

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Diagnóstico Nutricional de la Fresa (*Fragaria x ananassa*) establecida en un Sistema Hidropónico NGS® (New Growing System)

Por:

Guadalupe Alejandro Quezada Solís

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Diagnóstico Nutricional de la Fresa (*Fragaria x ananassa*) establecida en un Sistema Hidropónico NGS® (New Growing System)

Por:

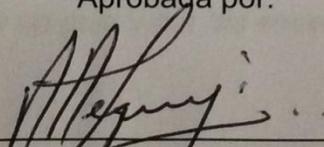
Guadalupe Alejandro Quezada Solís

TESIS

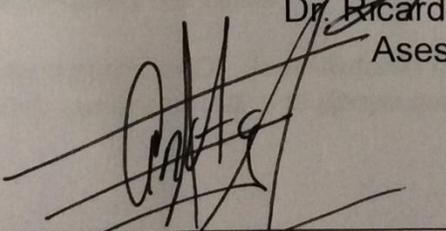
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

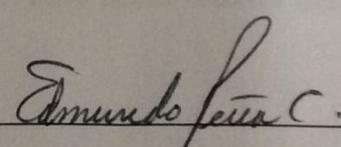
Aprobada por:



Dr. Ricardo Requejo López
Asesor Principal

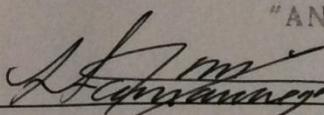


Dr. José Antonio González Fuentes
Coasesor

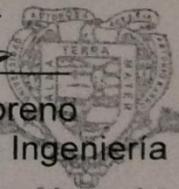


Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2015

Coordinación de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Gracias Señor, por tu amor y por la vida entregada a mí para poder apreciar las maravillas de tu creación. Señor, sin Ti no soy nada.

A mis padres y hermanos.

Gracias por el cariño y la felicidad que me inyectan cada día a mi vida y por todos o valores que me han inculcado. Los amo.

A mi Alma Mater “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”

Agradezco a mi alma mater “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” y a sus profesores por dar herramientas a mi vida.

Al Dr. Ricardo Requejo López

Muchas gracias por ser un guía y por las enseñanzas que me brindó.

A mis Asesores de Tesis

Agradezco al Dr. José Antonio González Fuentes y al Dr. Edmundo Peña Cervantes por el tiempo y el apoyo que dedicaron para poder realizar este trabajo.

A mis Amigos

Agradezco a todos los que me brindaron su tiempo y amistad. Montoya gracias por tus oraciones.

DEDICATORIA

A mis padres Alejandro Quezada Gil y Blanca Marisela Solís y a mis hermanos Jesús, Ofelia, María y David. Ustedes son mis elementos esenciales.

Dedicación especial a mi madrina Rosa Elia Rivas Dávila y a su familia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	XI
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos	3
1.3 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 varietales	7
2.2. La fresa en México.....	7
2.3. Cultivo sin suelo.....	8
2.4 Nutrición	9
2.5 Soluciones nutritivas	12
2.6 Sustratos.....	15
2.7. Diagnóstico nutricional	18
2.8. New Growing System	18
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Establecimiento y desarrollo de la investigación.....	20
3.2 Diseño Experimental.....	21
3.3. Descripción del Sistema NGS®.....	21
3.4 Instalación del sistema hidropónico NGS®	23
3.5 Trasplante.....	24
3.6 Material Vegetal.....	24

3.6.1. Camino Real	25
3.6.2. Strawberry Festival	25
3.7 Sustrato	26
3.8 Riego	26
3.9 Cálculo de la solución nutritiva	27
3.9.1 La solución nutritiva 1	27
3.9.2 La solución nutritiva 2.	30
3.9.3 La solución nutritiva 3.	33
3.9.4 Mantenimiento de la Solución Nutritiva.	36
3.10 Temperatura y Húmeda Relativa.....	37
3.11 Labores culturales.....	37
3.11.1 Poda.....	37
3.11.2 Polinización.....	37
3.11.3 Control de plagas.....	38
3.12 Análisis del tejido.....	39
3.13 Variables evaluadas del fruto	40
3.13.1 Peso total de frutos por planta (PTFP).....	40
3.14.2 Longitud polar (LP).....	40
3.14.3 Diámetro ecuatorial (DE)	40
3.14.4 Firmeza del fruto (FF).....	40
3.14.5 Solidos solubles totales (SST).....	40
3.14.6. Acidez titulable (AT)	41
3.14 Análisis estadístico.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Condiciones ambientales.....	42
4.1.1. Temperatura	42
4.1.2. Húmeda Relativa.....	43
4.1.3 Déficit de presión de vapor.....	44
4.2. Evaluación estadística	45
4.3. Comparación de medias para cada variable	46
4.3.1 Peso total de frutos por planta (PTFP).....	46
4.3.2 Longitud polar (LP)	48
4.3.3 Diámetro ecuatorial (DE)	49

4.3.4 Firmeza del fruto (FF).....	51
4.3.5 Solidos solubles totales (SST)	52
4.3.6 Acidez titulable (AT).....	54
4.4. Resultados de los análisis de tejido vegetal con el método de Diagnóstico Óptimo Porcentual (DOP).....	55
4.5 Mantenimiento de la solución	60
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. Bibliografía	63
VIII. Apéndice.....	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Elementos en las plantas superiores (Alcantar y Trejo, 2007).	9
Cuadro 2 Niveles óptimos de las propiedades físicas de los sustratos de cultivo	17
Cuadro 3 Diseño Experimental	21
Cuadro 4 Características del sustrato.....	26
Cuadro 5 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN1 (tipo La Molina)	27
Cuadro 6 Relaciones SN 1	27
Cuadro 7 Diseño de la SN 1.....	27
Cuadro 8 Cálculo para la solución madre (SN1)	28
Cuadro 9 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de SN 1	28
Cuadro 10 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN1	28
Cuadro 11 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN 2 (tipo La Florida)	30
Cuadro 12 Relaciones SN 2.....	30
Cuadro 13 Diseño de la SN 2.....	30
Cuadro 14 Cálculo para la solución madre (SN2)	31
Cuadro 15 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de SN 2	31
Cuadro 16 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN2.....	32

Cuadro. 17 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN 3 (tipo California)	33
Cuadro 18 Relaciones SN 3.....	33
Cuadro 19 Diseño de la SN 3.....	33
Cuadro 20 Cálculo para la solución madre (SN3)	34
Cuadro 21 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de la SN 3.....	34
Cuadro 22 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN3.....	34
Cuadro 23 Cuadrados medios y prueba de F de los análisis de varianza para fresa establecida en un sistema hidropónico NGS®	45
Cuadro 24 IDN de acuerdo a Cadahia (2005) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	56
Cuadro 25 IDN de acuerdo a Reuter y Robinson (1986) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	57
Cuadro 26 IDN de acuerdo a Ellis et al., (2006) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	58
Cuadro 27 IDN de acuerdo a Benton (1991) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R)...	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de fresa (Thomé, 1885).....	6
Figura 2 Hidroponía y Cultivo sin suelo.....	8
Figura 3 Disponibilidad relativa de los diversos nutrientes por las plantas en función del pH de la rizosfera (Trough, 1951) ;(Urreztarazú 2004).	14
Figura 4 Localización del área experimental.	20
Figura 5 Diseño de la estructura NGS®.....	23
Figura 6 Diseño del trasplante.....	24
Figura 7 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN1.	29
Figura 8 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN2.	32
Figura 9 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN3.	35
Figura10 Cálculos de solución nutritiva	36
Figura 11 Paquete de control biológico.	38
Figura 12 Sublimación de azufre	39
Figura 13 Temperatura (°C) del aire en el interior del invernadero.	42
Figura 14 Humedad Relativa (%) del aire en el interior del invernadero.	43
Figura 15 Déficit de presión de vapor.....	44
Figura 16 Peso total de frutos por planta de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).	47
Figura 17 longitud polar de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	49
Figura 18 diámetro ecuatorial de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	50
Figura 19 firmeza del fruto de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R)	52
Figura 20 solidos solubles totales de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).....	53

Figura 21 acidez titulable de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R)	55
---	----

ÍNDICE DE APÉNDICE

Figura A. 1. Análisis de agua	57
Cuadro A. 1. Manejo de la SN 1 (sin sustrato)	58
Cuadro A. 2. Manejo de la SN 1 (con sustrato)	59
Cuadro A. 3. Manejo de la SN 2 (sin sustrato).....	60
Cuadro A. 4. Manejo de la SN 2 (con sustrato).....	61
Cuadro A. 5. Manejo de la SN 3 (sin sustrato)	62
Cuadro A. 6. Manejo de la SN 3 (con sustrato)	63
Cuadro A. 7. DOP según Cadahia (2005). SN 1	64
Cuadro A. 8. DOP según Cadahia (2005). SN 2.....	65
Cuadro A. 9. DOP según Cadahia (2005). SN 3.....	66
Cuadro A. 10. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 1	67
Cuadro A. 10. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 2	68
Cuadro A. 10. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 3	69
Cuadro A. 13. DOP según Ellis et al., (2006). SN 1.....	70
Cuadro A. 13. DOP según Ellis et al., (2006). SN 2.....	71
Cuadro A. 13. DOP según Ellis et al., (2006). SN 3.....	72
Cuadro A. 16. DOP según Benton (1991). SN 1	73
Cuadro A. 17. DOP según Benton (1991). SN 2	74
Cuadro A. 18. DOP según Benton (1991). SN 3.....	75

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se evaluó el comportamiento nutricional del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo condiciones protegidas en un sistema hidropónico cerrado NGS® (New Growing System). Se valoraron 24 tratamientos generados por un factorial 3*2*4 con 3 tipos de soluciones diferentes adaptadas y equilibradas al uso de agua de riego, 2 variedades comerciales de fresa (Camino Real y Festival), 2 tipos de sustrato en diferentes proporciones (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) y con 6 repeticiones. Los tratamientos se arreglaron en un diseño experimental de bloques completos al azar. Las variables consideradas fueron: peso total de fruto por planta (PTFP), longitud polar (LP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza del fruto (FF), sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT). Se elaboró un diagnóstico nutricional con el método de Desviación Óptimo Porcentual (DOP), para ello se consideraron 4 referencias de la literatura al obtener los órdenes de requerimiento nutritivo de cada tratamiento en estudio. El análisis de varianza y la prueba de medias indicaron que hubo diferencia significativa. La solución nutritiva que generó mejor resultados en producción y calidad fue la solución 3 (tipo California), por su mejor relación de nutrientes (N:P:K K/N y K/ (Ca + Mg)) y la mejor conductividad eléctrica. La variedad Camino Real fue superior a Festival con mayor rendimiento y tamaño de fresa, pero Festival fue más firme y más dulce. El sustrato con la mezcla 75% perlita 25% fibra de coco le ofreció las mejores condiciones a la planta para su desarrollo. El método DOP reportó al cobre (Cu) como el más deficiente y al potasio (K) como el más suficiente.

Palabras clave: diagnóstico nutricional, cultivo de fresa, New Growing System.

Correo electrónico; Guadalupe Alejandro Quezada Solís,
alejandro_qzd@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

En cultivos agrícolas intensivos, la calidad y el buen rendimiento están influenciados por muchos factores, el estado nutrimental de la planta es uno de los más importantes a tomar en cuenta. En un estado nutrimental óptimo generalmente no se presentan sintomatologías en la planta. Por otro lado, los errores en el equilibrio de los elementos nutritivos generan síntomas visuales en la planta. Esto ocurre en cultivos en campo y protegido. Sin embargo, en cultivos sin suelo se afecta a la planta y a la producción de forma más rápida (Urrestarázu, 2004). El diagnóstico nutricional cobra mayor importancia y adquiere más valor cuando se emplean de manera preventiva (Reyes, 2013).

El cultivo hidropónico permite a los agricultores controlar fácilmente el suministro de nutrientes, mediante el ajuste de la concentración de la solución nutritiva (Caruso *et al.*, 2011).

Las fresas en tales condiciones consumen menos agua, no requieren aplicaciones de herbicidas, la fruta se mantiene limpia, aumenta su tamaño, incrementa el rendimiento, mejora su precocidad y calidad (Yuan y Sun, 2004).

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). En el 2013, el estado de Michoacán ocupó el primer lugar con una superficie sembrada de 4.06 mil ha seguido por Baja California y Guanajuato con 2 mil ha y 940 ha, respectivamente. El estado de Michoacán participa con el 50% del producido, seguido por Baja California que aporta el 28 % de la producción. El distrito de Zamora, estado de Michoacán, concentra la mayor producción de fresa del país (SAGARPA-SIAP, 2015).

El Nuevo Sistema de Cultivo NGS® por su nombre en inglés NEW GROWING SYSTEM es una simple tecnología de cultivo 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 de forma hidropónica. La producción de alta calidad sólo se puede obtener con sistemas de cultivo en los que todo esté perfectamente controlado. En este sentido, NGS® representa gran avance, ya que el espacio utilizado para las raíces es mínimo. Por otro lado necesita mayor atención por parte del agricultor. (Boukalfa, 1995)

El rendimiento y la calidad del fruto de la fresa se ven influidos por la interacción de múltiples factores de muy distinta naturaleza tales como fotoperiodo, temperatura, período de latencia, resistencia a enfermedades, momento de plantación y desinfección del suelo de cultivo. Como resultado de la acción individual de cada uno de estos factores, más la interacción de todos ellos sobre la planta, se produce el efecto de la diferente respuesta de adaptación de una determinada variedad a diferentes zonas de características agroambientales distintas. Se trata pues de un cultivo de microclima (Bartual, 1995).

1.1 Justificación

En la actualidad el desarrollo urbano industrial ha ocasionado el incremento de la población teniendo como consecuencia una mayor demanda de bienes y servicios ambientales y esto a su vez una disminución de las zonas agrícolas obligando a explotar el suelo ocasionando la salinización, enfermedades, agotamiento de superficies agrarias y contaminación de agua. Ante este suceso surge la necesidad de la aplicación de conocimientos en las nuevas tecnologías como es la hidroponía que cuenta con la oportunidad de dar una mejora en eficiencia energética al tener aumentos de producción, calidad y precocidad del fruto para conseguir dichas metas el diagnóstico nutricional es indispensable como herramienta.

1.2 Objetivos

- Establecer el diagnóstico nutricional de la plantas de fresa en sustratos hidropónicos.
- Comparar el balance de la solución nutritiva con el estado nutricional del cultivo.
- Medir la relación de la nutrición del cultivo y la calidad del fruto.

1.3 Hipótesis

Debido al balance particular de cada solución nutritiva en estudio, en cada uno de los sustratos formulados las variedades de fresa, mostrarán comportamientos diferentes.

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 *Rosaceae*.

Su taxonomía completa es:

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

En la actualidad la fresa más comercializada (*Fragaria ananassa* Duch.) es un híbrido octaploide, producto de la cruce entre *F. virginiana* D. proveniente de sotobosques y *F. chiloensis* L. originaria de playas y ambientes luminosos. Especies progenitoras de ambientes tan disímiles le confieren alta variabilidad y capacidad de adaptación (Larson, 1994)

2.1.1 Morfología de la planta

La planta de fresa tiene un tallo engrosado corto, de entre 2 y 3 cm de longitud, y esta comprimido en una roseta basa cubierta por unas hojas basales o estípulas solapadas, en realidad es un rizoma, comúnmente llamada corona la cual produce hojas en muy estrechos intervalos, flores en posición terminal y raíces en su base (López, 2008).

El sistema radical de la fresa es de tipo fibroso, poco profundo, se estima que del 73% al 90% del peso de las raíces se encuentran en los primeros 15 cm. del suelo.

Las hojas son alternas, trifoliadas, de borde aserrado, largamente pecioladas que forman una tupida roseta casi al nivel del suelo y de color verde (Avilán *et al.*, 1992).

En las axilas de las hojas se desarrollan yemas o meristemos 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 (López, 2008).

Los estolones, o tallos rastreros, producen raíces adventicias, de las que pueden surgir eventualmente nuevas plantas.

Mientras que el tallo que porta la inflorescencia recibe el nombre de escapo floral y el tallo que soporta cada flor individual se llama pedúnculo floral. El conjunto de escapo y pedúnculos será el ramo floral. (López, 2008).

La flor de la fresa cultivada, *F. x ananassa* Duch., es hermafrodita. El receptáculo floral se desarrolla y engrosa por encima del cáliz, colmándose de sustancias azucaradas y aromas perfumados, a ese conjunto se le llama impropia y familiarmente fruto. Los verdaderos frutos, llamados erróneamente semillas, son los aquenios, dispuestos en alvéolos de profundidad/prominencia variable. El tamaño de lo que se suele llamar fruto depende de diversos factores genéticos, fisiológicos y ambientales. Existe una correlación positiva entre el tamaño de la flor y del fruto. (López, 2008).



Figura 1 Planta de fresa (Thomé, 1885)

A) Corona, B) Zona radicular, C) Hoja trifoliar, D) Escapo floral, E) Fruto Maduros, 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 varietales

Las variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) muestran diferentes tipos de respuesta a la longitud del día (fotoperíodo) y a las temperaturas (termoperíodo).

Las variedades de día corto o variedades de cosecha única ,diferencian yemas florales cuando los días llegan a ser cortos y las temperaturas son bajas a finales de verano o principio de otoño Las diferentes fases de su desarrollo tienden a ser separadas: floración, fructificación y emisión de estolones, en esta secuencia.

Las variedades “reflorecientes” (o remontantes) diferencian yemas de flor más libremente en días largos (durante todo el verano) que en días cortos.

Las variedades de día neutro se ven relativamente poco afectadas por el fotoperíodo y por el termoperíodo; fructificarán siempre que las temperaturas sean suficientemente altas para mantener el crecimiento.

La fresa necesita satisfacer unas necesidades concretas de horas de frío, entendidas como horas por debajo de los 7°C, que varían de unas variedades a otras, y que conlleva el paso de la planta por viveros en altura, donde tiene lugar la producción de estolones (López, 2008).

2.2. La fresa en México

El cultivo de la fresa en México se basa en cultivares extranjeros, provenientes principalmente de la Universidad de California, Estados Unidos de Norte América (Sánchez, 2008).

En la región de Zamora, Michoacán las variedades que más se cultivan son ‘Festival’ con el 32% de la superficie total, Camino Real con el 28% y Aromas con el 20 %; en la zona Norte-Centro las variedades Camino Real, Camarosa y Festival cubrieron el 97% de la superficie total (Sánchez, 2008). La industria busca las variedades Festival, Camino Real y Aromas (Sánchez-Sánchez, 2006).

2.3. Cultivo sin suelo

Por cultivo sin suelo, se entiende cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutritiva. (Baixauli y Aguilar, 2002)

Fue el Dr. W.F. Gericke el que acuñó la palabra “hidropónico” para designar este tipo de cultivo. Cultivo hidropónico procede de las letras griegas hydro (agua) y ponos (trabajo), literalmente trabajo en agua, este término es conocido mundialmente y únicamente varía la pronunciación (Steiner, 1968). Se consideran sistemas de cultivo hidropónico, aquellos que se desarrollan en una solución nutritiva o en sustratos totalmente inertes y a los sistemas que cultivan en sustratos orgánicos, como cultivo sin suelo. (Baixauli y Aguilar, 2002).

Winsor y Schwarz(1990) citados por Urrestarazu (2004) esquematizan para delimitar dichos términos.

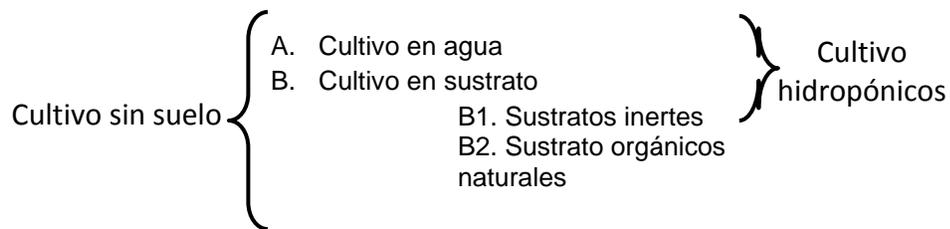


Figura 2 Hidroponía y Cultivo sin suelo

2.4 Nutrición

Cuadro 1 Elementos en las plantas superiores (Alcantar y Trejo, 2007).

