alto rendimiento en peso fresco y calidad de frutos de fresa.

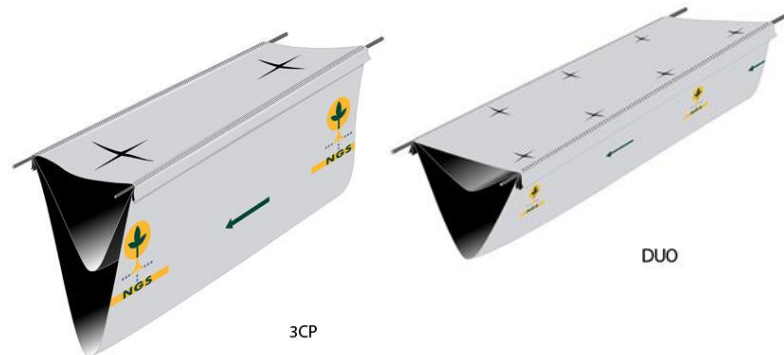
En cuanto a diámetro ecuatorial (DE), firmeza del fruto (FF) y sólidos solubles totales (SST), la mezcla de sustrato tipo "B" (50% Fibra de coco 50% Perlita) ocasionó los valores más altos en estas variables.

La variedad Camino Real fue superior a Festival ya que tuvo una mayor producción y un valor mayor en diámetro ecuatorial (DE) y longitud polar (LP).

## VI. RECOMENDACIONES

Tener en óptimas condiciones el ambiente dentro del Invernadero, con ayuda de Pared húmeda, extractor y malla sombra de acuerdo al requerimiento de sombreado del cultivo de fresa.

Existen varios modelos de Multibanda NGS® de acuerdo al cultivo que se va a establecer. En el presente experimento se utilizó un modelo 3CP, este se maneja más en cultivos de hoja ancha, y en el caso del cultivo de la Fresa se recomienda el modelo DUO.



**Figura 6.1** Multibanda NGS®

En este proyecto el riego se aplicó mediante cintilla, pero para un mejor desempeño se recomienda aplicar los riegos mediante riego dirigido poniendo un gotero auto compensable.

## VII. LITERATURA CITADA

**Abad et al., 1993.** Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. (01, Noviembre, 2015).

**Abad et al. (2004).** Sustratos orgánicos alternativos para la producción de tubérculos-semilla de papa en invernadero. Colegio de Posgraduados. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2255/1/Patron\\_Ibarra\\_JC\\_DC\\_Edafologia\\_2014.pdf](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2255/1/Patron_Ibarra_JC_DC_Edafologia_2014.pdf). Se consultó (31, Octubre, 2015).

**Abad et al., 2005.** Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. (01, Noviembre, 2015).

**Anderson, J. E. 1982.** Factors controlling transpiration and photosynthesis. J Ecol 63: 48-56.

**Arce. R. M. H. 2012.** Nutrición Silíceica en Fresa (*Fragaria ananassa*). Tesis de Maestría. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO. Chapingo, México. <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012100409127018.pdf> se consultó (06, Junio, 2015).

**Baixauli S. C y Aguilar O. J. M. 2002.** Aspectos Prácticos y Experiencias. Cultivos sin Suelo de Hortalizas. Serie Divulgación Técnica. Volumen 53. <http://www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n53.pdf> se consultó (03, Junio, 2015).

**Cabrera, 1999; Howard, 1998; Morel et al., 2000; Pastor, 2000.** Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en Hidroponía. Revista. Fitotecnia Mexicana. Vol. 28 <http://www.redalyc.org/pdf/610/61028211.pdf>, se consultó (24, Octubre, 2015).

**Calderón y Cevallos (2003).** Los sustratos. Dr. Calderón Laboratorios Ltda. Bogotá D.C., Colombia S.A.

[http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm) se consultó 30, Octubre, 2015).

**Caruso et al., 2011.** Sistema de Producción de Fresa de Altas Densidades. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. De México. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez\\_Gomez\\_H\\_MC\\_Edafologia\\_2011.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez_Gomez_H_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1) se consultó (03, Junio, 2015).

**Crespo E. C, Chulim A. C, Villa M. S, Montoya R. B, Bermúdez A. R y López P. J. 2013.** Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf> se consultó (04, Junio, 2015).

**Cruz, 1998.** Uso del azufre como fungicida en vides. Investigadora INIA Quilamapu. <http://www2.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/bioleche/BOLETIN49.pdf>. Se consultó (01, Noviembre, 2015).

**Domínguez. M. P. 2012.** Evaluación agronómica de selecciones avanzadas del Programa Nacional de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en diferentes sistemas de cultivo y valoración de parámetros de calidad del fruto. Tesis de Doctorado. UNIVERSIDAD DE CORDOBA. Córdoba <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/8275/2012000000639.pdf?sequence=1> se consultó (03, Junio, 2015).

**Domínguez. M. P. 2012.** Evaluación agronómica de selecciones avanzadas del Programa Nacional de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en diferentes sistemas de cultivo y valoración de parámetros de calidad del fruto. Tesis de Doctorado. UNIVERSIDAD DE CORDOBA. Córdoba. Se consultó (03, Junio, 2015).

**Escudero, 1993.** Producción de hortalizas bajo sistemas hidropónicos, técnica de la película de nutriente (NFT) y cama de agua. Universidad Autónoma de Chapingo. <http://chapingo.mx/suelos/tesis/tesis/218.pdf> se consultó (01, Noviembre, 2015).



