

DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la Parte Experimental así como en la Parte de Resultados y Discusiones de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 20 de noviembre de 2014



Nadia Armandina Rocha De La Cruz

Nombre y Firma

Saltillo, Coahuila a 20 de noviembre de 2014

Coordinación de Posgrado
Presente

Por este conducto nos permitimos informar a esta coordinación que, en virtud de que el documento de tesis de **NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ** titulada "Crecimiento y desarrollo de tres variedades de fresas en tres tipos de sustratos el cual fue presentado el día 20 de noviembre de 2014, ha sido modificado de acuerdo a las observaciones, comentarios y sugerencias, por lo anterior no tenemos ningún inconveniente en que se imprima y mande a empastar esta versión final del documento de tesis.

Atentamente,

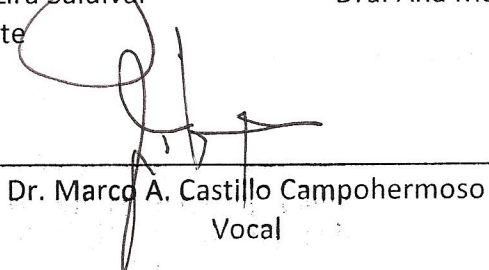
SINODALES



Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar
Presidente



Dra. Ana Margarita Rodríguez Hernández
Secretario



Dr. Marco A. Castillo Campohermoso
Vocal

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura

TESIS

Crecimiento y desarrollo de tres variedades de fresas en tres tipos de sustratos

Presentada por:

NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ

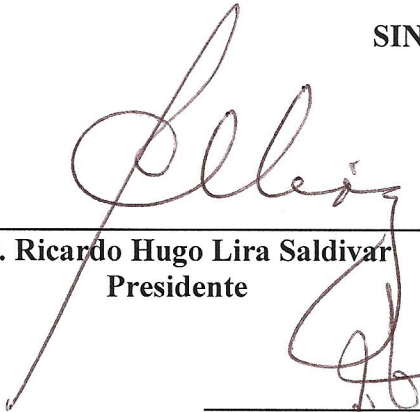
Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Agroplasticultura

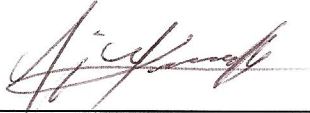
Asesorado por:

Dr. Marco Antonio Arellano García

SINODALES



Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar
Presidente



Dra. Ana Margarita Rodríguez Hernández
Secretario



Dr. Marco A. Castillo Campohermoso
Vocal

Saltillo, Coahuila

Noviembre, 2014

TESIS CON CARACTER ABIERTO

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ FIRMA



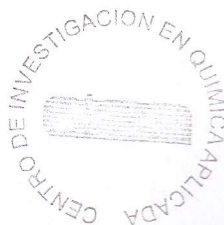
TITULO: Crecimiento y desarrollo de tres variedades de fresas en tres tipos de sustratos.

ASESOR: Dr. Marco Antonio Arellano García FIRMA: _____

El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 20 de Noviembre de 2014



Sello de la Institución



Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández
Director General del CIQA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



MAESTRIA EN AGROPLASTICULTURA

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE TRES VARIEDADES DE FRESA EN TRES
TIPOS DE SUSTRATOS**

PRESENTADO POR:

Q. NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ

DIRIGIDO POR:

DR. MARCO ANTONIO ARELLANO GARCIA

M.C. MARIA ROSARIO QUEZADA MARTIN

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

SEPTIEMBRE, 2014

AGRADECIMIENTOS:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me fue otorgada durante este periodo de preparación.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por darme la oportunidad de realizar la maestría.

Al comité del Depto. De Agroplasticultura por haberme aceptado para realizar esta maestría aun siendo Química (lo que me hacía diferente a mis demás compañeros agrónomos)

A mis directores de tesis Dr. Marco Antonio Arellano García por su dirección durante este proyecto y experiencia para realizar este trabajo, gracias por haberme dado la oportunidad y aprender de usted. A la M.C. Rosario Quezada Martín por resolver mis dudas de igual manera; el apoyo y sus consejos junto con la revisión de mi trabajo.

A mi comité de sinodales: la Dra. Ana Rodríguez, Dr. Marco Castillo y Dr. Hugo Lira por las contribuciones que realizaron para enriquecer y mejorar este trabajo, por tomarse el tiempo y la dedicación para ello.

A mis maestros que con su experiencia y paciencia me guiaron e hicieron posible el término de mis materias correspondientes.

A mis compañeros y amigos por su amistad y apoyo durante este ciclo.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en este trabajo.

DEDICATORIAS:

Doy gracias a Dios por permitirme realizar esta meta deseada.