Elemento	Estructural	Constituyente o activador de enzimas	Procesos	En planta de fresa
Nitrógeno	Aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas glico y lipoproteínas, pigmentos	Todas (constituyente)	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis, multiplicación y diferenciación celular, herencia y todo el metabolismo.	La mayor demanda de nitrógeno son las hojas y la raíz más estolones, los que pueden considerarse como indicadores de respuesta a la fertilización nitrogenada en la formulación de programas de nutrición. La asimilación de fósforo y potasio, nutrimentos relacionados con la calidad de fruto se relacionan inversamente con la fertilización nitrogenada (Monroy <i>et al.</i> 2001);
Fosforo	Ésteres de carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas, ácidos nucleicos, nucleótidos	Deshidrogenasas, reductasas, cinasas, sintasas	Almacenamiento y transferencia de energía y todo el metabolismo	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 ocasionalmente albinismo (Ulrich <i>et al.</i> , 1980).
Potasio	Predominantemente en forma iónica unido a moléculas de bajo peso molecular (carboxilatos) por enlaces de baja energía.	Cinasas, sintetasas, deshidratasas, aldolasas, deshidrogenasas	Propiedades osmóticas, apertura y cierre de estomas, fotosíntesis, transporte de carbohidratos y otros productos, respiración, síntesis, fijación simbiótica del nitrógeno.	La deficiencia de potasio en la fresa causa muerte del cáliz, marchitamiento del pedicelo y pedúnculos, la aplicación de potasio no tiene efecto en la firmeza del fruto, pH, ni en la concentración de sólidos solubles, al incrementar excesivamente los niveles de este elemento se reduce el tamaño del fruto. En un sistema hidropónico cerrado, una absorción excesiva de potasio reduce la calidad del fruto por bajo contenido de azúcares, y con deficiencia de potasio, no colorea el fruto, y toma textura pulposa y es insípido (Nestby <i>et al.</i> 2005).

Calcio	Pectato (lámina media) carbonato, oxalato, filato, cadmodulina.	ATP-asa, alfa amilasas, nucleasas	Estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, reacciones con hormonas vegetales y activación enzimática (vía cadmodulina).	Las plantas de fresa con deficiencia de calcio se deforman, no maduran y se mantienen pequeñas (Lineberry y Burkhart, 1943, citados por Nestby <i>et al.</i> , 2004). Es importante mencionar que calcio suplementario restaura los efectos dañinos de una alta salinidad (Kaya et al. 2002).
Magnesio	Clorofilas	Tiocinasas, cinasas, hexocinasas, enolasas, deshidrogenasas, descarboxilasas, carboxilasas, sintetetasas, transferasas.	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, síntesis orgánicas, balance electrolítico, estabilidad de los ribosomas.	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, síntesis orgánicas, balance electrolítico, estabilidad de los ribosomas.
Azufre	Aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina), proteínas (casi todas), vitaminas y coenzimas (tiamina y biotina) ésteres con polisacáridos	Grupo sulfhidrido – SH Y ditiol -S-S- activo en enzimas y coenzimas, ferredoxinas.	Fotosíntesis, fijación no fotosintética de CO ₂ , respiración, síntesis de grasas y proteínas, fijación simbiótica de nitrógeno	

Boro	Complejos cis con difenoles, carbohidratos, azúcares-P.	ATP-asas sintetasas	Absorción iónica, transporte de carbohidratos, síntesis de lignina y celulosa, síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, fotosíntesis	Puede ser toxico para la fresa si se aplica excediendo la dosis recomendada, nunca se debe aplicar boratos o fertilizantes boratados en banda (Hart <i>et al.</i> 2000).
Cobre	Proteínas (anurina, estelacianina umecianina, glicoproteínas).	Oxidasas, polifenoloxidasas carboxilasas.	Fotosíntesis, respiración, regulación hormonal, fijación de nitrógeno (efecto indirecto), metabolismo de compuestos secundarios	Este elemento es de menor importancia para las fresas, sin embargo juega un papel importante en la fijación del nitrógeno y la absorción del calcio además es un constituyente de los cloroplastos, (Bergman, 1993, citado por Nestby <i>et al.</i> 2004; Ulrich <i>et al.</i> 1980)
Hierro	Quelatos (con ácidos di y tricarboxilicos) fitoferritina con P.	Reductasas, hemoperoxidasas, catalasas, acotinasas, oxidasas, deshidrogenasas, nitrogenasas, hidrogenasas, ferredoxina, citocromos a, a3, b2, b6, f.	Fotosíntesis, respiración, fijación biológica del nitrógeno, asimilación del nitrógeno y azufre.	Una deficiencia de Fe en la planta origina que disminuya la concentración de clorofila, además de carotenos y xantofilas, mismas que afectan la actividad de los transportadores de electrones en los fotosistemas (Alcántar y Trejo, 2007) .La deficiencia de este elemento disminuye el rendimiento y tamaño de fruto además provoca aborto de frutos (Lieten, 2000).

Manganeso	Manganina.	Sintetasas, ATP-asas, cinasas, enolasas, deshidrogenasas, descarboxilasas, pirofosforilasas, transferasas, oxidasas	Absorción iónica, fotosíntesis, respiración, control hormonal, síntesis de proteínas.	La deficiencia en la fresa no es apreciable, sin embargo esta provoca una disminución en el tamaño del fruto (Ulrich <i>et al.</i> 1980).
Molibdeno	Nitrogenasa y nitrato reductasa	Reductasas y nitrogenasas.	Reducción de nitratos, fijación de nitrógeno	El contenido de vitamina C y de azúcares en fresa, se incrementan de forma lineal con la aplicación de molibdeno (Cheng, 1994)
Zinc		Anhidrasas, isomerasas, deshidrogenasas, aldolasas, carboxilasas, ribonucleasas	Respiración, control hormonal, síntesis de proteínas, y del ácido indolacético.	La regulación de síntesis de las proteínas, (Kessler, 1961), previene la acumulación de fenoles, mismos que inhiben la actividad de las auxinas, es uno de los componentes más importantes de las flores y frutos de la fresa (Lott, 1946; Visser, 1955; Guttridge y Turnbull, 1975; Lieten, 1997; Nestby <i>et al.</i> , 2004).

2.5 Soluciones nutritivas

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales para el desarrollo de la planta en forma iónica y, aunque en la solución pueden existir formas orgánicas disueltas, procedentes de los microelementos en forma de quelato. (Steiner, 1968; Baixauli y Aguilar, 2002)

Yágodin (1986) citado por Villegas *et al.*, (2005) menciona que el funcionamiento normal del organismo vegetal ocurre con una determinada relación de cationes y aniones en la solución nutritiva; el crecimiento de los órganos aéreos de las plantas y el desarrollo del sistema radical dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva.

En este sentido, las características de la solución nutritiva que más influencia tienen en el crecimiento, rendimiento y en la calidad de los productos vegetales de interés antropogénico son: la relación mutua de cationes ($K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}$), la relación mutua de aniones ($NO_3^- + H_2PO_4^- + SO_4^{-2}$), la concentración total de iones y el pH (Steiner, 1961).

Para cultivo de fresa se busca una relación N : P : K particular para la fertilización según la etapa del cultivo. Primer mes de trasplante 1 N : 0.4 P : 0.86 K ; 30 días más adelante 1 N : 0.2 P : 1.24 K (Kirschbaum y Borquez, 2006). La relación de los cationes afecta la calidad de la fresa, el rango para evitar frutos de baja calidad es $K/(Ca+Mg) > 0.7$, $K/Ca < 0.85$ (Nestby et al., 2005).

La conductividad eléctrica (CE) tiene una estrecha relación con la concentración total de sales de la solución nutritiva (Lara, 1999), es un estimador indirecto del potencial osmótico, y determina el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. Este parámetro debe ser monitoreado a lo largo del ciclo de producción (Carrasco e Izquierdo, 1996).

Los iones generalmente asociados con la salinidad son los siguientes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Los micronutrientes se utilizan en concentraciones muy bajas en relación a los macronutrientes, por lo tanto, una aplicación adicional de éstos no aumenta significativamente la CE (Sonneveld y Voogt, 2009).

La alta presión osmótica disminuye el estado hídrico de la planta, la corriente transpiratoria, el flujo de masas y en consecuencia el transporte de nutrientes, especialmente del calcio y boro (Maldonado, 1994).

El potencial osmótico de la solución nutritiva es importante pues al disminuir su valor (debido al aumento de la concentración de nutrientes) disminuye la energía libre del agua, afectando la absorción de nutrientes, principalmente, de N, P, K, Ca y Mg (Bautista, 2010).

Una conductividad eléctrica (CE) de 1.4 a 1.8 mS cm⁻¹ en verano y 1.4 a 3.0 mS cm⁻¹ en invierno asegura un buen rendimiento y fruta de alta calidad en fresa (Morgan, 2000).

El otro factor a tomar en cuenta de una solución nutritiva es el potencial de hidrogeno (pH), el cual nos marca el carácter ácido o básico, e influye sobre la solubilidad de los iones. La mayor parte de las plantas trabajan bien en soluciones nutritivas con pHs comprendidos entre 5 y 7, en los cultivos hidropónicos generalmente se trabaja con pH de 5,5 a 5,8, puesto que en dicho rango de pH se encuentran mejor disueltos los iones, especialmente el fósforo y los microelementos. (Baixauli y Aguilar., 2002).

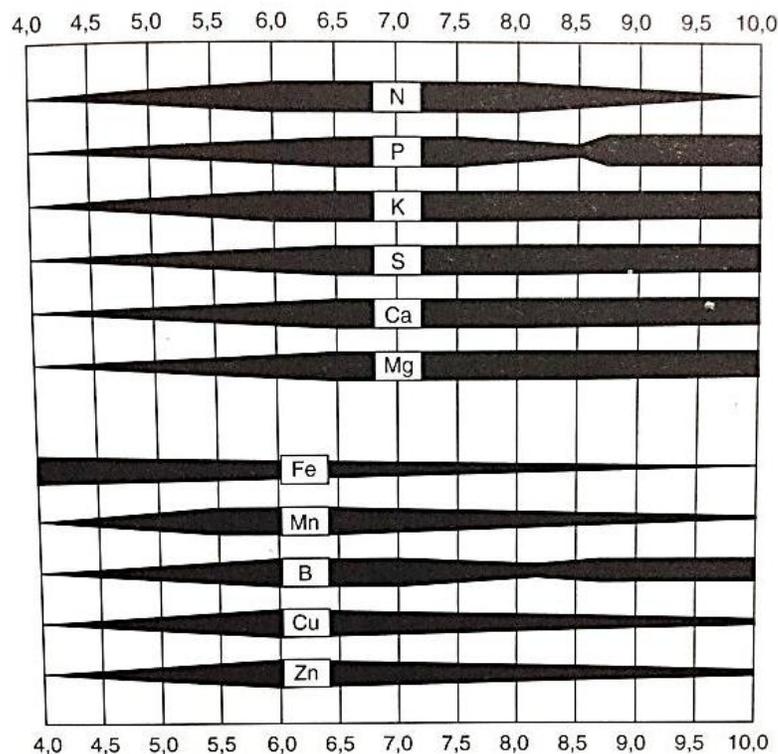


Figura 3 Disponibilidad relativa de los diversos nutrientes por las plantas en función del pH de la rizosfera. [(Trough, 1951); (Urreztarazú 2004).

Baixauli y Aguilar (2002) mencionan que para calcular la composición de la solución nutritiva necesitamos primero un análisis del agua de riego, esta tendrá algunos iones nutrientes los cuales podrán ser utilizados por la planta y otros se encontrarán en exceso, por lo que deberá considerarse su concentración en los cálculos. Partiendo de la solución nutritiva que se quiere formular y por diferencia con la concentración de iones que se encuentran en el agua de riego, se hacen las correcciones necesarias para añadir los fertilizantes que permiten el ajuste de dicha solución.

La vida útil de la solución de nutrientes depende principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La medida semanal de la conductividad eléctrica indicará el nivel de concentración de la solución (si es alto o bajo). La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis se recomienda un cambio total de la solución nutritiva a las 4 a 6 semanas (Chang, *et al.*, 2000) citados por Licea (2012)).

2.6 Sustratos

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 (Urrestarázu, 2004).

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

Propiedades físicas

- A. Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible o asimilable.
- B. Suficiente suministro de aire.
- C. Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas.

- D. Baja densidad aparente.
- E. Elevada porosidad total.
- F. Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón) del sustrato.

Propiedades químicas

- A. Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- B. Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- C. Baja salinidad.
- D. pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón.
- E. Mínima velocidad de descomposición.

Otras propiedades

- A. Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos, y sustancias fitotóxicas.
- B. Reproducibilidad y disponibilidad.
- C. Bajo coste.
- D. Fácil de mezclar.
- E. Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- F. Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

Cuadro 2 Niveles óptimos de las propiedades físicas de los sustratos de cultivo.

Propiedad	Nivel óptimo
Tamaño de partícula (mm)	0.25-2.50
Densidad aparente (g cm ⁻²)	<0.4
Espacio poroso total (% vol.)	>85
Retención de agua (% vol.) a:	
— 10 cm de c.a.	55-70
— 50 cm de c.a.	31-40
— 100 cm de c.a.	25-31
Capacidad de aireación (% vol.)	20-30
Agua fácilmente disponible (% vol.)	20-30
Agua de reserva (% vol.)	4-10
Agua total disponible (% vol.)	24-40
Contracción (% vol.)	<30

Fuente: Abad et al. (1993) citado por Urrestarázu (2004)

Raramente un material reúne por sí solo las características físicas, químicas y biológicas más adecuadas para unas determinadas condiciones de cultivo, En la mayoría de los casos será necesario mezclarlo con otros materiales, en distintas proporciones, para adecuarlo a las condiciones requeridas (Urrestarázu, 2004).

2.7. Diagnóstico nutricional

El análisis químico de tejido vegetal es una excelente herramienta para conocer el estado nutrimental en casi la totalidad de los vegetales; su objetivo fundamental es diagnosticar anomalías nutrimentales en los cultivos y sirve como base para ofrecer recomendaciones de fertilización.

Por otro lado, los valores obtenidos del análisis foliar pueden ser interpretados por diversas técnicas de diagnóstico nutricional: El método convencional (MC) se basa en los valores óptimos de nutrientes, pero sin considerar las condiciones de clima, suelo y fuente nutrimental con la que se generaron los intervalos, por lo que éstas pueden variar entre sitios y autores (Alcántar y Sandoval, 1999)

El DOP (desviación del óptimo porcentual) cuantifica la cantidad en que un nutriente se desvía con respecto a su norma específica. En este método, el valor nutrimental óptimo para cualquier elemento es igual a cero, de modo que los valores positivos indican excesos y los negativos deficiencias. El método permite calcular el índice de desbalance nutricional (IDN), que se refiere a la suma de los valores absolutos de los índices DOP (Montañés et al., 1993) y representa el balance nutricional total de la planta, que puede relacionarse con el rendimiento.

2.8. New Growing System

El sistema NGS® es una modalidad de cultivo hidropónico caracterizado por la ausencia de sustrato; es decir, se trata de un cultivo hidropónico puro, en el que las raíces se desarrollan en una solución nutritiva recirculante (SNR) que recorre por un circuito cerrado, lo que permite un ahorro muy significativo de agua y fertilizantes y da a este sistema un carácter ecológico y de respeto al medio ambiente.

El sistema se crea a partir de una pieza maestra, la multi-banda, específicamente diseñada para albergar el sistema radicular de las plantas y conseguir su óptimo desarrollo.

El sistema NGS® ofrece una gran cantidad de ventajas que se resumen en: precocidad, calidad, rendimiento y respeto al medio ambiente. Estas ventajas son:

1. El sistema NGS® es un sistema hidropónico puro que no precisa de ningún sustrato; además, es económico, fácil de instalar y se adapta a cualquier tipo de explotación.
2. Permite obtener altas producciones de excelente calidad.
3. Permite obtener producciones más precoces. Las plantas trabajan de forma eficiente desde el mismo día de su instalación en el sistema NGS®.
4. El sistema NGS® ha sido desarrollado para trabajar en circuito cerrado ahorrando agua y nutrientes.
5. El sistema NGS® es un sistema de bajo impacto ambiental que permite reutilizar el cien por cien de los drenajes.
6. El movimiento continuo de la solución nutritiva reduce los riesgos de salinidad que aparecen cuando se utilizan aguas de mala calidad.
7. El sistema NGS®, trabajando con riegos intermitentes ajustados a las necesidades de cada cultivo, mantiene el sistema radicular perfectamente aireado, lo que se traduce en una producción más abundante y de excelente calidad.
8. El sistema NGS®. Trabajando con calefacción de la solución nutritiva, permite aportar calor a la raíz, lo que viene a mejorar la asimilación de nutrientes.
9. El sistema NGS® admite la incorporación de cualquier sistema de desinfección de SNR: biocidas, H₂O₂, hidrólisis salina, vapor de agua, radiación ultra-violeta (UV-C) u ozono (O₃).
10. El sistema NGS® resulta atractivo por varias razones: a) permite la inspección rápida de la raíz; b) conduce a un proceso de producción limpio; c) permite realizar el cambio de cultivo con gran rapidez e higiene, y d) se adapta a cualquier tipo de explotación o cultivo, ya sea hortícola u ornamental. (Bartual, 1995)

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Establecimiento y desarrollo de la investigación.

El trabajo de investigación se estableció en un invernadero tipo túnel de 50m² (5 m de ancho por 10 m de largo y una altura de 3.75 m), el cual se encuentra recubierto por una malla negra que proporciona un 30% de sombreado y está equipado con un extractor de aire en la parte superior. Su localización en el Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a 7 Km al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, 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 período del trabajo comprendió entre el 10 de abril del 2014 y el 10 de julio del 2014 con plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*).



Figura 4 Localización del área experimental.

3.2 Diseño Experimental

Las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) se establecieron en un diseño experimental de bloques completos al azar. Los tratamientos fueron generados por un factorial (3)(2)(4), es decir 3 soluciones nutritivas, 2 variedades, 4 medios de crecimiento y 6 repeticiones.

Cuadro 3 Diseño Experimental

Solución nutritiva	Variedad	Sustratos	Repetición	
SN	V	S	R	
1	1	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V1aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V1bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V1cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V1dR
	2	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V2aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V2bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V2cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T1V2dR
2	1	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V1aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V1bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V1cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V1dR
	2	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V2aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V2bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V2cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T2V2dR
3	1	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V1aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V1bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V1cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V1dR
	2	a	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V2aR
		b	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V2bR
		c	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V2cR
		d	R1,R2,R3,R4,R5,R6	T3V2dR
Solución Nutritiva	Variedad	Sustrato		
1 Tipo La Molina	1 Camino Real		Perlita	Fibra de coco
2 Tipo La Florida	2 Festival	a	75%	25%
		b	50%	50%
3 Tipo California		c	25%	75%
		d	sin sustrato	

3.3. 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 multibanda 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)

3.4 Instalación del sistema hidropónico NGS® .

Para este trabajo se necesitó manufacturar estructuras sólidas y ligeras que se elaboraron con varilla de acuerdo a las dimensiones de la Figura 3.4 El sistema se empleó en forma suspendida, con cables recubiertos sujetos a la estructura del invernadero, se encontraban a una altura máxima de 1.60 m y mínima de 1.54 m con una pendiente del 2%.

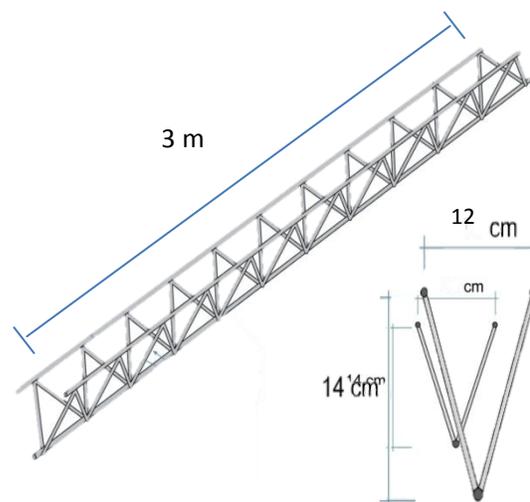


Figura 5 Diseño de la estructura NGS®

El rollo de la multi-banda se recortó a longitud de la estructura (3 m), posteriormente se rellenó el primer nivel de la multi-banda con la mezcla del sustrato de acuerdo al diseño experimental, consecutivamente se colocó la cintilla de riego y con clips se ensambló a la estructura. Al final de cada canaleta se instaló un colector de drenaje.

3.5 Trasplante

La Multibanda de acuerdo al cultivo cuenta con perforación prefabricada, en caso de la fresa se encuentra cada 10 cm, la distancia entre canaletas fue de 20 cm y del camino era de 80 cm como se muestra en la Figura 3.5.