**Lara H. A. 2000.** Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en Hidroponia. Universidad Autónoma de Zacatecas. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>, se consultó (04, junio, 2015).

**López. Aranda, 2008).** Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en fragaria diploide para la mejora del cultivo de fresa. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf.txt?sequence=2> se consultó (28, Octubre, 2015).

**López et al. (2005).** Combinación de sustratos y solución nutritiva en chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). Universidad Autónoma de Chapingo. <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2011061408126433.pdf> f. se consultó (01, Noviembre, 2015).

**López. P. L. 2005.** Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en Hidroponia. Revista. Fitotecnia Mexicana. Vol. 28 <http://www.redalyc.org/pdf/610/61028211.pdf>, se consultó (24, Octubre, 2015).

**Martínez. S. G; Mercado F. J; Orozco L. M; Prieto V. B. Z. s/f.** Propiedades Físicoquímicas de Seis Variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. <file:///C:/Users/work/Documents/A071.pdf>, se consultó (01, Junio, 2015).

**Navarro y Muñoz, 2005.** Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en fragaria diploide para la mejora del cultivo de fresa. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf.txt?sequence=2> se consultó (28, Octubre, 2015).

**Pastor. 2000.** Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado Lara, Venezuela. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tc5fLCy5\\_bUJ:www.scielo.org.ve/scielo.php%3Fpid%3DS1316-33612003000100007%26script%3Dsci\\_arttext+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tc5fLCy5_bUJ:www.scielo.org.ve/scielo.php%3Fpid%3DS1316-33612003000100007%26script%3Dsci_arttext+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx)

**Ramírez. G. H. 2011.** Sistema de Producción de Fresa de Altas Densidades. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. De México.  
[http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez\\_Gomez\\_H\\_MC\\_Edafologia\\_2011.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez_Gomez_H_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1) se consultó (03, Junio, 2015).

**Ramírez. G. H. 2011.** Sistema de Producción de Fresa de Altas Densidades. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. De México.  
[http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez\\_Gomez\\_H\\_MC\\_Edafologia\\_2011.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez_Gomez_H_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1) se consultó (03, Junio, 2015).

**Raviv y Lieth, 2008.** Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias  
<http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf> se consultó (04, Junio, 2015).

**Requejo, L. R. 2008.** Acondicionamiento Nutricional de Plántulas y Optimización de sustratos en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Monterrey, Nuevo León, México.

**Resh, 1995; Rodríguez et al, 2004** Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.  
[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46\\_Sistema\\_Columnas\\_Fresa.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46_Sistema_Columnas_Fresa.pdf) se consultó (03, Junio, 2015).

**Rodríguez D.E. 2014.** Tesis Doctoral Caracterización física, absorción de potasio y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*) por efecto del reúso del tezontle y perlita. Zapopan, Jalisco. Universidad de Guadalajara.

[http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5783/Rodriguez\\_Diaz\\_Eduardo.pdf?sequence=1](http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5783/Rodriguez_Diaz_Eduardo.pdf?sequence=1) se consultó (03, Junio, 2015).

**Sandoval et al. (2007).** Eficiencia hídrica y nutrimental en mezclas de aserrín/tezontle en el cultivo de jitomate. Universidad Autónoma de Chapingo. <http://chapingo.mx/suelos/tesis/tesis/278.pdf>. Se consultó (01, Noviembre, 2015).

**Santoyo y Martínez. s/f.** Paquete Tecnológico para la Producción de Fresa. Fundación Produce Sinaloa, A.C. <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/814/Paquete%20tecnologico%20para%20la%20produccion%20de%20fresa.pdf>, se consultó (01, Junio, 2015).

**UNALM. 2010.** Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú. [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46\\_Sistema\\_Columnas\\_Fresa.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46_Sistema_Columnas_Fresa.pdf) se consultó (03, Junio, 2015).

**UAN. 2012.** Sustratos en la agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf>, se consultó (24 Octubre 2015).

**Urrestarázu, 2004.** Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf> se consultó (04, Junio, 2015).

**Volke, 2010.** Generalidades de los sustratos: historia, conceptos básicos, estadísticas y perspectivas de los sustratos en México y el mundo. Colegio de Posgraduados. <http://www.cm.colpos.mx/montecillo/images/SUSTRATOS/01.pdf>. Se consultó (28, Octubre, 2015).

## **Páginas web**

**FAO 2012.** Crecen las exportaciones de fresa en México. <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/157402/> se consultó (05, Junio, 2015).

**Fundación Produce Sinaloa, A. C.**  
[http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com\\_content&view=article&id=571:festival-variedad-de-fresa-con-mayor-adaptacion-al-sur-de-sinaloa&catid=37:sinaloa-produce&Itemid=373](http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com_content&view=article&id=571:festival-variedad-de-fresa-con-mayor-adaptacion-al-sur-de-sinaloa&catid=37:sinaloa-produce&Itemid=373) (30 de Octubre 2014)

**New Growing System, 2010.** Multibanda NGS®  
<http://ngsyatem.com/es/ngs/multibanda>. (18, de Octubre, 2014).

**SAGARPA-SIAP. 2013.** <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por.estado> (14, de Marzo, 2015).