Por el valioso apoyo de mis padres: Armando Rocha Flores y Armandina de la Cruz Martínez, por su confianza, por sus consejos, por esas palabras de aliento que recibí de su parte cuando más los necesite y los tuve lejos por cuestiones de salud.

A mis hermanos Isela, Humberto, Nélica y Emmanuel por su apoyo y ánimo durante este periodo, pero sobre todo por su amistad.

A mi esposo André Santillana Marín por su apoyo y cariño incondicional en todo momento por su paciencia y más que todo; por la seguridad que me brinda cuando más desconfié de mi misma.

GRACIAS por esto y más a cada uno de ustedes, por ser parte de mi vida y de esta meta que me propuse. Dios los bendiga y guarde siempre

Índice General

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 GENERALIDADES	3
2.1.2 Descripción Taxonómica	4
2.1.3 Morfología	4
2.2 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DE FRESA	5
2.2.1 Clima	5
2.2.2 Exigencias Agroclimáticas	6
2.2.3 Fotoperiodo y Temperatura	6
3. RESISTENCIA A ENFERMEDADES	7
4. LA FRESA EN MÉXICO	8
4.1 LA FRESA EN EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL	8
5. VARIEDADES	9
5.1 TIPOS DE VARIEDADES	9
5.2 NUEVAS VARIEDADES	10

6. FECHA DE PLANTACIÓN	10
7. PRODUCCIÓN DE FRESA EN INVERNADERO	10
7.1 SOLUCIÓN NUTRITIVA	11
7.2 TIPOS DE HIDROPONÍA Y CONSIDERACIONES ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA MISMA.....	11
7.2.1 SISTEMA NFT (TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES).	12
7.2.2 SISTEMA DFT (PELÍCULA DE TÉCNICA PROFUNDA O SISTEMA FLOTANTE).	12
7.2.3 SISTEMA CON SUSTRATO.....	14
7.3 LA HIDROPONÍA COMO AGRICULTURA SUSTENTABLE	15
7.4 PROCESO DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS	16
7.4.1 CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FRUTA EN CULTIVARES DE FRESA (<i>Fragaria SP.</i>) AFECTADOS POR ENCHARCAMIENTO	16
7.4.2 CALIDAD DE LA FRESA EN CULTIVO HIDROPÓNICO.....	17
7.5 SALINIDAD EN CULTIVO DE FRESA.....	17
7.6 LA FRESA EN HIDROPONÍA	17
7.7 PRODUCCIÓN DE FRESAS EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO AL AIRE LIBRE	18
7.8 CALIDAD DE FRUTO Y VIDA DE POSTCOSECHA EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO.....	18
7.9 LOS SISTEMAS DE CULTIVO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LOS CULTIVARES DE FRESA	19

8. EFECTOS DE LOS CICLOS CULTURALES Y SOLUCIONES DE NUTRIENTES PARA EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA FRESA (<i>Fragaria vesca</i> L.) CULTIVADA EN HIDROPONÍA.....	19
8.1 MATERIA SECA; PRINCIPALES FACTORES QUE LA AFECTAN.....	20
8.1.1 TEMPERATURA.....	20
8.1.2 LUZ	20
8.1.3 AGUA.....	21
9. OBJETIVOS	21
10. HIPÓTESIS.....	21
11. MATERIALES Y METODOS.....	22
11.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	22
11.2 CLIMA	22
11.3 MICROCLIMA	22
11.4 MATERIAL DE LABORATORIO UTILIZADO.....	22
11.5 MATERIAL VEGETAL A UTILIZAR.....	23
11.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES	23
11.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
11.8 SISTEMA DE RIEGO.....	24
11.9 PREPARACIÓN DE SUSTRATO	25
12. VARIABLES ESTUDIADAS.....	25

13. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
13.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS	26
13.2 TEMPERATURA.....	27
13.3 HUMEDAD RELATIVA (HR).....	28
13.4 DÉFICIT DE PRESIÓN DE VAPOR (DPV)	29
13.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUSTRATO	30
13.5. RIEGO Y DRENAJE	30
13.6. PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	32
13.7. RENDIMIENTO POR METRO CUADRADO Y PESO MEDIO DE FRUTO.....	32
13.9. CRECIMIENTO DE FRUTO	35
13.10. ÁREA FOLIAR.....	38
13.11. MATERIA SECA.....	38
13.11.1. RAÍZ.....	38
13.11.2. CORONA	39
13.11.3. PECIOLO	40
13.11.4. HOJAS.....	41
13.11.5. FLORES	42
13.11.6. FRUTO	44
14. CONCLUSIONES	45