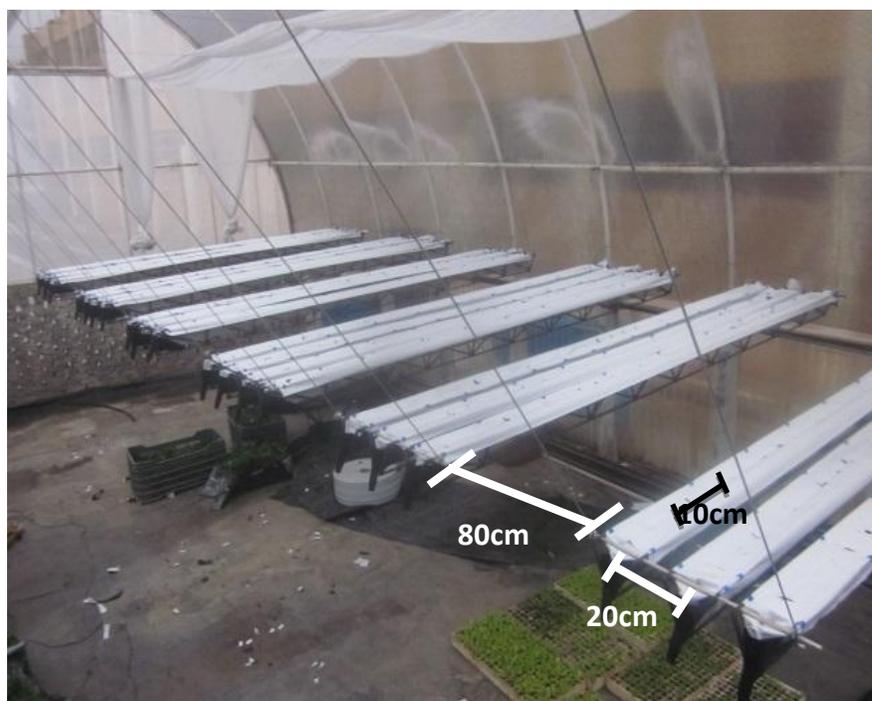


Figura. 6 Diseño del trasplante.

3.6 Material Vegetal

Los cultivares de fresa a estudiar fueron Camino Real y Festival obtenidas 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)

3.6.1. Camino Real

Variedad de día corto con la patente *EEUU PP13079 P2*, 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 (*Verticillium dahliae*) y pudrición de la corona (*Phytophthora cactorum*), y relativamente resistente a la pudrición de la corona (*Colletotrichum acutatum*). Cuando se trata adecuadamente, tiene tolerancia a los ácaros de dos manchas (*Tetranychus urticae*).

3.6.2. Strawberry Festival

Cultivar de día corto, con la patente *EEUU PP14739 P2* es un cultivar de día corto de planta vigorosa que tiene una tendencia a producir numerosos estolones en el campo durante 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 (*Colletotrichum acutatum Simmonds*), pudrición de la corona (*Colletotrichum gloeosporodies Penz.*) y mancha angular (*Xanthomonas fragariae Kennedy & King*), susceptible a la pudrición de la fruta (*Botrytis cinerea Pers.ex Fr.*) y menos susceptibles al oidio (*macularis Sphaerotheca [Wallr. ex Fr.] Jacz . f. sp. fragariae*). Susceptibilidad relativa a la araña de dos manchas (*Tetranychus urticae Koch*)

3.7 Sustrato

Se utilizaron los sustratos perlita y fibra de coco en diferentes proporciones, en función a lo estipulado del diseño experimental la porciones 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.

Cuadro 4 Características del sustrato

	S ₁ + S ₄	EPT	CA	RA	DA	DR	CEN	MO	pH	CE
M1	% + %	%	%	%	g cm ⁻³	g cm ⁻³	%	%		dS m ⁻¹
a	75 + 25	82.86	5.14	77.71	0.12	0.71	60	40	7.1	3.96
b	50 + 50	73.29	3.43	69.86	0.15	0.56	70	30	7.2	5.19
c	25 + 75	67.2	4	63.2	0.17	0.52	80	20	7.2	2.54
d	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-

S1= Perlita, S2= Fibra de coco EPT=espacio poroso total, CA=capacidad de aire, RA=retención de agua, DA=densidad aparente, DR=densidad real, CEN=cenizas, MO=materia orgánica, pH=potencial de hidrógeno y CE=conductividad eléctrica .

3.8 Riego

Se empleó una cintilla de riego por goteo. Después del trasplante, la aplicación de solución mineral fue de 8 riegos diarios con 8 minutos cada uno, en intervalos de 1.25 horas, ya una vez desarrollada la raíz se aumentaron a 10 minutos los riegos cada 1.25 horas. En caso de los tratamientos donde no se usaba ningún tipo de sustrato el riego siempre fue continuo. El drenaje de la solución nutritiva se recolectaba y se reincorporaba al sistema.

3.9 Cálculo de la solución nutritiva

En investigación se emplearon tres diferentes soluciones nutritivas adaptas al agua de riego de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para ello se analizó el agua (fig. A.1) posteriormente se realizaron los cálculos.

3.9.1 La solución nutritiva 1

Cuadro 5 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN1 (tipo La Molina).

	<i>Aniones Meq/l</i>				<i>Cationes Meq/l</i>			<i>pH</i>	<i>C.E.</i>
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^-	HCO_3^-	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}		
Agua de riego	0.37	0.0	3.11	6	0.11	5.64	2.59	7.9	1.1 4
Solución ideal	13.6	1.13	4.4	0	5.96	8.08	4.33		
Aportes previstos	13.19	1.13	1.29	5.50	2.44	1.74	-3.15		

Para abatir HCO_3^- se aplica acido dejando un tampón de 5 meq como recomendación

Cuadro 6 Relaciones SN 1

N	:	P	:	K	K/N	K/(Ca+Mg)	K/Ca
1		0.08		0.44	0.44	0.48	0.74

Cuadro 7 Diseño de la SN 1

	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	H^+	N
NO_3^-	5.85	2.44	1.82	3.28	13.2
$H_2PO_4^-$	0	0	0	1.25	1.13
SO_4^{--}	0	0	0	1.29	1.29
Total	5.85	2.44	1.74	5.5	

Cuadro 8 Cálculo para la solución madre (SN1)

	meq/l	Peq	Densidad	Pureza	Factor	g L-1 o ml L-1	1000 Litros
HNO3	3.28	63	1.3	54	0.09	0.29	294.36ml
H3PO4	1.25	98	1.7	85	0.07	0.08	84.78ml
H2SO4	1.29	49	1.82	98	0.03	0.04	35.44ml
KNO3	5.85	101			0.10	0.59	590.85g
Ca(NO3)2·4H2O	2.44	118			0.12	0.29	287.92g
Mg(NO3)2·6H2O	1.82	128			0.13	0.23	232.96g

$$F = \text{Factor (sólidos)} = \text{Peq} \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

$$F = \text{Factor (líquidos)} = \text{Peq} \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1}{\text{Densidad} \left(\frac{ml}{g} \right)} * \left(\frac{100}{\text{Pureza}(\%)} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

Cuadro 9 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN1

Micros	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	
PPM	1	0.05	0.15	0.1	0.5	0.05	
Fertilizante	Fórmula	Elemento	Meq.	Peso del elemento	Peso Molecular	mg/l	1000 L
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ ·H ₂ O	Mn	0.5	54.9	169	1.54	1.54 g
Ácido Bórico	H3BO3	B	0.5	10.8	61.8	2.86	2.86 g
Molibdato de Amonio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	Mo	0.05	671	1235.9	0.09	0.09 g
% de nutriente							
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Fe	1	6		16.67	16.67 g
Quelato de cobre		Cu	0.1	9		1.11	1.11 g
Quelato de Zinc		Zn	0.15	14.8		1.01	1.01 g

Cuadro 10 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de SN1.

EC (mS · cm ¹)	Aniones			Cationes		
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1.91	13.56	1.13	4.4	5.96	8.08	4.33
Sumatoria	19.09			18.37		
%	71.03	5.92	23.05	32.44	43.98	23.57

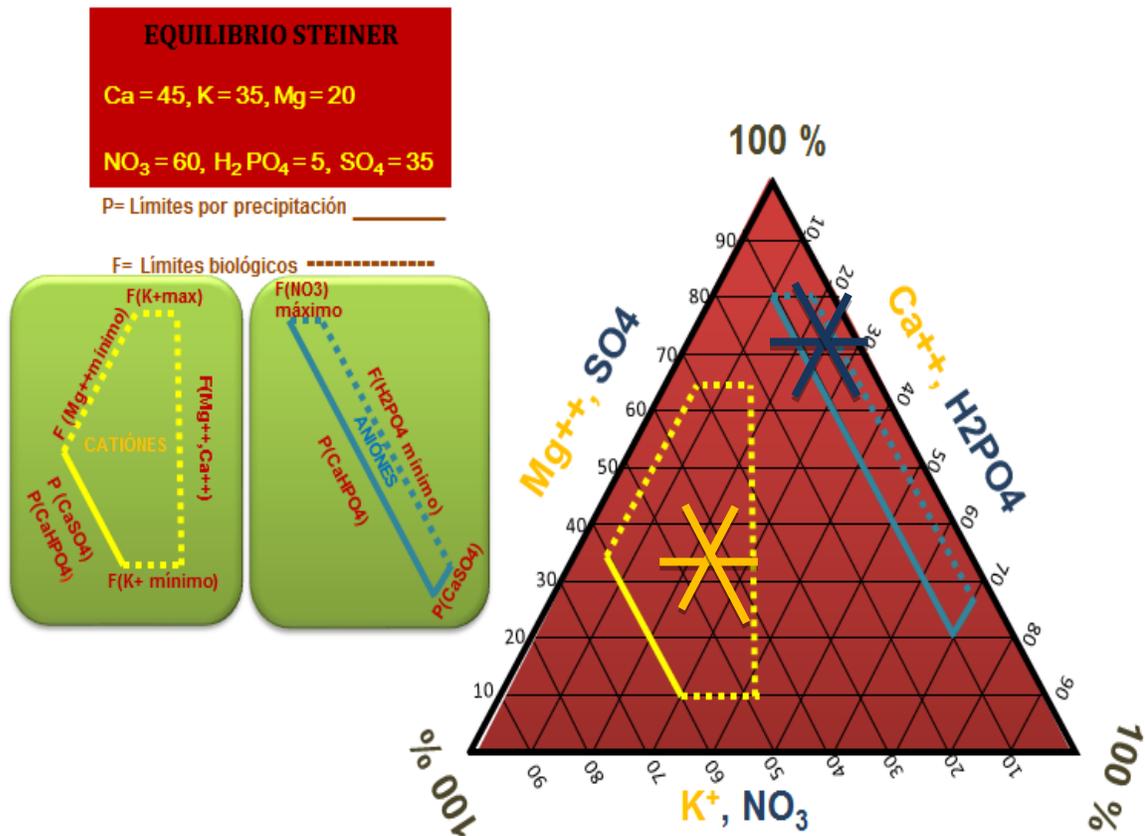


Figura 7 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN1.

3.9.2 La solución nutritiva 2.

Cuadro 11 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN 2 (tipo La Florida).

	<i>Aniones Meq/l</i>				<i>Cationes Meq/l</i>			<i>pH</i>	<i>C.E.</i>
	<i>NO₃⁻</i>	<i>H₂PO₄⁻</i>	<i>SO₄⁻</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>K⁺</i>	<i>Ca⁺²</i>	<i>Mg⁺²</i>		
Agua de riego	0.37	0.0	3.11	6	0.11	5.64	2.51	7.9	1.14
Solución ideal	8.71	1.61	5.5	0	5.12	7	4		
Aportes previstos	8.34	1.61	2.39	4.50	5.01	1.36	1.49		

Para abatir HCO_3^- se aplica ácido dejando un tampón de 5 meq como recomendación

Cuadro 12 Relaciones de la SN 2.

N : P : K	K/N	K/(Ca+Mg)	K/Ca
1 : 0.18 : 0.59	0.59	0.47	0.73

Cuadro 13 Diseño de la SN 2.

	K⁺	Ca⁺²	Mg⁺²	H⁺	Total
NO₃⁻	5.01	1.38	0	2	8.34
H₂PO₄⁻	0	0	0	2.2	1.61
SO₄⁻	0	0	1.5	0.94	2.39
Total	5.01	1.36	1.49	4.5	

Cuadro 14 Cálculo para la solución madre (SN2).

	meq/l	Peq	Densidad	Pureza	Factor	g L-1 o ml L-1	1000 Litros
HNO ₃	2	63	1.3	54	0.06	0.127	179ml
H ₃ PO ₄	2.2	98	1.7	85	0.07	0.149	149ml
H ₂ SO ₄	0.94	49	1.82	98	0.03	0.026	25.82g
KNO ₃	5.01	101			0.10	0.506	506.01g
Ca(NO ₃) ₂ -4H ₂ O	1.38	118			0.12	0.163	162.84g
MgSO ₄ 7H ₂ O	1.5	123			0.12	0.185	184.50g

$$F = \text{Factor (sólidos)} = Peq \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

$$F = \text{Factor (líquidos)} = Peq \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1}{\text{Densidad} \left(\frac{ml}{g} \right)} * \left(\frac{100}{\text{Pureza}(\%)} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

Cuadro 15 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN2.

Micros	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	
PPM	2.8	0.4	0.2	0.1	0.6	0.05	
Fertilizante	Fórmula	Elemento	Meq.	Peso del elemento	Peso Molecular	mg/l	1000 L
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ ·H ₂ O	Mn	0.4	54.9	169	1.23	1.23g
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	B	0.6	10.8	61.8	3.43	3.43g
Molibdato de Amonio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	Mo	0.05	671	1235.9	0.09	0.09g
				% de nutriente			
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Fe	2.8	6		46.6	46.67 g
Quelato de cobre		Cu	0.1	9		1.11	1.11g
Quelato de Zinc		Zn	0.2	14.8		1.35	1.35g

Cuadro 16 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de SN 2.

C.E (mS • cm1)	Aniones			Cationes		
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1.58	8.71	1.61	5.5	5.12	7	4
Sumatoria	15.82			16.12		
%	55.06	10.18	34.77	31.76	43.42	24.81

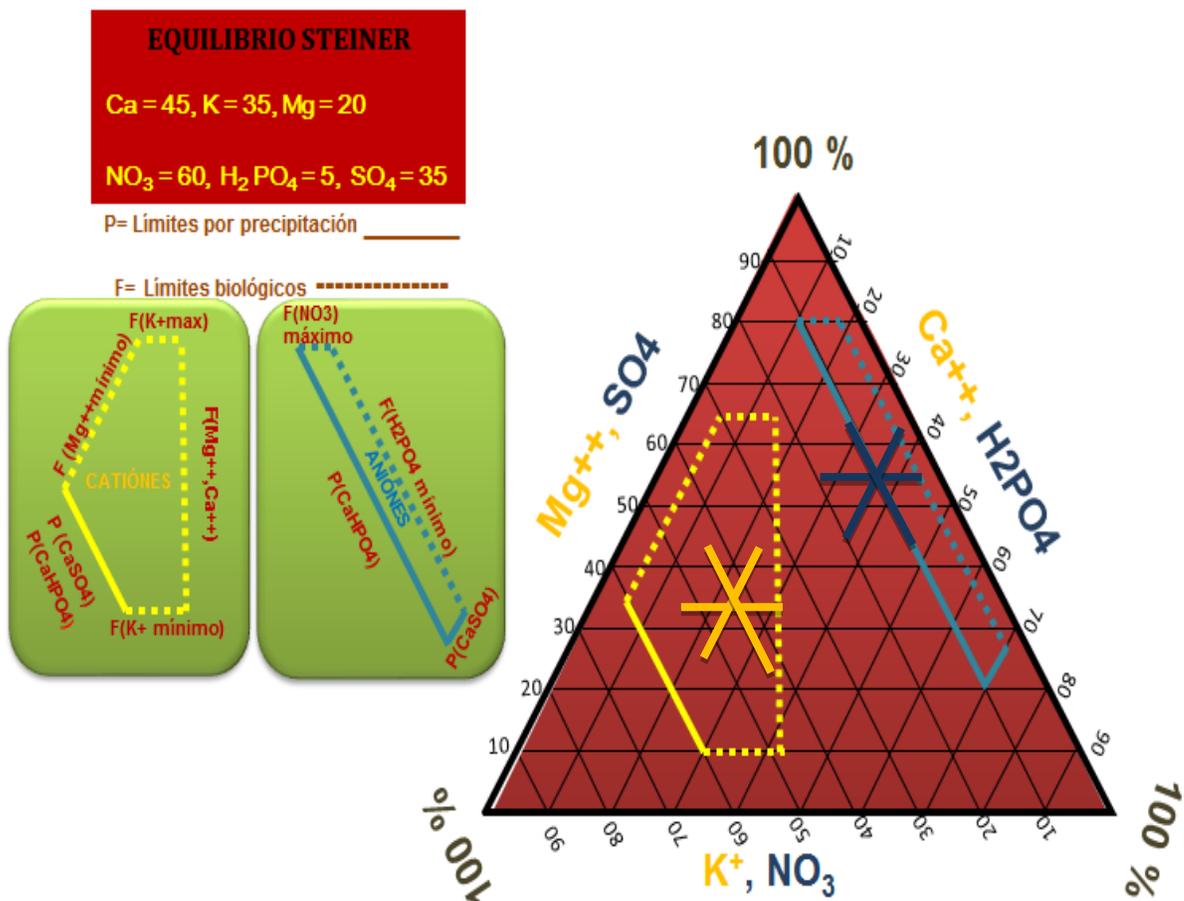


Figura 8 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN 2.

3.9.3 La solución nutritiva 3.

Cuadro 17 Composición del agua de riego, solución ideal y aportes previstos para la SN 3 (tipo California).

	<i>Aniones Meq/l</i>				<i>Cationes Meq/l</i>			<i>pH</i>	<i>C.E.</i>
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^-	HCO_3^-	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}		
Agua de riego	0.37	0.0	3.11	6	0.11	5.67	2.59	7.9	1.14
Solución ideal	6.75	1.25	5.75	0	6	4	2		0.8
Aportes previstos	6.38	1.25	2.64	4.50	5.89	-1.67	-0.59		

Para abatir HCO_3^- se aplica ácido dejando un tampón de 5 meq como recomendación

Cuadro 18 Relaciones de la SN3.

N	:	P	:	K	K/N	K/(Ca+Mg)	K/Ca
1		0.19		0.89	0.89	0.73	1.06

Cuadro 19 Diseño de la SN 3.

	K+	Ca+2	Mg+2	H⁺	Total
NO3-	3.89	0	0	2.65	6.38
H2PO4-	0	0	0	1.25	1.25
SO4--	2	0	0	0.64	2.64
Total	5.89	0	0	4.5	

Cuadro 20 Cálculo para la solución madre (SN3)

	Meq/l	Peq	Densidad	Pureza	Factor	g L-1 o ml L-1	1000 Litros
	Mg/l	g/l	g/ml	%			
HNO₃	2.65	63	1.3	54	0.06	0.17	240 ml
H₃PO₄	1.25	98	1.70	85	0.07	0.08	116 ml
H₂SO₄	0.64	49	1.82	98	0.03	0.02	18 ml
KNO₃	3.89	101			0.10	0.39	389 g
K₂SO₄	2.00	87			0.09	0.17	180 g

$$F = \text{Factor (sólidos)} = Peq \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

$$F = \text{Factor (líquidos)} = Peq \left(\frac{g}{l \text{ eq}} \right) * \frac{1}{\text{Densidad} \left(\frac{ml}{g} \right)} * \left(\frac{100}{\text{Pureza}(\%)} \right) * \frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}}$$

Cuadro 21 Cantidad de microelementos para la solución madre de SN3.

Micros	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	
PPM	2.8	0.4	0.2	0.1	0.6	0.05	
Fertilizante	Fórmula	Elemento	Meq.	Peso del elemento	Peso Molecular	mg/l	1000 L
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ .H ₂ O	Mn	0.4	54.9	169	1.23	1.23g
Ácido Bórico	H3BO3	B	0.6	10.8	61.8	3.43	3.43g
Molibdato de Amonio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	Mo	0.05	671	1235.9	0.09	0.09g
% de nutriente							
Quelato de Hierro DTPA 6%	Fe-DTPA	Fe	2.8	6		46.67	46.67g
Quelato de cobre		Cu	0.1	9		1.11	1.11g
Quelato de Zinc		Zn	0.2	14.8		1.35	1.35g

Cuadro 22 Valores de proporción mutuas, concentración de cationes y aniones de la SN 3.

EC (mS · cm ¹)	Aniones			Cationes		
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1.37	6.75	1.25	5.75	6.00	5.67	2.59
Sumatoria	13.75			14.26		
%	49.09	9.09	41.82	42.08	39.76	18.16

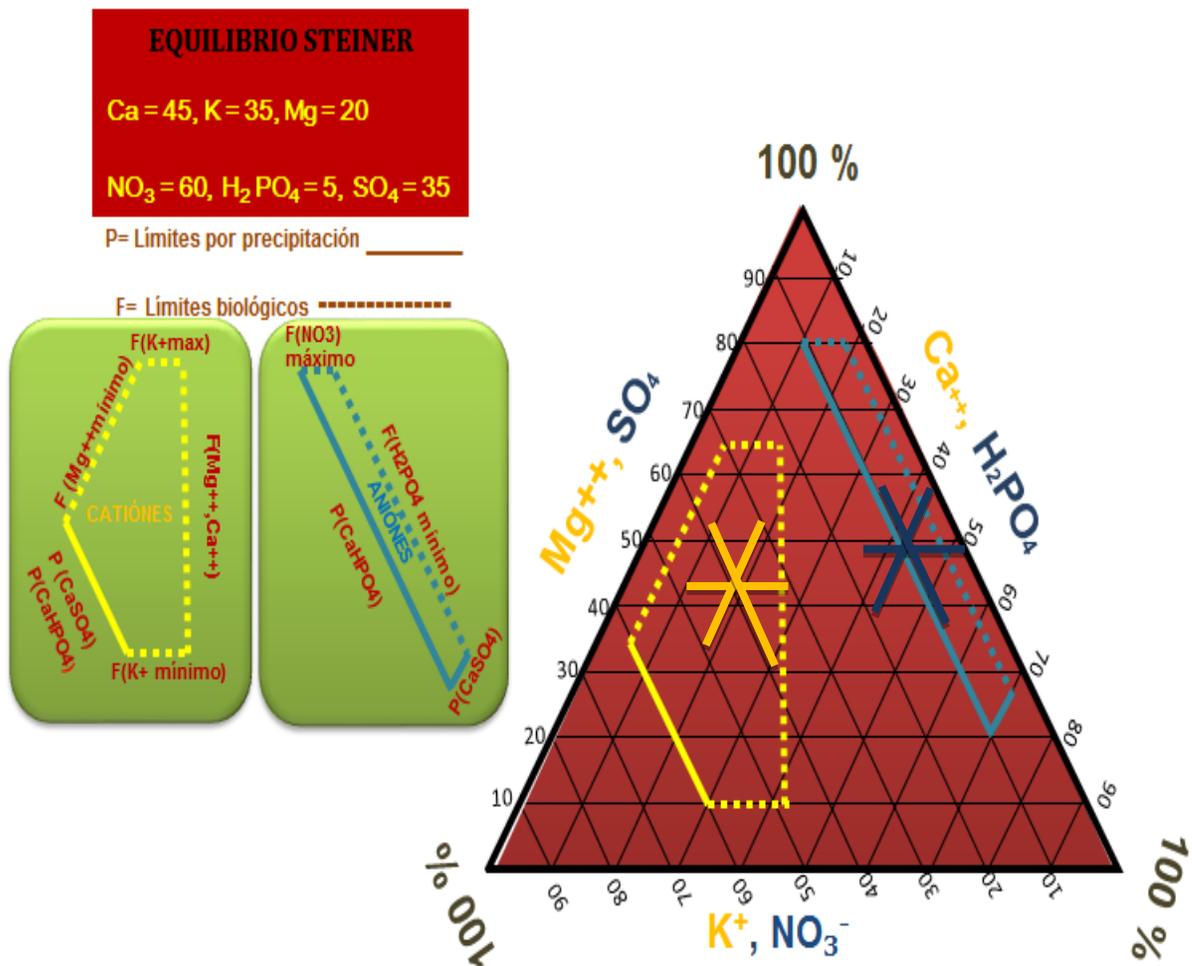


Figura 9 Triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones de la SN 3.

Se prepararon 3 garrafones de 19 litros con cada solución madre, cada uno para 500 litros de solución nutritiva, posteriormente se acondicionaron las soluciones para los 3 tratamientos en tambos de 200 Litros para la variante con sustrato y de 90 litros para la variante sin sustrato.



19 l

$$\frac{19 l \times 180 l}{1000 l} = 3.42 l \text{ (solución madre)}$$

$$3.42L \text{ (solución madre)} + 176.58L \text{ (agua)} = 180L \text{ de SN}$$



200 l



19 l

$$\frac{19 l \times 60 l}{1000 l} = 1.14 l \text{ (solución madre)}$$

$$1.14 l \text{ (solución madre)} + 58.6 \text{ (agua)} = 60 l \text{ de SN}$$



90 l

Figura 10 Cálculos de disolución nutritiva.

3.9.4 Mantenimiento de la Solución Nutritiva.

Se monitoreó la solución nutritiva periódicamente analizando la conductividad eléctrica (CE) y el potencial de hidrogeno (pH) utilizando un instrumento portátil marca HANNA modelo HI 98130. Se ajustó el pH con H_3PO_4 como se muestra en los cuadros A2-A6.

3.10 Temperatura y Húmeda Relativa

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

3.11 Labores culturales

3.11.1 Poda

La eliminación de partes vegetativas enfermas y ya en senescencia le proporcionan más fuerza y vigor a las plantas, mejorando el desarrollo y la producción. Se eliminaron hojas amarillentas o en tonalidades pardas, necrosis y hojas viejas, ayudando así a la planta al mejorar 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.

3.11.2 Polinización

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

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.

3.11.3 Control de plagas

Se aplicó extracto de Neem ($1\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$) 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 (Valencia et al., 2004).

Para combatir a las plagas se utilizaron insectos benéficos:

Orius laevigatus ataca principalmente al trips (*Frankliniella occidentales*).

Amblyseius swirskii controla la población de mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Eretmocerus eremicus parasita mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Phytoseiulus persimilis específico para la araña roja (*Tetranychus spp.*).

Aphidius colemani parasita al pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*).

Chrysoperla carnea devora al pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*).



Figura 11 Paquete de control biológico.

Se sublimaron 0.2g de azufre (S) al 99% de pureza en el invernadero, por debajo de la temperatura de 30°C , como agente acaricida y fungicida. El azufre realiza su acción al estado de gas, 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 12 Sublimación de azufre.

3.12 Análisis del tejido

Se realizó un muestreo foliar a los 122 días después del trasplante para obtener la concentración nutrimental de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cinc (Zn), cobre (Cu) y Hierro (Fe) en planta.

Se pesaron las plantas en fresco de cada tratamiento de acuerdo a la variedad y sustrato con una balanza electrónica marca OHAUS modelo LS200 con capacidad de 200 g.

Se metieron las plantas a una estufa de secado marca MAPSA modelo HDP – 334 a una temperatura de 60° C durante 48 horas y obtener así el peso seco.

En la medición de P se empleó el método por colorimetría de azul de molibdeno. El Ca, Mg, Zn, CU y Fe se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica.

3.13 Variables evaluadas del fruto

Para una evaluación estadística se registraron las 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).

3.13.1 Peso total de frutos por planta (PTFP)

El peso total de frutos de planta se consiguió a los 122 días después del trasplante. Se cuantificó la producción por tratamiento usando una balanza electrónica marca OHAUS modelo LS200 con capacidad de 200 g.

3.14.2 Longitud polar (LP)

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

3.14.3 Diámetro ecuatorial (DE)

El diámetro ecuatorial consideró la medición de los frutos horizontalmente. En la clasificación de los mismos se empleó la norma NMX-FF-062-SCFI-2002. Las mediciones se realizaron con un vernier TRUPER.

3.14.4 Firmeza del fruto (FF)

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

3.14.5 Sólidos solubles totales (SST)

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

3.14.6. 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 0.1 N hasta obtener el primer cambio de color a rosa en la muestra. Se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron en porcentaje (gramos del ácido predominante por cada 100 g del producto) 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 ácido cítrico es el ácido orgánico principal en el fruto de la fresa (Estrada, 2011)

El miliequivalente para el ácido cítrico es de 0.064 g.

Para fines estadísticos se calculó el arco-seno de la raíz del porcentaje

3.14 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza como un factorial en bloques completamente al azar con seis repeticiones. También se hicieron las pruebas de comparación de medias Tukey en el programa "Statistical Product and Service Solutions (SPSS) versión 22.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones ambientales

4.1.1. Temperatura

De acuerdo a la Figura 13 referente a la temperatura del aire en el invernadero, se observa que la mínima fue de 10° C. y la máxima de 50°. 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 Lakso (1986) citados por Estrada (2011), mencionan que un rango de temperatura entre 20 °C y 35 °C para la mayoría de las plantas C_3 incrementa la importación y exportación de carbohidratos lo que se refleja en 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 altas temperaturas, si rebasan los 30 °C el tamaño y peso de la fruta disminuyen, así como el crecimiento de la planta. Lo que explica los bajos rendimientos por planta en nuestro experimento en general al compararse con producción comercial donde una planta puede producir hasta 1 kg por planta por ciclo con las condiciones óptimas (Oliva 2013).

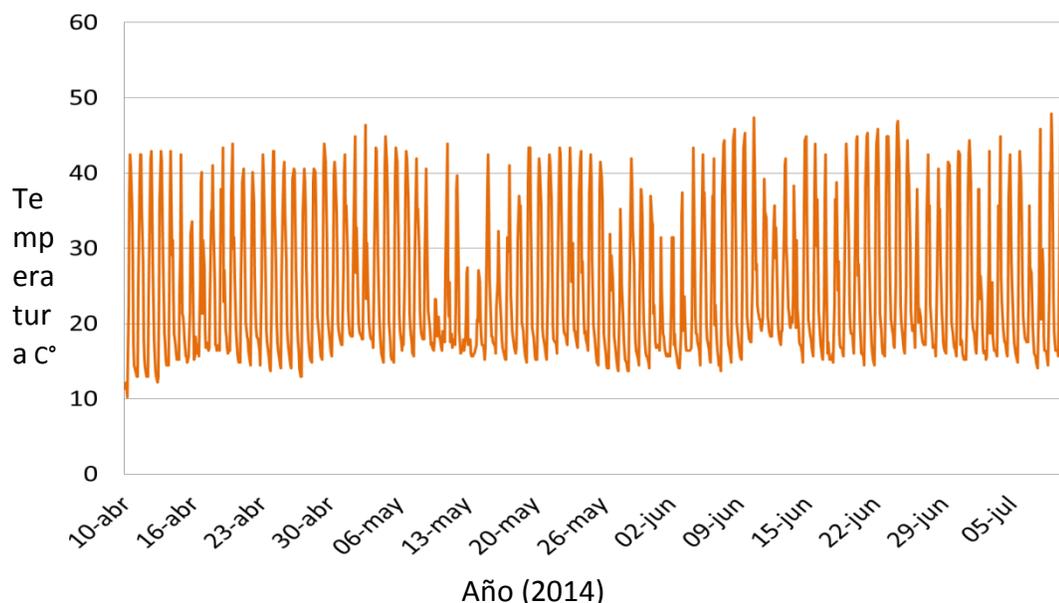


Figura 13 Temperatura (°C) del aire en el interior del invernadero.

4.1.2. Húmeda Relativa

La humedad relativa en los 122 días del experimento se muestra en la figura.14 Los valores se mantienen muy constantes con un valor máximo de 35.9%, un mínimo de 23% y cifra promedio 25.22%. Lieten (2002) indicó que con un porcentaje de 65% a 75% de humedad relativa en invernadero se obtienen la máxima producción y tamaño del fruto. Urrestarázu (2004) cita a Tibbittis (1992) quien determina que una baja humedad relativa en los cultivos se ve reflejada en una diferencia de la partición del calcio y boro provocando mala calidad en fruto. Por lo que un mal manejo de la humedad relativa, provocó quemaduras en la punta en hojas emergentes como reportó Lienten (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 en nuestra planta.

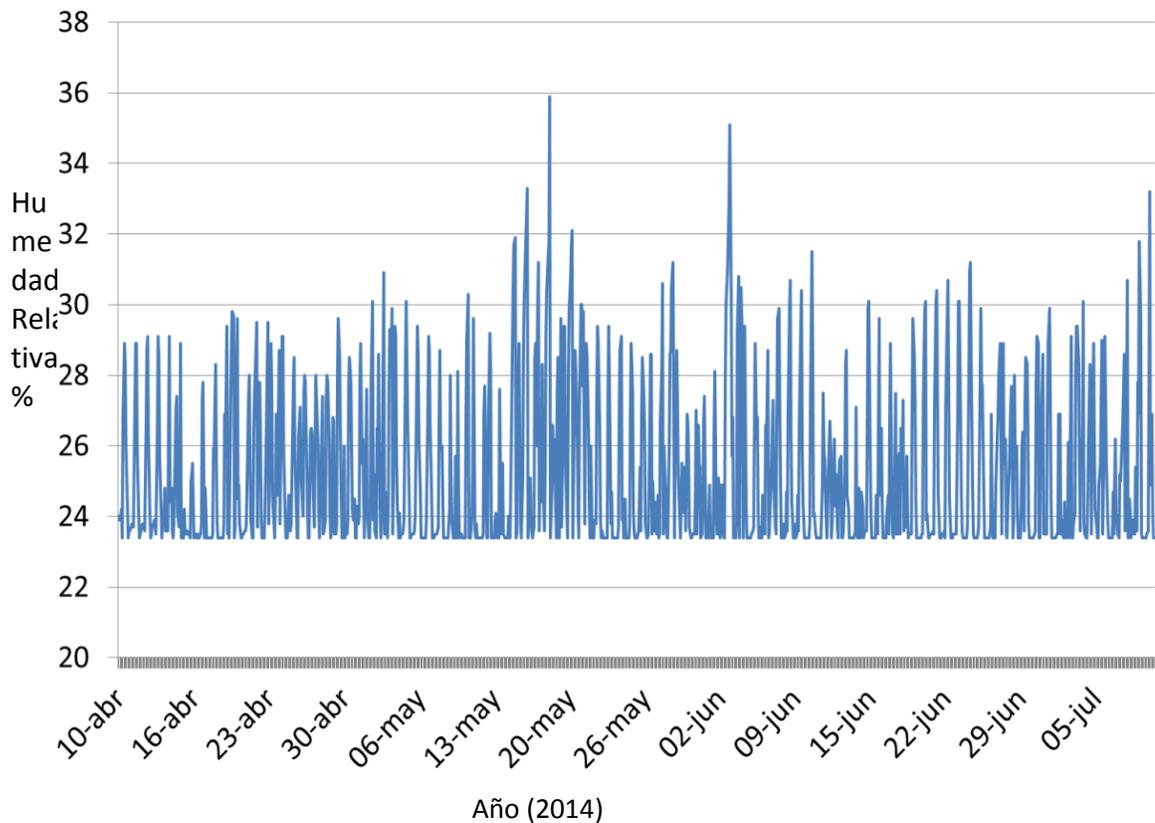


Figura 14 Humedad Relativa (%) del aire en el interior del invernadero.

4.1.3 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 en el aire (Anderson, 1982). Con la aplicación de la ecuación de (Rosenberg *et al.*, 1983) la figura 15 muestra la diferencia de presión de vapor de agua (DVP), a lo que se recomienda mejorar las condiciones climáticas del invernadero, ya que a temperatura mínima de 10°C y máxima 50°C respecto a la humedad relativa promedio 25.22% da como resultado una DVP de 1.24 y 12.37 kPa respectivamente. Requejo (2008) menciona que se puede establecer como intervalo óptimo el comprendido entre 0.5 y 1.5 kPa (para valores de humedad ambiental entre 60 y 85 por ciento), 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 atmósfera aérea seca provocando cierre de estomas. Afectando al rendimiento de los cultivos como en el experimento, ya que el flujo de agua a través de la planta inducido por la transpiración, provee un buen sistema de transporte para los minerales, que son absorbidos por las raíces y que se mueven en la corriente transpiratoria (Estrada, 2011).

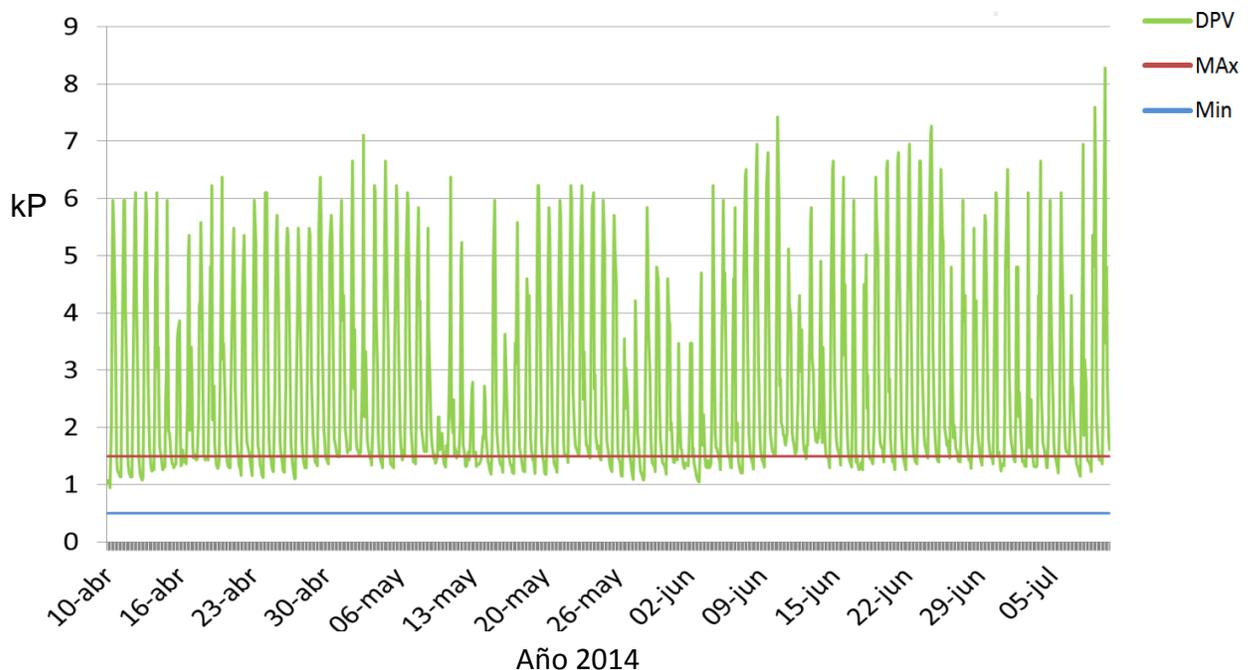


Figura 15 Déficit de presión de vapor.

4.2. Evaluación estadística

El Cuadro 23 presenta los cuadrados medios y significancia correspondientes a las variables evaluadas en el experimento. En él se puede observar que existe dentro de los tratamientos diferencia significativa para las variables peso total de frutos por planta (PTFT), diámetro ecuatorial (DE) y firmeza del fruto (FF). En el caso de las variedades se presenta alta diferencia significativa en todas las variables estudiadas. En sustratos hubo alta diferencia significativa en las variables peso total de frutos por planta (PTFT) y significativas en longitud polar (LP), diámetro ecuatorial (DE) y firmeza del fruto (FF). Para las repeticiones reflejó alta diferencia significativa en acidez titulable (AT).

El Coeficiente de variación para PTFT, FF y SST indicó gran dispersión respecto a la media, ocasionada por el corte de la primera flor y el calibre de la planta.

Cuadro 23 Cuadrados medios y prueba de F de los análisis de varianza para fresa establecida en un sistema hidropónico NGS®

FV	GL	PTFP	LP	DE	FF	SST	GL	AT
SN	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**
EE	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, V=Variedad, S=Sustrato, R=Repetición, EE=Erro del Experimento, C.V=Coeficiente de variación, GL=Grados de libertad, PTFP=Peso total de frutos por planta, LP=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.

4.3. Comparación de medias para cada variable

4.3.1 Peso total de frutos por planta (PTFP)

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento la SN que generó más peso fresco con una media de $83.48 \text{ g*planta}^{-1}$ (figura 16), 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 $104.88 \text{ g*planta}^{-1}$ 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 $39.75 \text{ g*planta}^{-1}$. Esto concuerda con Hartmann y Kester (2002) quienes reportan que variedades diferentes tienen rendimientos diferentes bajo las mismas condiciones de cultivo.

El análisis para las diferentes mezclas de medios de crecimiento separó estadísticamente los resultados en 3 grupos “a”, “b” y “c”. El medio de crecimiento “A” (75% de perlita 25% fibra de coco) generó el valor más alto con $92.83 \text{ g*planta}^{-1}$ ubicándola en el grupo de medias “a” superando en un 37% al valor del medio de crecimiento “B” (50% de perlita 50% fibra de coco) y en un 83% al valor del medio de crecimiento “D” (sin sustrato, solo SN). El medio de crecimiento “C” provocó un valor medio entre los grupos “a y b”. Las propiedades físicas de los medios de crecimiento

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 0.5 mm 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 mayor se afecta negativamente la aireación en las raíces, por lo que es necesario que la mezcla de sustrato tenga un tamaño de partícula grande entre 1.5 a 2 mm y así incrementar porosidad total y en consecuencia 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 similar 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.