15. LITERATURA CITADA.....47

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Clasificación de la fresa <i>Fragaria X ananassa</i>	4
Tabla 3.1. Principales enfermedades en cultivo de fresa	7
Tabla 4.1. Variación de superficie sembrada en cultivo de fresa, rendimiento por hectárea y volumen de producción anual en México del año 1961 al 2008.	8
Tabla 13.1. Datos obtenidos de la caracterización de cada sustrato en litros (L).....	31
Tabla 13.2. Cálculos de retención de humedad, porcentaje de oxigenación porosidad	31
Tabla 13.3. Datos de entrada y salida de agua para cada sustrato	31
Tabla 13.4. Comparación de medias para peso medio de fruto respecto al Factor B (variedades)	32
Tabla 13.5. Comparación de medias de grados brix entre respecto al factor A (tipo de sustrato).	34
Tabla 13.6. Comparación de medias de grados brix en el Factor B (variedades).	34
Tabla 13.7. Comparación de medias de crecimiento de fruto (diámetro ecuatorial) en el Factor B (variedades)	36
Tabla 13.8. Comparación de medias de crecimiento de fruto (diámetro polar) en el Factor B (variedades)	37
Tabla 13.9. Comparación de medias de materia seca con respecto a la raíz en tres variedades <i>Fragaria X ananassa</i>.....	38
Tabla 13.10. Comparación de medias de materia seca con respecto a la corona en tres variedades de fresa <i>Fragaria X ananassa</i>	39
Tabla. 13.11. Comparación de medias de materia seca con respecto a las hojas de tres variedades de fresa (<i>Fragaria X ananassa</i>).	41

Figura 13.11. Biomasa acumulada en “hojas” en tres variedades de fresa *fragaria X ananassa* bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.42

Tabla 13.12. Comparación de medias de materia seca con respecto a las flores de tres variedades de fresa (*Fragaria X ananassa*).43

Índice de Figuras

Figura 2.1 Morfología general de una planta de fresa	5
Figura 7.1. Esquema simple de un sistema NFT.....	12
Figura 7.2.. Esquema simple de un sistema DFT.....	13
Figura 7.3. Esquema simple de un sistema por sustrato.....	15
Figura 13.1. Temperatura promedio en el invernadero tipo túnel de los meses mayo – agosto del año 2013.....	28
Figura 13.2. Humedad relativa promedio de los meses mayo, junio, julio y agosto del 2013 en invernadero tipo túnel.....	29
Figura 13.3. Déficit de presión de vapor (DPV) promedio durante los meses mayo – agosto del año 2012.....	30
Figura 13.4. Interacción de peso medio de fruto respecto al factor A (sustrato) y factor B (variedad).....	33
Figura 13.5. Interacción de grados brix respecto al factor A (sustrato) y factor B (cultivar) donde cultivares (B)-1 se refiere a la variedad andrea, (B)-2 dulce ana y (B)-3 corresponde a benicia.....	35
Figura 13.6. Interacción de crecimiento de fruto en diámetro ecuatorial para los dos factores.....	36
Figura 13.7. Interacción de crecimiento de fruto en diámetro polar para los dos factores.....	37
Figura 13.8. Biomasa acumulada en raíz de las Andrea, Benicia y Dulce Ana durante los meses de julio-agosto 2013.	39
Figura 13.9. Biomasa acumulada en “corona” en tres variedades de fresa fragaria X ananassa bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.....	40
Figura 13.10. Biomasa acumulada en el peciolo en tres variedades de fresa <i>Fragaria X ananassa</i> bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.....	41
Figura 13.12. Biomasa acumulada de “flores” en tres variedades de fresa <i>Fragaria X ananassa</i> bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.....	43

Figura 13.13. Biomasa acumulada en fruto en tres variedades de fresa *Fragaria X ananassa* bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.44

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la fresa en México inicia a mediados del siglo pasado en el estado de Guanajuato. Sin embargo, no fue hasta 1950 que cobró mayor importancia por la creciente demanda de los EE. UU. originando que el cultivo de esta fruta se extendiera a Michoacán, pasando de cubrir las necesidades del mercado doméstico hasta ser el mayor productor de fresa a nivel nacional donde hoy en día México se encuentra dentro de los cinco principales exportadores de fresas a nivel mundial (Ávila, *et al.*, 2012).

Internacionalmente se ha extendido por diversas regiones en los últimos años. Según datos de la FAO del año 2009; la producción de fresa a nivel mundial se sitúa en torno a 4 millones de toneladas con una superficie sembrada de aproximadamente doscientas cincuenta mil hectáreas. América y Europa son los principales productores, siendo el estado de California el responsable de que Estados Unidos sea el primer productor mundial con 65%, y España ocupando el lugar tercero con una producción anual de doscientas cincuenta mil toneladas.

La fresa es un cultivo donde el rendimiento y la calidad se ven influenciados por diversos factores como lo son el fotoperiodo, la temperatura, resistencia a enfermedades o momento de plantación; es decir la interacción de todos estos factores hará que una determinada variedad se adapte mejor a un determinado agro ambiente (Bartual, 1995).