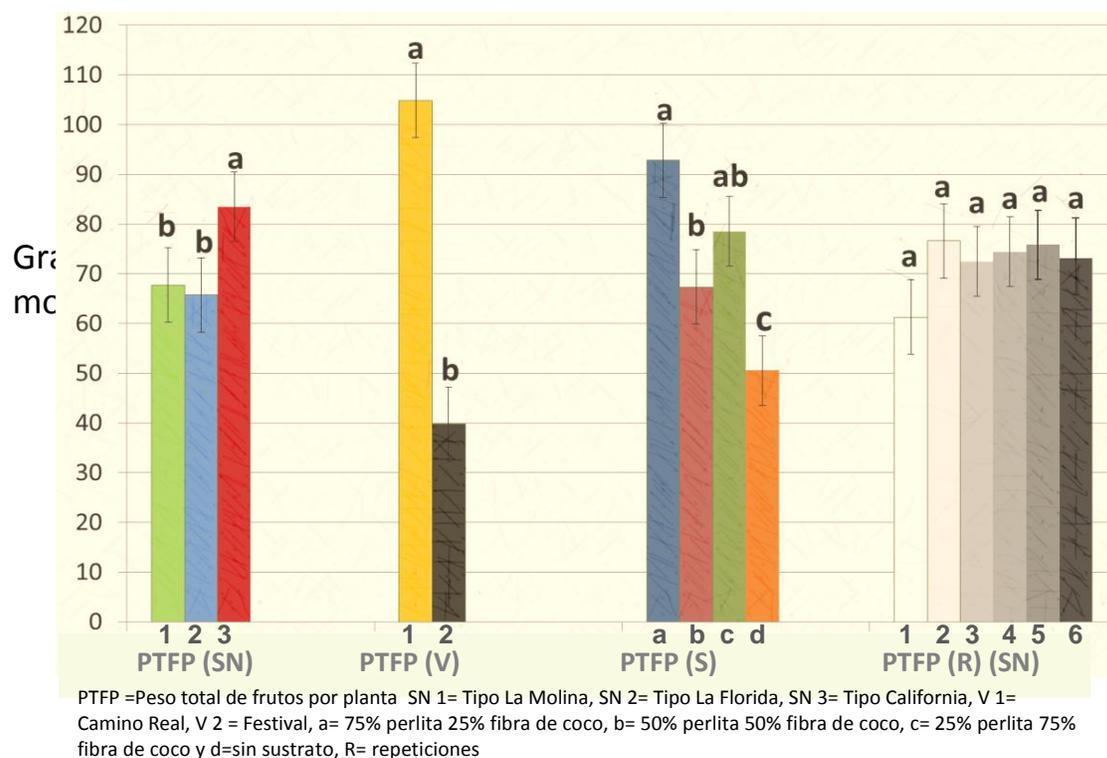


Figura 16 Peso total de frutos de fresa por planta de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

4.3.2 Longitud polar (LP)

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 reporto 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.

El análisis para las diferentes mezclas de medios de crecimiento separo estadísticamente los resultados en 2 grupos "a" y "b". El medio de crecimiento "A" (75% de perlita 25% fibra de coco) genero el valor más alto con 3.07 cm ubicándola en el grupo de medias "a" superando en un 19% al valor del medio de crecimiento "D" (sin sustrato, solo SN). El medio de crecimiento "B" y "C" provoco 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.

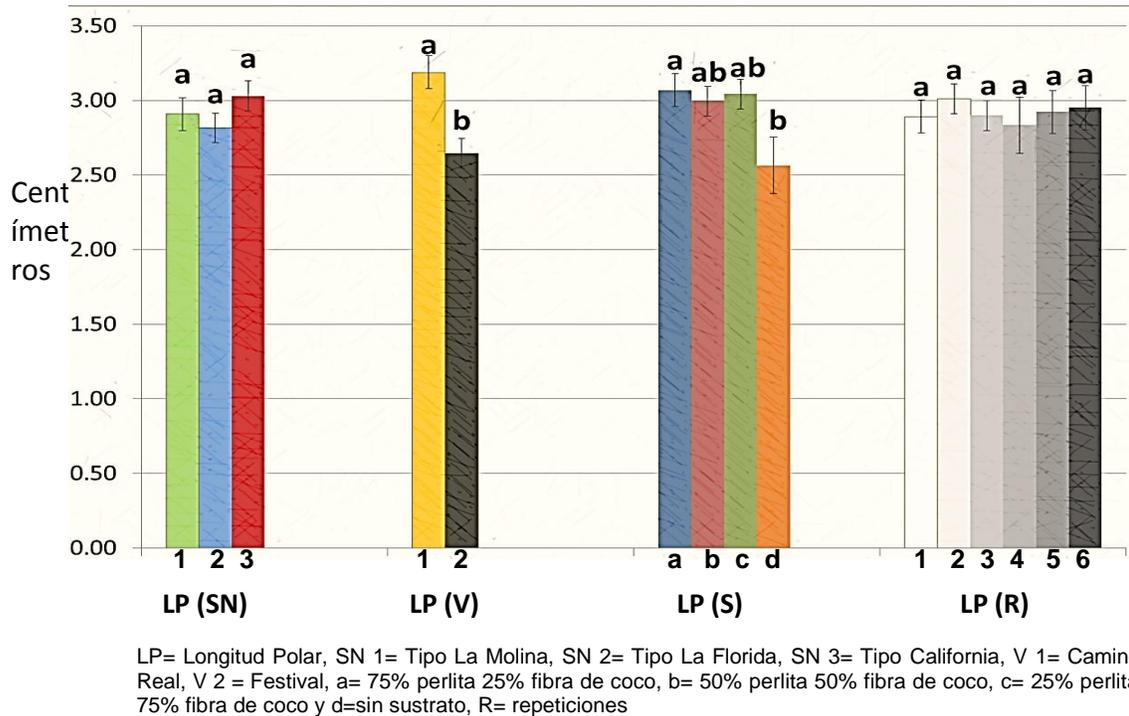


Figura 17 Longitud polar de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

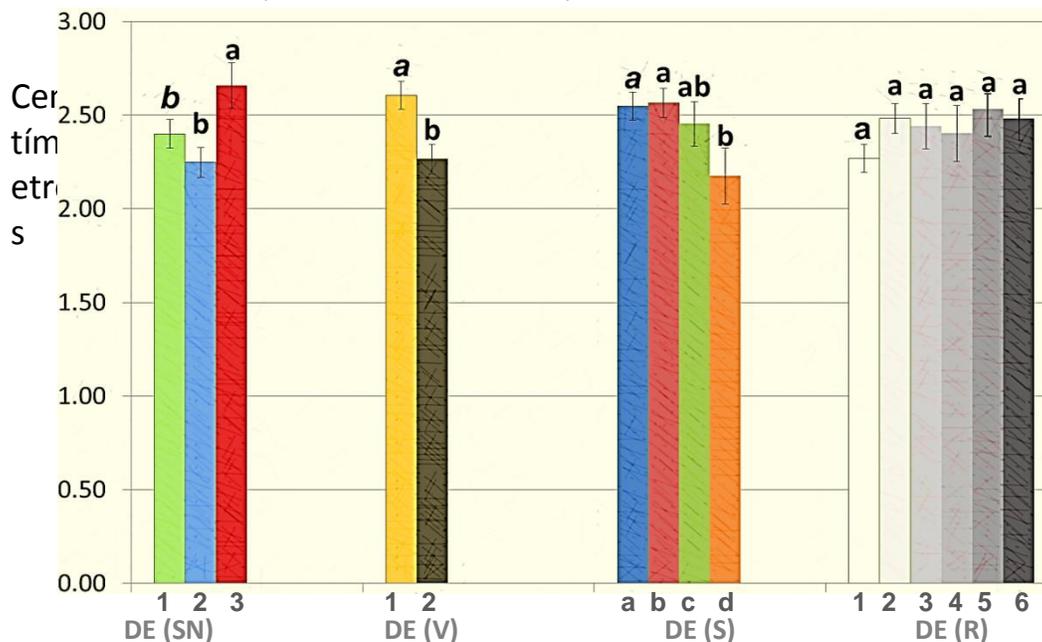
4.3.3 Diámetro ecuatorial (DE)

El análisis para las diferentes soluciones nutritivas se separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b”. La SN 3 (tipo California) con mejor conductividad eléctrica de 1.7 mScm^{-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 separó estadísticamente en 2 grupos “a” y “b”. Camino Real (V 1) obtuvo el mayor valor medio de 2.61 cm agrupándolo en el “a” superando con un 15% a variedad Festival (V 2) la cual reportó una media de 2.27 cm. Al respecto, (Hancock, 1999) menciona que existen grandes diferencias en el

comportamiento nutrimental en cada variedad de fresa, además el ambiente juega un papel primordial en la expresión de síntomas de deficiencia. 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.

Conforme a los resultados que se obtuvieron en el experimento en los medios de cultivo se separó estadísticamente en 2 grupos “a” y “b”. La mezcla “A” (75% de 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 2.57 cm, las cuales conformaron el grupo “a” superando en un 17% al valor del medio de crecimiento “D” (sin sustrato, solo SN). Lo que explica Urrestarazu (2004) que una adecuada ofertada 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 temperatura 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).



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= 75% perlita 25% fibra de coco, b= 50% perlita 50% fibra de coco, c= 25% perlita 75% fibra de coco y d=sin sustrato, R= repeticiones

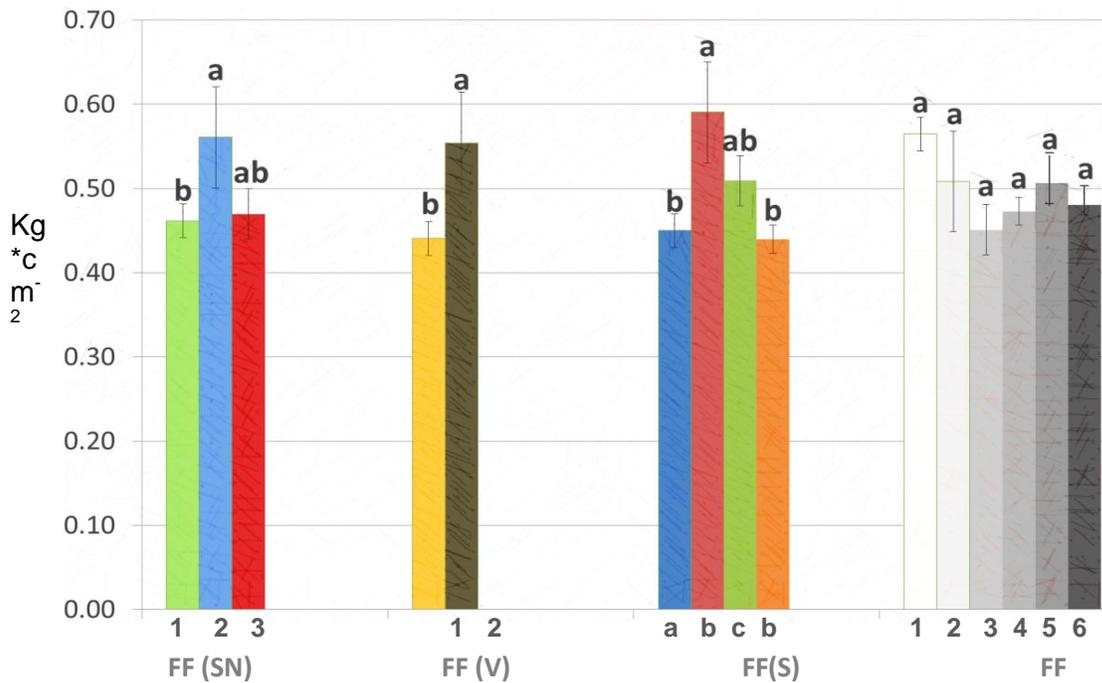
Figura 18 Diámetro ecuatorial de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V) y 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

4.3.4 Firmeza del fruto (FF)

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento la SN 2 (tipo La Florida) generó más firmeza del fruto con una media de $0.56 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$. (figura 19) dicha solución aportó mayor concentración del elemento Ca. Al respecto, Demarty *et al.*, 1984 se refiere al Ca^{2+} como el mayor elemento estructural de la lamela media 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 diferente variedades separo 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 (V 1)). La variedad Festival (V 2) 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.

Conforme a los resultados que se obtuvieron en el experimento en los medios de cultivo se 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 reporto el mayor valor medio de $0.59 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ y conformo el grupo “a” superando en un 34% al valor del medio de crecimiento “D” (sin sustrato, solo SN) y “A” (75% de perlita 25% fibra de coco). Lo que explica Lopez (2006) que la firmeza del fruto parece incrementar con la salinidad, aunque esto depende también del cultivar.



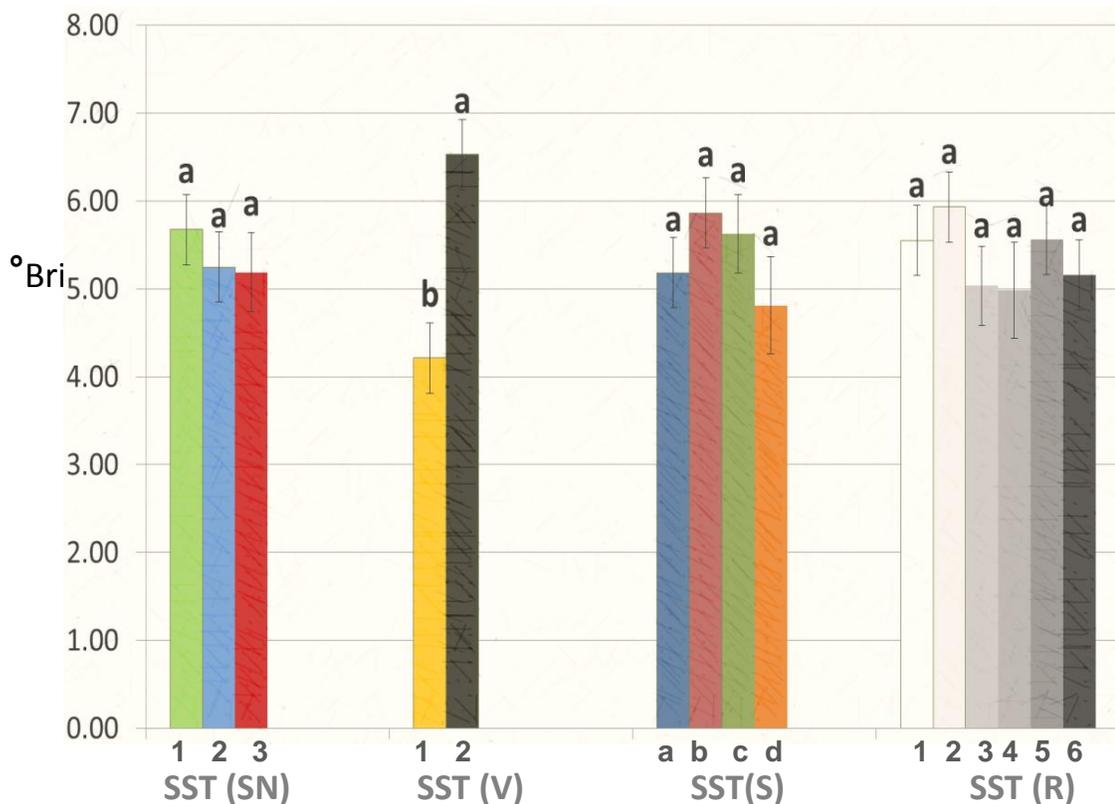
FF= Firmeza del Fruto, SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, a= 75% perlita 25% fibra de coco, b= 50% perlita 50% fibra de coco, c= 25% perlita 75% fibra de coco y d=sin sustrato, R= repeticiones

Figura 19 Gráfica de medias de firmeza del fruto de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

4.3.5 Sólidos solubles totales (SST)

Los resultados obtenidos durante el experimento para esta variable no cumplieron con 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 separó estadísticamente los resultados en 2 grupos “a” y “b”. Festival (V 2) 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 (V 1) (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.



SST= Sólidos solubles totales= Firmeza del Fruto, SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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, R= repeticiones

Figura 20 Gráfica de medias de sólidos solubles totales de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

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.

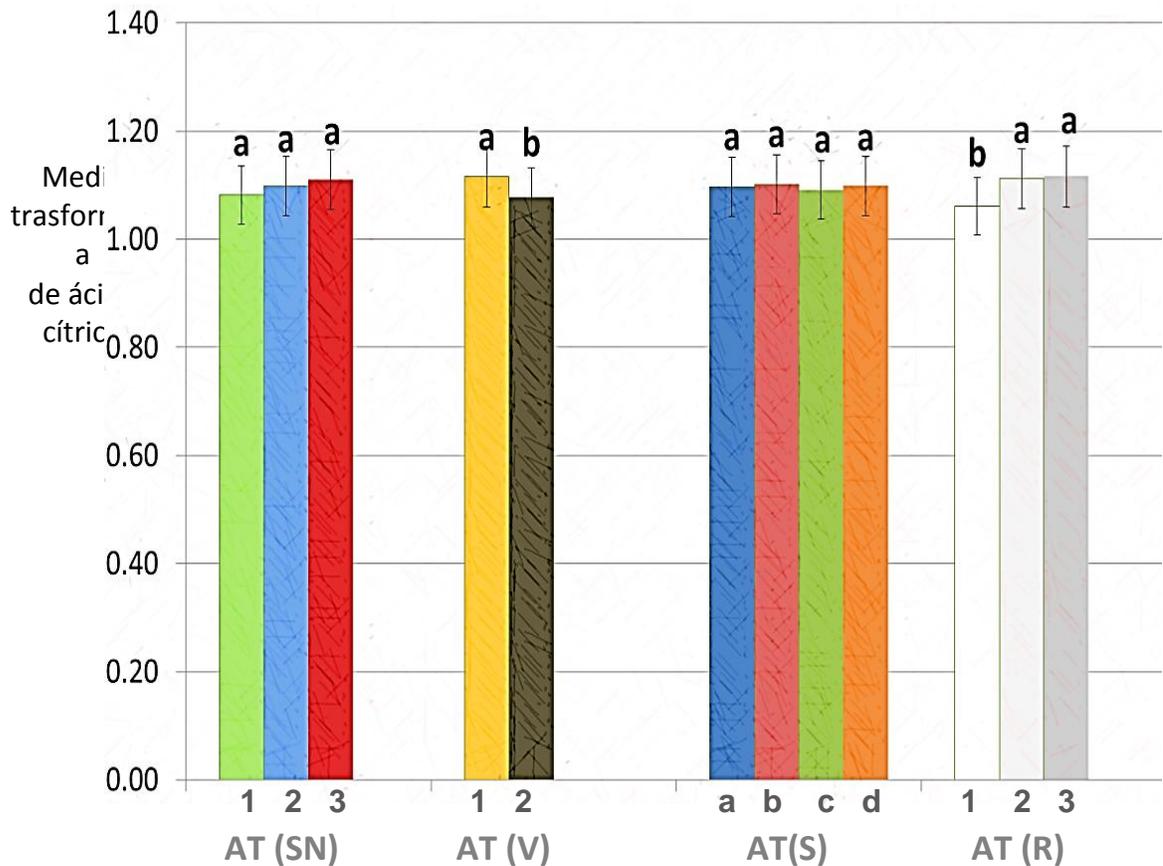
El análisis para las diferentes, soluciones nutritivas y medios de cultivo no existió diferencia de medias ($P=0.05$).

4.3.6 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 separo 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 sobre pasó los límites aceptables que menciona Ramírez (2011), la cual el acidez titulable debe de ser como máximo 0.8 %.



AT= Acidez titulable = Firmeza del Fruto, SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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, R= repeticiones

Figura 21 Gráfica de medias de acidez titulable de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

4.4. Resultados de los análisis de tejido vegetal con el método de Diagnóstico Óptimo Porcentual (DOP)

Se analizaron los resultados de los análisis de tejido con el método DOP usando como referencia: Cadahia (2005), Reuter y Robinson (1986), Benton (1991) y Ellis et al., (2006).

Los resultados con la referencia de Cadahia (2005), se mostraron en todas las soluciones deficiencia en el microelemento Cu. La solución 2 (tipo La Florida) está más cerca del óptimo. El índice de desbalance nutricional (IDN) reflejo menor valor. A mayor IDN menor balance (Cadahia, 2005).

Cuadro 24 IDN de acuerdo a Cadahia (2005) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6 repeticiones (R).

SN= Solución Nutritiva, V=Variedad S= Sustrato IDN=Índice de desbalance nutricional
 SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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

SN	V	S	IDN	Orden de Requerimiento
1	1	a	194.77	Cu >Fe >Ca >K >P >Zn >Mg
1	1	b	256.88	Cu >Zn >Ca >K >Fe >Mg >P
1	1	c	212.22	Cu >Fe >K >Ca >Zn >Mg >P
1	1	d	253.12	Cu >Fe >Ca >K >Mg >P >Zn
1	2	a	311.94	Cu >Fe >Zn >Ca >P >K >Mg
1	2	b	242.04	Cu >Fe >Ca >Zn >K >Mg >P
1	2	c	270.91	Cu >Fe >Zn >Ca >K >Mg >P
1	2	d	244.25	Cu >Fe >Ca >Zn >K >Mg >P
2	1	a	181.39	Cu >Ca >K >Zn >Mg >Fe >P
2	1	b	206.50	Cu >Ca >K >Zn >Mg >P >Fe
2	1	c	205.63	Cu >Ca >Zn >K >Mg >Fe >P
2	1	d	221.09	Cu >Ca >P >K >Zn >Fe >Mg
2	2	a	258.44	Cu >Ca >Fe >K >Zn >Mg >P
2	2	b	242.22	Cu >Ca >Fe >Zn >K >Mg >P
2	2	c	292.22	Cu >Zn >Ca >K >Fe >P >Mg
2	2	d	337.83	Cu >P >Ca >Zn >Fe >K >Mg
3	1	a	305.65	Cu >Ca >Fe >P >Zn >K >Mg
3	1	b	226.79	Cu >Ca >Fe >Zn >P >K >Mg
3	1	c	244.13	Cu >Ca >Fe >Zn >K >Mg >P
3	1	d	205.15	Cu >Fe >Ca >K >Mg >Zn >P
3	2	a	287.21	Cu >Ca >Fe >Zn >P >K >Mg
3	2	b	268.08	Cu >Ca >Zn >Fe >K >Mg >P
3	2	c	313.72	Cu >Ca >Zn >P >Fe >K >Mg
3	2	d	292.41	Cu >P >Fe >Ca >Mg >Zn >K

Cuadro 25 IDN de acuerdo a Reuter y Robinson (1986) de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2

SN= Solución Nutritiva, V=Variedad S= Sustrato IDN=Índice de desbalance nutricional SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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.

SN	V	S	IDN	Orden de Requerimiento
1	1	a	241.01	P >Zn >Mg >Cu >Ca >Fe >K
1	1	b	256.31	Zn >Cu >Mg >P >Ca >K >Fe
1	1	c	211.84	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
1	1	d	144.82	Mg >Cu >Ca >P >Zn >Fe >K
1	2	a	307.15	Zn >Cu >P >Mg >Ca >Fe >K
1	2	b	232.59	Zn >Cu >Mg >P >Ca >Fe >K
1	2	c	244.56	Zn >Cu >Mg >P >Ca >Fe >K
1	2	d	202.32	Zn >Mg >Cu >P >Ca >Fe >K
2	1	a	291.13	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	b	396.84	Cu >Mg >Zn >P >Ca >K >Fe
2	1	c	325.54	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	d	321.81	Cu >P >Zn >Mg >Ca >K >Fe
2	2	a	253.23	Cu >Zn >Mg >Ca >P >Fe >K
2	2	b	268.32	Cu >Zn >Mg >Ca >P >Fe >K
2	2	c	314.06	Zn >Cu >P >Mg >Ca >K >Fe
2	2	d	282.56	P >Zn >Mg >Cu >Ca >Fe >K
3	1	a	307.82	P >Cu >Zn >Mg >Ca >Fe >K
3	1	b	282.43	Zn >P >Mg >Cu >Ca >Fe >K
3	1	c	266.34	Zn >Mg >Cu >P >Ca >Fe >K
3	1	d	207.10	Mg >Cu >Zn >Ca >P >Fe >K
3	2	a	306.59	Zn >Cu >Ca >Mg >P >Fe >K
3	2	b	271.54	Zn >Cu >Mg >Ca >P >Fe >K
3	2	c	321.23	Zn >P >Ca >Mg >Cu >Fe >K
3	2	d	325.17	P >Mg >Zn >Ca >Cu >Fe >K

Los resultados de DOP usando los valores de Reuter y Robinson (1986) muestran a la SN 1 (tipo La Molina) por sus concentraciones es la más cercana al óptimo, se puntualizan deficiencias en los microelementos, por otra parte el K se

encuentra como un exceso en planta. De acuerdo a la esta referencia señaló el índice de balance nutricional como el más equilibrado.

Conforme a la referencia de Ellis et al., (2006). los microelementos, principalmente Cu se encuentra con un requerimiento alto. La SN 1 (tipo La Molina) se ubica como la más destacada por su proximidad al equilibrio.

Cuadro 26 IDN de acuerdo a Ellis et al., (2006). de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V). 4 diferentes medios de cultivo con 6

SN= Solución Nutritiva, V=Variedad S= Sustrato IDN=Índice de desbalance nutricional SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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.

SN	V	S	IDN	Orden de Requerimiento
1	1	a	380.11	Cu >Zn >P >Mg >Ca >K >Fe
1	1	b	369.94	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
1	1	c	335.58	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
1	1	d	311.86	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
1	2	a	383.83	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
1	2	b	355.30	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
1	2	c	340.25	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
1	2	d	335.08	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
2	1	a	435.48	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	b	540.82	Cu >Zn >P >Mg >Ca >K >Fe
2	1	c	451.88	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	d	442.94	Cu >Zn >P >Mg >Ca >K >Fe
2	2	a	363.78	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	2	b	386.12	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	2	c	410.24	Cu >Zn >P >Mg >Ca >K >Fe
2	2	d	383.10	Zn >Cu >P >Mg >Ca >K >Fe
3	1	a	400.69	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
3	1	b	408.31	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
3	1	c	391.34	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
3	1	d	356.79	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
3	2	a	393.06	Zn >Cu >P >Mg >Ca >Fe >K
3	2	b	390.49	Zn >Cu >Mg >Ca >P >Fe >K
3	2	c	420.83	P >Ca >K >Mg >Zn >Cu >Fe
3	2	d	429.57	P >Cu >Zn >Mg >Ca >Fe >K

Benton (1991) de acuerdo a sus niveles, encuentra a la solución 1 (tipo La Molina) como la más sobresaliente por su balance nutrimental, respecto al orden de requerimiento el microelemento Cu por su déficit se ubica como primordial en atención. La solución nutritiva (tipo La Molina) produjo el balance nutrimental promedio de 277.25, la solución nutritiva 2 (tipo La Florida) 319.6 y la solución nutritiva 3 (tipo California) un valor promedio de 320.08.

Cuadro 26 IDN de acuerdo a Ellis et al., (2006). de acuerdo a 3 soluciones nutritivas (SN), 2 variedades (V), 4 diferentes medios de cultivo con 6

SN= Solución Nutritiva, V=Variedad S= Sustrato IDN=Índice de desbalance nutrimental SN 1= Tipo La Molina, SN 2= Tipo La Florida, SN 3= Tipo California, V 1= Camino Real, V 2 = Festival, 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.

SN	V	S	IDN	Orden de Requerimiento
1	1	a	248.68	Cu >Zn >P >Mg >Fe >Ca >K
1	1	b	262.65	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
1	1	c	254.73	Cu >Zn >Mg >P >Fe >Ca >K
1	1	d	234.00	Cu >Mg >Fe >Ca >P >Zn >K
1	2	a	359.95	Cu >Zn >P >Mg >Fe >Ca >K
1	2	b	286.98	Cu >Zn >Mg >Fe >P >Ca >K
1	2	c	311.38	Cu >Zn >Fe >Mg >P >Ca >K
1	2	d	274.57	Cu >Zn >Mg >Fe >P >Ca >K
2	1	a	271.82	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	b	346.60	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	c	298.87	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe
2	1	d	299.00	Cu >P >Zn >Mg >Ca >K >Fe
2	2	a	280.28	Cu >Zn >Mg >Ca >P >Fe >K
2	2	b	282.02	Cu >Zn >Mg >Ca >P >Fe >K
2	2	c	307.10	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
2	2	d	328.00	Cu >P >Zn >Mg >Ca >Fe >K
3	1	a	361.88	Cu >P >Zn >Mg >Ca >Fe >K
3	1	b	294.47	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K
3	1	c	302.98	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K
3	1	d	261.60	Cu >Mg >Zn >Ca >Fe >P >K
3	2	a	360.47	P >Ca >K >Mg >Zn >Cu >Fe
3	2	b	306.52	Cu >Zn >Mg >Ca >Fe >P >K
3	2	c	356.88	Cu >Zn >P >Ca >Mg >Fe >K
3	2	d	374.82	P >Ca >K >Mg >Zn >Cu >Fe

4.5 Mantenimiento de la solución

Leidi y Pardo (2002), mencionan que el efecto evidente ante el estrés salino en la reducción en la capacidad de absorción de agua se puede manifestar en la reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia, es decir, una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y del de turgencia.

Este efecto osmótico consiste en que altas concentraciones de sales incrementan las fuerzas potenciales que retienen al agua en la solución del medio y hace más difícil la extracción del agua por las raíces de la planta, incrementando la energía necesaria para su absorción (Santamaría et al., 2004)

Sarooshi y Cresswell (1994) señalan que la reducción de la CE de la solución nutritiva 3-2 dS/m en la fructificación temprana genera más peso en fruto en comparación con los frutos constantes de CE de 2 dS / m. El aumento de la CE 2-3 o reducirla de 3 a 2 en la fructificación refleja frutos más dulces y la reducción de en fructificación de la CE de 4 a 2 mejorado el aroma frutal. Rendimiento disminuyó cuando la CE se aumentó de 2 a 4 dS/m.

Morgan (2000) recomienda en sistemas hidropónicos una conductividad eléctrica de 1.4 - 1.8 mScm⁻¹.

Ramírez (2011) menciona que una CE de 2 a 3 mScm⁻¹ en verano y 2.5 a 3 mScm⁻¹ en invierno asegura un buen rendimiento y fruta de alta calidad.

La solución nutritiva 1 (tipo La Molina) alcanzó una CE máxima de 3.25 y una mínima de 1.93 mScm⁻¹. La solución nutritiva 2 (tipo La Florida) reportó una CE máxima de 2.75 y como mínima de 1.63 mScm⁻¹. La solución nutritiva 3 (tipo California) mantuvo la CE más baja de las soluciones con una máxima de 2.5 y una mínima de 1.45 mScm⁻¹

V. CONCLUSIONES

Las soluciones nutritivas 3 (tipo California) y 1 (tipo La Molina), se encontraron dentro del rango óptimo de triángulo de relaciones de proporciones mutuas de cationes y aniones. Por otro lado la solución nutritiva 2 (tipo La Florida) se sobrepasó el límite de precipitación de CaHPO_4 .

La solución nutritiva que generó mejor resultados en producción y calidad fue la solución 3 (tipo California), por su mejor relación de nutrientes (N:P:K K/N y K/(Ca + Mg)) y menor conductividad eléctrica.

La variedad Camino Real fue superior a Festival bajo las circunstancias ambientales del experimento, dando así mayor rendimiento y tamaño de fresa.

El sustrato "a" (75% perlita 25% fibra de coco) le proporcionó las mejores condiciones a la planta para su desarrollo.

El diagnóstico nutricional DOP informó que la solución nutritiva (tipo La Molina) produjo el mejor valor de balance nutrimental promedio de 277.25, el intermedio lo reportó la solución nutritiva 2 (tipo La Florida) con 319.6 y el más alto correspondió a la solución nutritiva 3 (tipo California) con un valor promedio de 320.08.

El método DOP reportó al cobre (Cu) como el más deficiente y al potasio (K) como el más suficiente.

VI. RECOMENDACIONES.

Para investigaciones futuras se aconseja mejorar las condiciones ambientales del invernadero con equipos como pared húmeda y malla sombra con más porcentaje de sombreado.

Llevar a cabo un trabajo respecto a la gran gama de variedades de fresa para seleccionar la más adecuada a las circunstancias climáticas de la zona.

Puntualizar la nutrición de fresa referente a los micronutrientes.

Manejar una densidad de planta diversa mediante el uso de multibanda duo NGS® de doble hilera especializadas para fresa.

VII. Bibliografía

Aguilar, T. M. 2011. Demanda nutrimental de cuatro variedades de fresa (fragaria x annanasa), cultivadas en la región de Zamora Michoacán. Tesis de Maestría en ciencia. Colegio de postgraduados Texcoco, estado de México, Mexico.

Alcántar, G. G. y Tréjo T. L. I. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa. México.

Alcántar, G. G. y Sandoval, M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

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

Avilan, L., Leal. F., Bautista D. 1992. Manual de Fruticultura. 2 ed. Caracas, Venezuela. Editorial América. pp. 1057-1077.

Baixauli, S. C. y Aguilar, O. J. M. 2002. Cultivo sin Suelo de Hortalizas, Aspectos Prácticos y Experiencias GENERALITAT VALENCIANA Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia España 37-54p.

Barroso, M. C. y Álvarez C. E. 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. *Sci. Hort.* 4(71):177-188

Bartual, R. 1995. Cultivo del fresón: Mejora genética aplicada a la obtención de nuevas variedades. En: Curso Internacional Cultivo de la Fresa (Frutilla). Dirección General de Investigación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Málaga, Huelva, España.

Boukalfa, A. 1995. Una tecnología de fácil familiarización el NGS® , un paso más en cultivo hidropónico. *Horticultura.* Almería, España. Pág. 89-91

Bugbee, G.J., Frink, C.R., 1986. Aeration of potting media and plant growth. *Soil Science* 141, 438-441.

Cadahia, L. C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Campos, G. T. 2014. Relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ en la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en hidroponía. Tesis en maestría en ciencias Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Mexico.

Cantliffe, D., Castellanos J., y Paranjpe A. 2007 Yield and Quality of Greenhouse-grown Strawberries as Affected by Nitrogen Level in Coco Coir and Pine Bark Media Horticultural Sciences Department, University of Florida. Acta Hort 120

Carrasco, G. e Izquierdo J. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante NFT. Universidad de Talca. Chile. pp:31-40.

Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G., Conti, S. 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. Sci. Hortic. 129: 479-485.

Cruz, M. 1998. Informe agropecuario bioleche INIA Quilamapu. Gobierno de Chile Ministerio de Agricultura, Chile. 5p.

Damián, N. A., González, H. V. A., Sánchez, G. P., Peña, V. C. B. y Livera, M. M. I. 2006. "Dinámica y diagnóstico nutrimental del guayabo en Iguala, Guerrero, México". Terra Latinoamericana, num. Enero-Marzo, pp. 125-132.

Ellis, M.A., Funt, R.C., Wright, S., Demchak, K., Wahle, E., Doohan, D., Welty, C., Williams, R.N. y Brown, M. 2006. Integrated management of strawberry diseases. Midwest strawberry production guide, the Ohio State University, USA. pp 37-38.

Estrada, N. C. 2011. Caracterización fisiológica y productiva de dos variedades mexicanas de fresa (*fragaria x ananassa*) para el subtrópico. Tesis de maestro en ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México, México.

Evans, R.Y., Gonzalez-Fuentes, 2013. Effect of air filled porosity on growth of strawberry. California Strawberry Commission, Farming without Fumigants.

Evans, R.Y., Hansen, J., Dodge, L.L., 2009. Growth of rose roots and shoots is highly sensitive to anaerobic or hypoxic regions of container substrates. *Scientia Horticulturae* 119, 286-291.

García, J. 1997. Enfermedades del melón causadas por hongos y nematodos. Melones. Barcelona, España. 131-139p.

Hartmann, H. y Kester, D. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 880 p.

Haynes, R. J. & Goh ,K. M. 2008 Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality. Agricultural Research Division , Ministry of Agriculture and Fisheries , P.O. Box 24, Lincoln, Canterbury, New Zealand

Hernández C., Ordaz, C.M., Sánchez, G. P., Colinas, L y Borges,G. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. *Edafología, Colegio de Postgraduados.* 56230. Montecillo, México.

Kirschbaum D. S. y Borquez A. M. 2006. III Simpósio nacional do morango II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul, Pelotas, Rio Grande dos Sul, Brasil.

Larson, K.D. 1994. Strawberry In: Schaffer, B., Andersen, P. (Eds.), Handbook of environmental physiology of fruit crops. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 271-297.

Ledesma, N.A., Nakata, M. y N. Sugiyama. 2008. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. *Scientia Horticulturae* 116: 186-193

Leide, E. O., y Pardo, J. M. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2(2):2-10.

Lieten F. 2000. The effect of humidity on the performance of greenhouse grown strawberry *Acta Hort* 567.

Licea, I.Z 2012. Efecto de la solución nutritiva en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*L.)En dos sistemas hidropónicos: camas flotantes y aeroponía. Tesis de grado de Profesional asociado en ingeniería de invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería. Mexico.

López, A. J. M. 2008. El cultivo de la fresa en Huelva. En: *La Fresa de Huelva*. Ed: Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca.

López, C. G. M. 2006. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su relación con el agrietado. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. Málaga, España.

López, P. L., Cárdenas, N. R., Lobit P., Martínez, C. O. y Escalante, L. O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Morelia, Michoacán, México.

Maldonado, T. R. 1994. Método Universal para la preparación de soluciones nutritivas. Apoyos Académicos No. 11. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Medrano, E., Lorenzo, P., Sánchez, G., Alonso, F. J., Briones, P. A., Parra, A. y Roldán, A. 2010. Producción integrada de fresa en sustrato con sistema recirculante en condiciones mediterráneas. IFAPA Centro La Mojonera, Almería, España. .SAT Primaflo . Agrobío S.L.

Montañés, L., Heras, L., Abadía, J. y Sanz, M. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index. Deviation from optimum percentage (DOP). J. Plant Nutr. 16(7): 1289-1308.

Morgan, L. 2000. Grow your own hydroponic strawberries. In: A. Knutson (ed). The best of the growing edge. Vol. 2. New Moon Publishing, Corvallis, OR, USA. pp.99-102.

Moroto, J. V. y Galarza, L. 1988. Producción de fresas y fresones. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Nestby, R., Lieten, F., Pivot, D., Lacroix, C. R. y Tagliavini M. 2005. Influence of Mineral Nutrients on Strawberry Fruit Quality and their Accumulation in Plant Organs. A Review. Acta Hort. 649:201-206.

Oliva, M. A. 2012. Cultivo de calidad NGS. XI Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Toluca, Edo. México.

Ramírez, H. 2011. Sistemas de producción de fresa de altas densidades. Tesis en maestría en ciencias. Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Mexico.

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., Bar-Tal, A., 2002. Substrates and their analysis. Agricultural Research Organization. In: Savvas, D., Passam, H. (Eds.). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, pp. 25-101

Requejo, L. R. 2008. Acondicionamiento Nutricional de Plantulas y Optimizacion de Sustratos en Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Bajo Invernadero. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Monterrey, Nuevo León, México.

Reyes, F. A. 2013. Diagnóstico de deficiencias de nitrógeno y magnesio con imágenes digitales. Tesis de Maestría en ciencia. Colegio de postgraduados Texcoco, estado de México, Mexico.

- Rodríguez, B. G. 2010.** Capacidad de multiplicación, productividad e indicadores de calidad de consumo de nuevas variedades mexicanas de fresa. Tesis de maestro en ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México, México.
- Rosenberg, N.J., Blas, B.I. y Verma, S.B. 1983.** Microlimate. The biological environment. 2ª ed. John Wiley & Sons.
- Sánchez, R. G. 2008.** La red de valor fresa: Sistema de inteligencia de mercados. Fundación Produce Michoacán. 145 p.
- SANTAMARÍA, C., Figueroa, V. J., U., Medina, M. 2004.** Productividad de la alfalfa en condiciones desalinidad en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera. Ídem. 22(3):343-349.
- Sonneveld, C. y Voogt, W. 2009.** Nutrient management in substrate systems. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer (ed). New York.
- Steiner, A. A. 1961.** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil 15: 134-154.
- Urrestarázu, G. M. 2004.** Tratado de cultivo sin suelo. Mundi-Prensa, Almería. España. pp. 914.
- Valencia, B. A. J., Bautista, M. N. y López, B. J. A., 2004.** "uso de extractos acuosos de nim, azadirachta indica a. Juss, en la oviposición de la mosca mexicana de la fruta *anastrepha ludens loew (diptera: tephritidae)* en naranja valencia". Fitosanidad, num. Diciembre-Sin mes, pp. 57-59.
- Villegas, T. O. G., Sánchez, G. P., Baca, C. G. A., Rodríguez, M. M. N., Trejo, C., Sandoval, V.M. y Cárdenas, S. E. 2005.** "Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico". Terra Latinoamericana, num. Enero-Marzo, pp. 49-56.
- WANG, S., CAMP, M. J. 2000.** Temperatures after bloom effect plant growth and fruit quality of strawberry. Scientia Horticulturae 85:183-199.

Yuan, B.Z. y Sun, S. N. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. *Biosystems Engineering*. 87: 237-245.

Páginas web

CONAFRE. 2013. Consejo Nacional de la Fresa. <http://conafre.com/nosotros.php>. (28, de enero 2015).

New Growing System, 2010. Multibanda NGS®.
<http://ngsystem.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).

VIII. Apéndice



Fertilidad de Suelos S. de R.L. "Análisis que rinden frutos"



ANÁLISIS DE AGUA										
Información General										
No. de Registro: AG-4757					Municipio: Saltillo					
Fecha Recepción: 18/03/2014					Estado: Coahuila					
Fecha Entrega: 21/03/2014					Ubicación GPS Lat:			Long:		
Cliente: Jose Antonio Gonzalez Fuentes					Tipo Agua: Pozo					
Rancho: Uaaan					Cultivo (s):					
Características Generales de Salinidad /Sodicidad										
Determinación	Abrev.	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Cond Electrica	CE	dS/m	1.14	[Bar chart showing value 1.14 between Mod. Bajo and Mod. Alto]						
pH	pH	-	7.90	[Bar chart showing value 7.90 between Mod. Alto and Alto]						
Rel. Ads Sodio	RAS	-	1.56	[Bar chart showing value 1.56 between Mod. Alto and Alto]						
Cationes										
Determinación	Abrev.	Unidades me/l	ppm	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Calcio	Ca	5.64	113	[Bar chart showing value 113 between Mod. Alto and Alto]						
Magnasio	Mg	2.51	30.5	[Bar chart showing value 30.5 between Mod. Alto and Alto]						
Sodio	Na	3.15	72.5	[Bar chart showing value 72.5 between Mod. Alto and Alto]						
Potasio	K	0.11	4.30	[Bar chart showing value 4.30 between Mod. Alto and Alto]						
Suma de Cationes	-	11.41		[Bar chart showing value 11.41 between Mod. Alto and Alto]						
Aniones										
Sulfatos	SO4	3.11	149	[Bar chart showing value 149 between Mod. Alto and Alto]						
Bicarbonatos	HCO3	6.00	366	[Bar chart showing value 366 between Mod. Alto and Alto]						
Cloruros	Cl	1.94	68.6	[Bar chart showing value 68.6 between Mod. Alto and Alto]						
Carbonatos	CO3	0	0	[Bar chart showing value 0 between Muy Bajo and Bajo]						
N-Nitratos	N-NO3	0.37	5.2	[Bar chart showing value 5.2 between Mod. Alto and Alto]						
Suma de Aniones	-	11.41		[Bar chart showing value 11.41 between Mod. Alto and Alto]						
Otros Parametros de Salinidad /Sodicidad										
Determinación	Abrev.	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Salinidad Efectiva	SE	me/l	5.41	[Bar chart showing value 5.41 between Mod. Alto and Alto]						
% de Sodio Posible	PSP	%	58.2	[Bar chart showing value 58.2 between Mod. Alto and Alto]						
Carb. Sodio Res	C.S.R.	%	0	[Bar chart showing value 0 between Muy Bajo and Bajo]						
Rel. Ads Sodio Aj	RASaj	-	2.42	[Bar chart showing value 2.42 between Mod. Alto and Alto]						
Determinaciones Especiales										
Boro	B	ppm	0.29	[Bar chart showing value 0.29 between Mod. Alto and Alto]						
Hierro	Fe	ppm	ND	[Bar chart showing value ND between Muy Bajo and Bajo]						
Manganeso	Mn	ppm	ND	[Bar chart showing value ND between Muy Bajo and Bajo]						

Figura A. 1. Análisis de agua

Cuadro A. 1. Manejo de la SN 1 (sin sustrato)

Solución nutritiva 1 (sin sustrato)							
MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3P04 (ml)
10-abr-14	0	0	0	60	2.03	5.8	
19-abr-14	42.9	2.04	6.36	60	2	6.4	1.3
30-abr-14	40	2.69	6.19	60	2.14	6.51	1.3
07-may-14	45	2.2	7.32	60	2.18	6.19	
10-may-14	54	2.25	6.9	54	2.27	6.25	1.5
13-may-14	52	2.27	6.4	60	2.37	5.54	
19-may-14	50	2.62	6.2	60	2.38	6	2.5
22-may-14	54	2.5	6.43	60	2.5	6.1	
28-may-14	54	2.66	6.39	60	2.52	6.02	2.5
02-jun-14	50	2.73	6.25	60	2.6	5.46	
06-jun-14	51	2.95	6.28	60	2.7	5.95	3
10-jun-14	50	2.93	6.16	60	2.9	5.95	
14-jun-14	48	3.25	6.12	60	2.88	6	3.5
19-jun-14	51	3.09	6.2	60	3.02	6.11	
23-jun-14	49	3.13	6.15	60	2.03	5.8	
29-jun-14	50	2.41	6.84	60	2.2	5.7	5
03-jul-14	51	2.43	6.3	60	2.4	6.14	
10-jul-14	46.7	2.49	6.3				
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 2. Manejo de la SN 1 (con sustrato)

Solución nutritiva 1 (con sustrato)							
MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3P04 (ml)
10-abr-14	0	0	0	180	1.95	5.7	
19-abr-14	98.1	1.93	6.87	180	1.95	6.78	12
30-abr-14	81.4	2.35	7.07	180	1.57	6.55	12
07-may-14	143	1.79	7.25	180	1.77	6.62	
10-may-14	160.4	1.94	6.83	160.4	1.94	6.28	7.5
13-may-14	138.27	2.03	6.78	180	2.03	6.25	
19-may-14	123.45	2.27	6.98	180	2	6.17	12
22-may-14	140.7	2.28	6.75	180	2.27	6.32	
28-may-14	140.7	2.46	6.8	180	2.1	6	23
02-jun-14	125	2.46	6.46	180	2.23	6.09	
06-jun-14	137.03	2.7	6.52	180	2.3	6	22
10-jun-14	133.3	2.7	6.32	180	2.57	6.22	
14-jun-14	130.8	3.3	6.44	180	2.47	5.97	25
19-jun-14	138.2	3.07	6.28	180	2.86	6.22	
23-jun-14	143.6	3.12	6.55	180	1.95	5.7	
29-jun-14	139.5	2.36	6.5	180	2.03	6.13	17
03-jul-14	143.2	2.42	6.55	180	2.35	6.34	
10-jul-14	116.3	2.5	6.69	0	0	0	0
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 3. Manejo de la SN 2 (sin sustrato)

Solución nutritiva 2 (sin sustrato)							
MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3P04 (ml)
10-abr-14	0	0	0	60	1.93	6.15	
19-abr-14	44	1.72	6.86	60	1.69	6.69	3
30-abr-14	39	2.26	6.75	60	1.85	6.53	3
07-may-14	54	1.84	7	60	1.8	6.79	
10-may-14	54	1.89	6.73	54	1.91	6.28	2
13-may-14	50	1.89	6.56	60	1.94	6.3	
19-may-14	49	2.11	6.38	60	1.9	6.05	3.7
22-may-14	50	1.97	6.44	60	1.95	6.24	
28-may-14	57	2.2	6.58	60	1.98	5.91	3.5
02-jun-14	52	2.1	6.2	60	2.11	6.06	
06-jun-14	52	2.25	6.3	60	2.15	5.9	4
10-jun-14	50	2.23	6.12	60	2.22	6.07	
14-jun-14	51	2.4	6.26	60	2.25	6	3.2
19-jun-14	53	2.38	6.22	60	2.34	6.17	
23-jun-14	52	2.46	6.56	60	1.93	6.15	
29-jun-14	52	1.99	7.3	60	1.89	6	8
03-jul-14	52	2.06	6.2	60	2.04	6.16	
10-jul-14	46	2.1	6.27	0	0	0	0
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 4. Manejo de la SN 2 (con sustrato)

Solución nutritiva 2 (con sustrato)							
MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3PO4 (ml)
10-abr-14	0	0	0	180	1.93	6.11	
19-abr-14	141	1.5	7.18	180	1.5	7.17	10
30-abr-14	96.2	1.94	7.17	180	1.39	6.53	12
07-may-14	143	1.51	7.34	180	1.59	6.53	
10-may-14	153.01	1.61	6.92	153	1.63	6.3	7.5
13-may-14	134.5	1.68	6.93	180	1.74	6.33	
19-may-14	111.11	1.92	7.1	180	1.77	6.16	11
22-may-14	125.9	1.95	6.8	180	1.94	6.31	
28-may-14	135.8	2.11	6.84	180	1.8	6	26
02-jun-14	122	2.17	6.59	180	2	6.18	
06-jun-14	135.8	2.36	6.6	180	2.05	6	22
10-jun-14	130.8	2.38	6.37	180	2.26	6.28	
14-jun-14	130.8	2.67	6.48	180	2.2	5.92	28
19-jun-14	140.7	2.67	6.26	180	2.47	6.22	
23-jun-14	142.7	2.72	6.28	180	1.93	6.11	
29-jun-14	143.2	2.14	6.84	180	1.87	6.13	23
03-jul-14	143.2	2.14	6.63	180	2.11	6.44	
10-jul-14	115.6	2.18	6.69		0	0	0
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 5. Manejo de la SN 3 (sin sustrato).

Solución nutritiva 3 (sin sustrato)

MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3P04 (ml)
10-abr-14	0	0	0	60	1.8	6.15	
19-abr-14	43.53	1.75	7.01	60	1.81	7.03	2.7
30-abr-14	43	2.09	7.15	60	1.7	6.54	3
07-may-14	52	1.81	7.34	60	1.83	6.67	
10-may-14	51	1.89	7.07	51	1.9	6.27	3.5
13-may-14	50	1.94	6.65	60	1.92	6.39	
19-may-14	51	2.04	6.76	60	1.94	6.08	5.3
22-may-14	54	2.09	6.4	60	1.92	6.45	
28-may-14	51	2.13	6.62	60	1.81	6	5.4
02-jun-14	50	2.17	6.3	60	2	6.13	
06-jun-14	52	2.34	6.38	60	2.2	6.05	4.1
10-jun-14	50	2.39	6.23	60	2.3	6.19	
14-jun-14	50	2.58	6.3	60	2.36	5.96	4.9
19-jun-14	52	2.52	6.19	60	2.3	6.28	
23-jun-14	52.4	2.6	6.39	60	1.8	6.15	
29-jun-14	50	1.95	7.59	60	1.81	6.08	9
03-jul-14	51	1.96	6.67	60	1.97	6.61	
10-jul-14	46.7	2	6.9	0	0	0	0
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 6. Manejo de la SN 3 (T3 con sustrato)

Solución nutritiva 3 (con sustrato)							
MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA							
Día	Vol. In. (L)	C.E. Ms/cm	pH	Vol. Fin. (L)	C.E. Ms/cm	pH	H3P04 (ml)
10-abr-14	0	0	0	180	1.7	6.21	
19-abr-14	99	1.57	7.29	180	1.58	7.19	10
30-abr-14	83.9	1.94	7.53	180	1.40	6.55	11
07-may-14	136	1.44	7.29	180	1.46	6.66	
10-may-14	155.5	1.52	5.98	155.5	1.51	6.31	11
13-may-14	133.3	1.56	6.93	180	1.55	6.46	
19-may-14	120.98	1.73	7.06	180	1.51	6.23	21
22-may-14	138.2	1.64	6.73	180	1.63	6.48	
28-may-14	139.5	1.74	6.91	180	1.53	6	30
02-jun-14	122	1.7	6.52	180	1.7	6.27	
06-jun-14	137.03	1.81	6.63	180	1.61	6.03	23
10-jun-14	133.3	1.94	6.5	180	1.89	6.39	
14-jun-14	130.8	2.22	6.63	180	1.86	6.02	28
19-jun-14	140.7	2.2	6.44	180	2.1	6.38	
23-jun-14	133.7	2.26	6.8	180	1.7	6.21	
29-jun-14	130.86	1.93	7.29	180	1.64	6.1	33
03-jul-14	135.8	1.94	6.9	180	1.91	6.64	
10-jul-14	112.8	1.96	6.96	0	0	0	0
Cambio total de la Solución				Aplicación de solución nutritiva			

Cuadro A. 7. DOP según Cadahia (2005). SN 1.

1	11a	DOP		
P (%)	0.248	 -18.69	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.53	 -25.37	-163.86	
K (%)	3.18	 -20.50		
Mg (%)	0.3145	 -10.14		
Zn (ppm)	25	 -16.67		
Cu (ppm)	5.5	 -72.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	190	 -30.91	Cu >Fe >Ca >K >P >Zn >Mg	
2	11b	DOP		
P (%)	0.32	 4.92	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.24	 -39.51	-216.13	
K (%)	2.49	 -37.75		
Mg (%)	0.3105	 -11.29		
Zn (ppm)	15	 -50.00		
Cu (ppm)	3.5	 -82.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	190	 -30.91	Cu >Zn >Ca >K >Fe >Mg >P	
3	11c	DOP		
P (%)	0.331	 8.52	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.55	 -24.39	-153.35	
K (%)	2.89	 -27.75		
Mg (%)	0.313	 -10.57		
Zn (ppm)	25	 -16.67		
Cu (ppm)	3.5	 -82.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	160	 -41.82	Cu >Fe >K >Ca >Zn >Mg >P	
4	11d	DOP		
P (%)	0.361	 18.36	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.3	 -36.59	-98.82	
K (%)	2.98	 -25.50		
Mg (%)	0.303	 -13.43		
Zn (ppm)	40	 33.33		
Cu (ppm)	5	 -75.00	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	135	 -50.91	Cu >Fe >Ca >K >Mg >P >Zn	
5	12a	DOP		
P (%)	0.213	 -30.16	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.06	 -48.29	-168.76	
K (%)	3.045	 -23.88		
Mg (%)	0.2925	 -16.43		
Zn (ppm)	15	 -50.00		
Cu (ppm)	3	 -85.00	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	115	 -58.18	Cu >Fe >Zn >Ca >P >K >Mg	
6	12b	DOP		
P (%)	0.326	 6.89	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.25	 -39.02	-160.99	
K (%)	3.015	 -24.63		
Mg (%)	0.3055	 -12.71		
Zn (ppm)	20	 -33.33		
Cu (ppm)	4	 -80.00	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	150	 -45.45	Cu >Fe >Ca >Zn >K >Mg >P	
7	12c	DOP		
P (%)	0.338	 10.82	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.31	 -36.10	-155.86	
K (%)	3.035	 -24.13		
Mg (%)	0.3115	 -11.00		
Zn (ppm)	15	 -50.00		
Cu (ppm)	3.5	 -82.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	120	 -56.36	Cu >Fe >Zn >Ca >K >Mg >P	
8	12d	DOP		
P (%)	0.328	 7.54	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.3	 -36.59	-161.44	
K (%)	2.875	 -28.13		
Mg (%)	0.299	 -14.57		
Zn (ppm)	20	 -33.33		
Cu (ppm)	5	 -75.00	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	140	 -49.09	Cu >Fe >Ca >Zn >K >Mg >P	

Cuadro A. 8. DOP según Cadahia (2005). SN 2.

9 21a DOP				13 22a DOP			
P (%)	0.357	17.05	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.336	10.16	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.44	29.76	-96.08	Ca (%)	1.15	-43.90	-172.50
K (%)	2.92	-27.00		K (%)	2.66	-33.50	
Mg (%)	0.3245	-7.29		Mg (%)	0.3085	-11.86	
Zn (ppm)	25	-16.67		Zn (ppm)	20	-33.33	
Cu (ppm)	4	-80.00	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	2.5	-87.50	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	285	3.64	Cu >Ca >K >Zn >Mg >Fe >P	Fe (ppm)	170	-38.18	Cu >Ca >Fe >K >Zn >Mg >P
10 21b DOP				14 22b DOP			
P (%)	0.302	-0.98	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.319	4.59	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.39	-32.20	-144.38	Ca (%)	1.11	-45.85	-208.34
K (%)	3.075	-23.13		K (%)	2.91	-27.25	
Mg (%)	0.309	-11.71		Mg (%)	0.3005	-14.14	
Zn (ppm)	25	-16.67		Zn (ppm)	20	-33.33	
Cu (ppm)	4	-80.00	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5	-82.50	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	390	41.82	Cu >Ca >K >Zn >Mg >P >Fe	Fe (ppm)	180	-34.55	Cu >Ca >Fe >Zn >K >Mg >P
11 21c DOP				15 22c DOP			
P (%)	0.327	7.21	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.212	-30.49	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.23	40.00	-111.74	Ca (%)	1.04	-49.27	-243.36
K (%)	2.815	-29.63		K (%)	2.675	-33.13	
Mg (%)	0.311	-11.14		Mg (%)	0.303	-13.43	
Zn (ppm)	20	-33.33		Zn (ppm)	15	-50.00	
Cu (ppm)	3.5	-82.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3	-85.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	280	1.82	Cu >Ca >Zn >K >Mg >Fe >P	Fe (ppm)	190	-30.91	Cu >Zn >Ca >K >Fe >P >Mg
12 21d DOP				16 22d DOP			
P (%)	0.208	-31.80	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.129	-57.70	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2	-41.46	-191.70	Ca (%)	0.96	-53.17	-280.78
K (%)	2.89	-27.75		K (%)	2.48	-38.00	
Mg (%)	0.315	-10.00		Mg (%)	0.294	-16.00	
Zn (ppm)	25	-16.67		Zn (ppm)	15	-50.00	
Cu (ppm)	3.5	-82.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-77.50	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	245	-10.91	Cu >Ca >P >K >Zn >Fe >Mg	Fe (ppm)	150	-45.45	Cu >P >Ca >Zn >Fe >K >Mg

Cuadro A. 9. DOP según Cadahia (2005). SN 3.

17	31a	DOP			21	32a	DOP		
P (%)	0.152	-50.16	Indice de desbalance nutricional		P (%)	0.249	-18.36	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	0.95	-53.66	-246.65		Ca (%)	0.89	-56.59	-207.58	
K (%)	3.205	-19.88			K (%)	3.44	-14.00		
Mg (%)	0.3055	-12.71			Mg (%)	0.302	-13.71		
Zn (ppm)	20	-33.33			Zn (ppm)	15	-50.00		
Cu (ppm)	3	-85.00	Orden de Requerimiento		Cu (ppm)	4	-80.00	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	135	-50.91	Cu >Ca >Fe >P >Zn >K >Mg		Fe (ppm)	125	-54.55	Cu >Ca >Fe >Zn >P >K >Mg	
18	31b	DOP			22	32b	DOP		
P (%)	0.25	-18.03	Indice de desbalance nutricional		P (%)	0.352	15.41	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.19	-41.95	-243.73		Ca (%)	0.95	-53.66	-240.92	
K (%)	3.42	-14.50			K (%)	3.275	-18.13		
Mg (%)	0.317	-9.43			Mg (%)	0.3095	-11.57		
Zn (ppm)	20	-33.33			Zn (ppm)	15	-50.00		
Cu (ppm)	5	-75.00	Orden de Requerimiento		Cu (ppm)	4.5	-77.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	180	-34.55	Cu >Ca >Fe >Zn >P >K >Mg		Fe (ppm)	160	-41.82	Cu >Ca >Zn >Fe >K >Mg >P	
19	31c	DOP			23	32c	DOP		
P (%)	0.268	-12.13	Indice de desbalance nutricional		P (%)	0.161	-47.21	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.03	-49.76	-224.14		Ca (%)	0.83	-59.51	-294.79	
K (%)	3.225	-19.38			K (%)	3.25	-18.75		
Mg (%)	0.3055	-12.71			Mg (%)	0.2965	-15.29		
Zn (ppm)	20	-33.33			Zn (ppm)	15	-50.00		
Cu (ppm)	5	-75.00	Orden de Requerimiento		Cu (ppm)	4.5	-77.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	160	-41.82	Cu >Ca >Fe >Zn >K >Mg >P		Fe (ppm)	150	-45.45	Cu >Ca >Zn >P >Fe >K >Mg	
20	31d	DOP			24	32d	DOP		
P (%)	0.351	15.08	Indice de desbalance nutricional		P (%)	0.104	-65.90	Indice de desbalance nutricional	
Ca (%)	1.2	-41.46	-194.78		Ca (%)	0.97	-52.68	-297.66	
K (%)	3.27	-18.25			K (%)	3.755	-6.13		
Mg (%)	0.309	-11.71			Mg (%)	0.2915	-16.71		
Zn (ppm)	30	0.00			Zn (ppm)	25	-16.67		
Cu (ppm)	5	-75.00	Orden de Requerimiento		Cu (ppm)	5.5	-72.50	Orden de Requerimiento	
Fe (ppm)	155	-43.64	Cu >Fe >Ca >K >Mg >Zn >P		Fe (ppm)	105	-61.82	Cu >P >Fe >Ca >Mg >Zn >K	

Cuadro A. 10. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 2.

1	11a	DOP			5	12a	DOP		
P (%)	0.248		-38.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.213		-46.75	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.53		2.00	241.01	Ca (%)	1.06		-29.33	307.15
K (%)	3.18		59.00		K (%)	3.045		52.25	
Mg (%)	0.3145		-37.10		Mg (%)	0.2925		-41.50	
Zn (ppm)	25		-37.50		Zn (ppm)	15		-62.50	
Cu (ppm)	5.5		-26.67	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3		-60.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190		40.74	P > Zn > Mg > Cu > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	115		-14.81	Zn > Cu > P > Mg > Ca > Fe > K
2	11b	DOP			6	12b	DOP		
P (%)	0.32		-20.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.326		-18.50	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.24		-17.33	256.31	Ca (%)	1.25		-16.67	232.59
K (%)	2.49		24.50		K (%)	3.015		50.75	
Mg (%)	0.3105		-37.90		Mg (%)	0.3055		-38.90	
Zn (ppm)	15		-62.50		Zn (ppm)	20		-50.00	
Cu (ppm)	3.5		-53.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4		-46.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190		40.74	Zn > Cu > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	150		11.11	Zn > Cu > Mg > P > Ca > Fe > K
3	11c	DOP			7	12c	DOP		
P (%)	0.331		-17.25	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.338		-15.50	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.55		3.33	211.84	Ca (%)	1.31		-12.67	244.56
K (%)	2.89		44.50		K (%)	3.035		51.75	
Mg (%)	0.313		-37.40		Mg (%)	0.3115		-37.70	
Zn (ppm)	25		-37.50		Zn (ppm)	15		-62.50	
Cu (ppm)	3.5		-53.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5		-53.33	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160		18.52	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	120		-11.11	Zn > Cu > Mg > P > Ca > Fe > K
4	11d	DOP			8	12d	DOP		
P (%)	0.361		-9.75	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.328		-18.00	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.3		-13.33	144.82	Ca (%)	1.3		-13.33	202.32
K (%)	2.98		49.00		K (%)	2.875		43.75	
Mg (%)	0.303		-39.40		Mg (%)	0.299		-40.20	
Zn (ppm)	40		0.00		Zn (ppm)	20		-50.00	
Cu (ppm)	5		-33.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5		-33.33	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135		0.00	Mg > Cu > Ca > P > Zn > Fe > K	Fe (ppm)	140		3.70	Zn > Mg > Cu > P > Ca > Fe > K

Cuadro A. 11. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 2.

9	21a	DOP	
P (%)	0.357	-10.75	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.44	-4.00	291.13
K (%)	2.92	46.00	
Mg (%)	0.3245	-35.10	
Zn (ppm)	25	-37.50	
Cu (ppm)	4	-46.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	285	111.11	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe
10	21b	DOP	
P (%)	0.302	-24.50	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.39	-7.33	396.84
K (%)	3.075	53.75	
Mg (%)	0.309	-38.20	
Zn (ppm)	25	-37.50	
Cu (ppm)	4	-46.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	390	188.89	Cu > Mg > Zn > P > Ca > K > Fe
11	21c	DOP	
P (%)	0.327	-18.25	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.23	-18.00	325.54
K (%)	2.815	40.75	
Mg (%)	0.311	-37.80	
Zn (ppm)	20	-50.00	
Cu (ppm)	3.5	-53.33	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	280	107.41	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe
12	21d	DOP	
P (%)	0.208	-48.00	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2	-20.00	321.81
K (%)	2.89	44.50	
Mg (%)	0.315	-37.00	
Zn (ppm)	25	-37.50	
Cu (ppm)	3.5	-53.33	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	245	81.48	Cu > P > Zn > Mg > Ca > K > Fe

13	22a	DOP	
P (%)	0.336	-16.00	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.15	-23.33	253.23
K (%)	2.66	33.00	
Mg (%)	0.3085	-38.30	
Zn (ppm)	20	-50.00	
Cu (ppm)	2.5	-66.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	170	25.93	Cu > Zn > Mg > Ca > P > Fe > K
14	22b	DOP	
P (%)	0.319	-20.25	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.11	-26.00	268.32
K (%)	2.91	45.50	
Mg (%)	0.3005	-39.90	
Zn (ppm)	20	-50.00	
Cu (ppm)	3.5	-53.33	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	180	33.33	Cu > Zn > Mg > Ca > P > Fe > K
15	22c	DOP	
P (%)	0.212	-47.00	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.04	-30.67	314.06
K (%)	2.675	33.75	
Mg (%)	0.303	-39.40	
Zn (ppm)	15	-62.50	
Cu (ppm)	3	-60.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190	40.74	Zn > Cu > P > Mg > Ca > K > Fe
16	22d	DOP	
P (%)	0.129	-67.75	Indice de desbalance nutricional
Ca (%)	0.96	-36.00	282.56
K (%)	2.48	24.00	
Mg (%)	0.294	-41.20	
Zn (ppm)	15	-62.50	
Cu (ppm)	4.5	-40.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	150	11.11	P > Zn > Mg > Cu > Ca > Fe > K

Cuadro A. 12. DOP según Reuter y Robinson (1986). SN 3.

17	31a	DOP		21	32a	DOP			
P (%)	0.152		-62.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.249		-37.75	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	0.95		-36.67	307.82	Ca (%)	0.89		-40.67	306.59
K (%)	3.205		60.25		K (%)	3.44		72.00	
Mg (%)	0.3055		-38.90		Mg (%)	0.302		-39.60	
Zn (ppm)	20		-50.00		Zn (ppm)	15		-62.50	
Cu (ppm)	3		-60.00	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4		-46.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135		0.00	P > Cu > Zn > Mg > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	125		-7.41	Zn > Cu > Ca > Mg > P > Fe > K
18	31b	DOP		22	32b	DOP			
P (%)	0.25		-37.50	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.352		-12.00	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.19		-20.67	282.43	Ca (%)	0.95		-36.67	271.54
K (%)	3.42		71.00		K (%)	3.275		63.75	
Mg (%)	0.317		-36.60		Mg (%)	0.3095		-38.10	
Zn (ppm)	20		-50.00		Zn (ppm)	15		-62.50	
Cu (ppm)	5		-33.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5		-40.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	180		33.33	Zn > P > Mg > Cu > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	160		18.52	Zn > Cu > Mg > Ca > P > Fe > K
19	31c	DOP		23	32c	DOP			
P (%)	0.268		-33.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.161		-59.75	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.03		-31.33	266.34	Ca (%)	0.83		-44.67	321.23
K (%)	3.225		61.25		K (%)	3.25		62.50	
Mg (%)	0.3055		-38.90		Mg (%)	0.2965		-40.70	
Zn (ppm)	20		-50.00		Zn (ppm)	15		-62.50	
Cu (ppm)	5		-33.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5		-40.00	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160		18.52	Zn > Mg > Cu > P > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	150		11.11	Zn > P > Ca > Mg > Cu > Fe > K
20	31d	DOP		24	32d	DOP			
P (%)	0.351		-12.25	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.104		-74.00	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2		-20.00	207.10	Ca (%)	0.97		-35.33	325.17
K (%)	3.27		63.50		K (%)	3.755		87.75	
Mg (%)	0.309		-38.20		Mg (%)	0.2915		-41.70	
Zn (ppm)	30		-25.00		Zn (ppm)	25		-37.50	
Cu (ppm)	5		-33.33	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5.5		-26.67	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	155		14.81	Mg > Cu > Zn > Ca > P > Fe > K	Fe (ppm)	105		-22.22	P > Mg > Zn > Ca > Cu > Fe > K

Cuadro A. 13. DOP según Ellis et al., (2006). SN 1

1	11a	DOP			5	12a	DOP		
P (%)	0.248		-23.69	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.213		-34.46	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.53		27.50	234.50	Ca (%)	1.06		-11.67	279.87
K (%)	3.18		55.12		K (%)	3.045		48.54	
Mg (%)	0.3145		-20.38		Mg (%)	0.2925		-25.95	
Zn (ppm)	25		-27.54		Zn (ppm)	15		-56.52	
Cu (ppm)	5.5		-57.69	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3		-76.92	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190		22.58	Cu >Zn >P >Mg >Fe >Ca >K	Fe (ppm)	115		-25.81	Cu >Zn >P >Mg >Fe >Ca >K
2	11b	DOP			6	12b	DOP		
P (%)	0.32		-1.54	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.326		0.31	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.24		3.33	199.91	Ca (%)	1.25		4.17	188.69
K (%)	2.49		21.46		K (%)	3.015		47.07	
Mg (%)	0.3105		-21.39		Mg (%)	0.3055		-22.66	
Zn (ppm)	15		-56.52		Zn (ppm)	20		-42.03	
Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4		-69.23	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190		22.58	Cu >Zn >Mg >P >Ca >K >Fe	Fe (ppm)	150		-3.23	Cu >Zn >Mg >Fe >P >Ca >K
3	11c	DOP			7	12c	DOP		
P (%)	0.331		1.85	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.338		4.00	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.55		29.17	196.59	Ca (%)	1.31		9.17	234.53
K (%)	2.89		40.98		K (%)	3.035		48.05	
Mg (%)	0.313		-20.76		Mg (%)	0.3115		-21.14	
Zn (ppm)	25		-27.54		Zn (ppm)	15		-56.52	
Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160		3.23	Cu >Zn >Mg >P >Fe >Ca >K	Fe (ppm)	120		-22.58	Cu >Zn >Fe >Mg >P >Ca >K
4	11d	DOP			8	12d	DOP		
P (%)	0.361		11.08	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.328		0.92	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.3		8.33	178.45	Ca (%)	1.3		8.33	187.05
K (%)	2.98		45.37		K (%)	2.875		40.24	
Mg (%)	0.303		-23.29		Mg (%)	0.299		-24.30	
Zn (ppm)	40		15.94		Zn (ppm)	20		-42.03	
Cu (ppm)	5		-61.54	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5		-61.54	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135		-12.90	Cu >Mg >Fe >Ca >P >Zn >K	Fe (ppm)	140		-9.68	Cu >Zn >Mg >Fe >P >Ca >K

Cuadro A. 14. DOP según Ellis et al., (2006). SN 2

9	21a	DOP			13	22a	DOP		
P (%)	0.357		9.85	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.336		3.38	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.44		20.00	270.77	Ca (%)	1.15		-4.17	191.68
K (%)	2.92		42.44		K (%)	2.66		29.76	
Mg (%)	0.3245		-17.85		Mg (%)	0.3085		-21.90	
Zn (ppm)	25		-27.54		Zn (ppm)	20		-42.03	
Cu (ppm)	4		-69.23	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	2.5		-80.77	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	285		83.87	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	170		9.68	Cu > Zn > Mg > Ca > P > Fe > K
10	21b	DOP			14	22b	DOP		
P (%)	0.302		-7.08	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.319		-1.85	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.39		15.83	343.06	Ca (%)	1.11		-7.50	206.46
K (%)	3.075		50.00		K (%)	2.91		41.95	
Mg (%)	0.309		-21.77		Mg (%)	0.3005		-23.92	
Zn (ppm)	25		-27.54		Zn (ppm)	20		-42.03	
Cu (ppm)	4		-69.23	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	390		151.61	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	180		16.13	Cu > Zn > Mg > Ca > P > Fe > K
11	21c	DOP			15	22c	DOP		
P (%)	0.327		0.62	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.212		-34.77	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.23		2.50	257.45	Ca (%)	1.04		-13.33	257.91
K (%)	2.815		37.32		K (%)	2.675		30.49	
Mg (%)	0.311		-21.27		Mg (%)	0.303		-23.29	
Zn (ppm)	20		-42.03		Zn (ppm)	15		-56.52	
Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3		-76.92	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	280		80.65	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	190		22.58	Cu > Zn > P > Mg > Ca > Fe > K
12	21d	DOP			16	22d	DOP		
P (%)	0.208		-36.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.129		-60.31	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2		0.00	255.91	Ca (%)	0.96		-20.00	251.99
K (%)	2.89		40.98		K (%)	2.48		20.98	
Mg (%)	0.315		-20.25		Mg (%)	0.294		-25.57	
Zn (ppm)	25		-27.54		Zn (ppm)	15		-56.52	
Cu (ppm)	3.5		-73.08	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5		-65.38	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	245		58.06	Cu > P > Zn > Mg > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	150		-3.23	Cu > P > Zn > Mg > Ca > Fe > K

Cuadro A. 15. DOP según Ellis et al., (2006). SN 3

17	31a	DOP		21	32a	DOP	
P (%)	0.152	-53.23	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.249	-23.38	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	0.95	-20.83	284.92	Ca (%)	0.89	-25.83	285.67
K (%)	3.205	56.34		K (%)	3.44	67.80	
Mg (%)	0.3055	-22.66		Mg (%)	0.302	-23.54	
Zn (ppm)	20	-42.03		Zn (ppm)	15	-56.52	
Cu (ppm)	3	-76.92	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4	-69.23	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135	-12.90	Cu >P >Zn >Mg >Ca >Fe >K	Fe (ppm)	125	-19.35	P >Ca >K >Mg >Zn >Cu >Fe
18	31b	DOP		22	32b	DOP	
P (%)	0.25	-23.08	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.352	8.31	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.19	-0.83	230.18	Ca (%)	0.95	-20.83	235.67
K (%)	3.42	66.83		K (%)	3.275	59.76	
Mg (%)	0.317	-19.75		Mg (%)	0.3095	-21.65	
Zn (ppm)	20	-42.03		Zn (ppm)	15	-56.52	
Cu (ppm)	5	-61.54	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-65.38	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	180	16.13	Cu >Zn >P >Mg >Ca >Fe >K	Fe (ppm)	160	3.23	Cu >Zn >Mg >Ca >Fe >P >K
19	31c	DOP		23	32c	DOP	
P (%)	0.268	-17.54	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.161	-50.46	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.03	-14.17	218.47	Ca (%)	0.83	-30.83	289.90
K (%)	3.225	57.32		K (%)	3.25	58.54	
Mg (%)	0.3055	-22.66		Mg (%)	0.2965	-24.94	
Zn (ppm)	20	-42.03		Zn (ppm)	15	-56.52	
Cu (ppm)	5	-61.54	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-65.38	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160	3.23	Cu >Zn >Mg >P >Ca >Fe >K	Fe (ppm)	150	-3.23	Cu >Zn >P >Ca >Mg >Fe >K
20	31d	DOP		24	32d	DOP	
P (%)	0.351	8.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.104	-68.00	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2	0.00	163.87	Ca (%)	0.97	-19.17	314.03
K (%)	3.27	59.51		K (%)	3.755	83.17	
Mg (%)	0.309	-21.77		Mg (%)	0.2915	-26.20	
Zn (ppm)	30	-13.04		Zn (ppm)	25	-27.54	
Cu (ppm)	5	-61.54	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5.5	-57.69	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	155	0.00	Cu >Mg >Zn >Ca >Fe >P >K	Fe (ppm)	105	-32.26	P >Ca >K >Mg >Zn >Cu >Fe

Cuadro A. 16. DOP según Benton (1991). SN 1

1	11a	DOP		5	12a	DOP	
P (%)	0.248	-60.32	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.213	-65.92	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.53	-12.57	380.11	Ca (%)	1.06	-39.43	383.83
K (%)	3.18	47.91		K (%)	3.045	41.63	
Mg (%)	0.3145	-49.68		Mg (%)	0.2925	-53.20	
Zn (ppm)	25	-77.27		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	5.5	-80.36	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3	-89.29	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190	52.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	115	-8.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > Fe > K
2	11b	DOP		6	12b	DOP	
P (%)	0.32	-48.80	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.326	-47.84	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.24	-29.14	369.94	Ca (%)	1.25	-28.57	355.30
K (%)	2.49	15.81		K (%)	3.015	40.23	
Mg (%)	0.3105	-50.32		Mg (%)	0.3055	-51.12	
Zn (ppm)	15	-86.36		Zn (ppm)	20	-81.82	
Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4	-85.71	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	190	52.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	150	20.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K
3	11c	DOP		7	12c	DOP	
P (%)	0.331	-47.04	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.338	-45.92	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.55	-11.43	335.58	Ca (%)	1.31	-25.14	340.25
K (%)	2.89	34.42		K (%)	3.035	41.16	
Mg (%)	0.313	-49.92		Mg (%)	0.3115	-50.16	
Zn (ppm)	25	-77.27		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160	28.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	120	-4.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K
4	11d	DOP		8	12d	DOP	
P (%)	0.361	-42.24	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.328	-47.52	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.3	-25.71	311.86	Ca (%)	1.3	-25.71	335.08
K (%)	2.98	38.60		K (%)	2.875	33.72	
Mg (%)	0.303	-51.52		Mg (%)	0.299	-52.16	
Zn (ppm)	40	-63.64		Zn (ppm)	20	-81.82	
Cu (ppm)	5	-82.14	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5	-82.14	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135	8.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	140	12.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K

Cuadro A. 17. DOP según Benton (1991). SN, 2

9	21a	DOP		13	22a	DOP	
P (%)	0.357	-42.88	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.336	-46.24	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.44	-17.71	435.48	Ca (%)	1.15	-34.29	363.78
K (%)	2.92	35.81		K (%)	2.66	23.72	
Mg (%)	0.3245	-48.08		Mg (%)	0.3085	-50.64	
Zn (ppm)	25	-77.27		Zn (ppm)	20	-81.82	
Cu (ppm)	4	-85.71	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	2.5	-91.07	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	285	128.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	170	36.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe
10	21b	DOP		14	22b	DOP	
P (%)	0.302	-51.68	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.319	-48.96	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.39	-20.57	540.82	Ca (%)	1.11	-36.57	386.12
K (%)	3.075	43.02		K (%)	2.91	35.35	
Mg (%)	0.309	-50.56		Mg (%)	0.3005	-51.92	
Zn (ppm)	25	-77.27		Zn (ppm)	20	-81.82	
Cu (ppm)	4	-85.71	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	390	212.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	180	44.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe
11	21c	DOP		15	22c	DOP	
P (%)	0.327	-47.68	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.212	-66.08	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.23	-29.71	451.88	Ca (%)	1.04	-40.57	410.24
K (%)	2.815	30.93		K (%)	2.675	24.42	
Mg (%)	0.311	-50.24		Mg (%)	0.303	-51.52	
Zn (ppm)	20	-81.82		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	3	-89.29	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	280	124.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	190	52.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > K > Fe
12	21d	DOP		16	22d	DOP	
P (%)	0.208	-66.72	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.129	-79.36	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2	-31.43	442.94	Ca (%)	0.96	-45.14	383.10
K (%)	2.89	34.42		K (%)	2.48	15.35	
Mg (%)	0.315	-49.60		Mg (%)	0.294	-52.96	
Zn (ppm)	25	-77.27		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	3.5	-87.50	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-83.93	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	245	96.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > K > Fe	Fe (ppm)	150	20.00	Zn > Cu > P > Mg > Ca > K > Fe

Cuadro A. 18. DOP según Benton (1991). SN 3

17	31a	DOP		21	32a	DOP	
P (%)	0.152	-75.68	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.249	-60.16	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	0.95	-45.71	400.69	Ca (%)	0.89	-49.14	393.06
K (%)	3.205	49.07		K (%)	3.44	60.00	
Mg (%)	0.3055	-51.12		Mg (%)	0.302	-51.68	
Zn (ppm)	20	-81.82		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	3	-89.29	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4	-85.71	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	135	8.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	125	0.00	Zn > Cu > P > Mg > Ca > Fe > K
18	31b	DOP		22	32b	DOP	
P (%)	0.25	-60.00	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.352	-43.68	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.19	-32.00	408.31	Ca (%)	0.95	-45.71	390.49
K (%)	3.42	59.07		K (%)	3.275	52.33	
Mg (%)	0.317	-49.28		Mg (%)	0.3095	-50.48	
Zn (ppm)	20	-81.82		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	5	-82.14	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-83.93	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	180	44.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	160	28.00	Zn > Cu > Mg > Ca > P > Fe > K
19	31c	DOP		23	32c	DOP	
P (%)	0.268	-57.12	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.161	-74.24	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.03	-41.14	391.34	Ca (%)	0.83	-52.57	420.83
K (%)	3.225	50.00		K (%)	3.25	51.16	
Mg (%)	0.3055	-51.12		Mg (%)	0.2965	-52.56	
Zn (ppm)	20	-81.82		Zn (ppm)	15	-86.36	
Cu (ppm)	5	-82.14	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	4.5	-83.93	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	160	28.00	Cu > Zn > P > Mg > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	150	20.00	P > Ca > K > Mg > Zn > Cu > Fe
20	31d	DOP		24	32d	DOP	
P (%)	0.351	-43.84	Índice de desbalance nutricional	P (%)	0.104	-83.36	Índice de desbalance nutricional
Ca (%)	1.2	-31.43	356.79	Ca (%)	0.97	-44.57	429.57
K (%)	3.27	52.09		K (%)	3.755	74.65	
Mg (%)	0.309	-50.56		Mg (%)	0.2915	-53.36	
Zn (ppm)	30	-72.73		Zn (ppm)	25	-77.27	
Cu (ppm)	5	-82.14	Orden de Requerimiento	Cu (ppm)	5.5	-80.36	Orden de Requerimiento
Fe (ppm)	155	24.00	Cu > Zn > Mg > P > Ca > Fe > K	Fe (ppm)	105	-16.00	P > Cu > Zn > Mg > Ca > Fe > K