Hoy en día, un sistema hidropónico y bajo condiciones de invernadero facilita la cosecha y da como resultado una mejor producción en rendimiento y calidad de fruto además de obtener el periodo más largo del año (Medrano et al, 2010).

Las técnicas de cultivo de este fruto mismas que son consideradas las más eficaces desde hace algunos años son utilizando sistemas con diversos tipos de sustratos y fertirrigación automática. “Los cultivos sin suelo son el futuro de la horticultura” aseguró Guillermo Méndez (productor y profesional de agricultura en Chiapas) en una revista de horticultura a una pregunta sobre si convienen o no este tipo de tecnología para la producción de fresas (Papasseit, 2006). Sin embargo, el cultivo de fresa se ha realizado mediante diversas técnicas de cultivo tales como a campo abierto, bajo condiciones de invernadero, micro túneles e hidroponía, etc. Esto con el fin de intensificar la producción agrícola y acelerar el desarrollo del cultivo donde al mismo tiempo se controlan algunos parámetros como el clima, temperatura, iluminación, humedad, etc.

La hidroponía es considerada un sistema que entra en el ámbito de cultivos sin suelo. Dicho sistema requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos como se mencionó anteriormente, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene macro y micro nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos (Dávalos et. al, 2011). Una SN verdadera es aquella que contiene los compuestos químicos indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (análisis de agua de la zona donde se realizó el cultivo) (Chávez. *et al.*, 2006).

En un sistema hidropónico, el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de distinto origen; ya sea orgánico u inorgánico, inerte o no inerte. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, ¿por qué?. Porque la nutrición es añadida por medio de una composición de nutrientes llamada “solución nutritiva” y también se realizan mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas (Gilzans 2007).

El cultivo de frutillas bajo el sistema hidropónico resulta ser óptimo y de alta calidad. Se ha llegado a triplicar la densidad del cultivo tradicional. Una de las ventajas del empleo de este sistema es que se reducen los costos respecto del cultivo a campo en aproximadamente de 30 a 35 %. En un cultivo tradicional es conveniente una preparación del terreno y una adecuada fertilización inicial además, un cultivo hidropónico permite a los agricultores más facilidad para controlar los nutrientes.

Este factor afecta al agua de la planta y de las relaciones de sal junto con la influencia de crecimiento y la calidad de la planta (Martínez-Téllez. *et al.*, 2004). Gilzans et al. (2007) conciben a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes que llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir, con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios

orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árbol picada, cáscara de arroz, etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas.

Uno de los principales factores que determina el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato. La caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos, o medios de crecimiento, son cruciales para su uso efectivo y en gran medida condiciona el potencial productivo de las plantas, pues constituyen el medio en el que se desarrolló de las plantas. La mayor investigación sobre sustratos como medio de crecimiento se ha desarrollado en especies ornamentales, y entre los más utilizados se encuentran la turba (peat moss), tierra de monte, arena de río, vermiculita, piedra volcánica (tezontle), agrolita y composta entre otros. (López, *et al*, 2005)

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Se han realizado investigaciones con sistemas hidropónicos para cultivo de fresa con diversas técnicas de nutrientes con el fin de evaluar diversas variables dentro de este cultivo. Caruso *et al*, (2011) concluyen en un estudio realizado sobre los efectos de los ciclos culturales y soluciones de nutrientes para el crecimiento, rendimiento y calidad de la fresa (*Fragaria vesca* L.) cultivadas en hidroponía que el ciclo primavera-verano proporciona un rendimiento más alto que el de otoño-primavera y los frutos cosechados en la primavera contienen mayor contenido de sacarosa donde también se mejora la calidad de la fruta cuando la concentración de la solución de nutrientes va en aumento.

2.1 Generalidades

La fresa es un vegetal del tipo vivaz que puede vivir varios años, sin embargo dura dos años en producción económica, en plantaciones de mayor edad las plantas se muestran más débiles, con bajo rendimiento y frutas de menor calidad debido a una mayor incidencia de plagas y enfermedades, especialmente virosis (Capelo. *et al.*, 2008).

2.1.2 Descripción taxonómica

Castillejo (2011) clasifica a la planta de fresa de la siguiente manera:

Tabla 2.1. Clasificación de la fresa (*Fragaria X ananassa*)

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Genero	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>F. ananassa</i>
Nombre científico	<i>Fragaria Vesca</i>
Nombre vulgar	<i>Fresa</i>

2.1.3 Morfología

La fresa es considerada una planta tipo perenne de pequeño porte, que se reproduce de una manera sexual y asexual mediante el desarrollo de estolones. Los estolones producen raíces adventicias, de las que pueden surgir nuevas plantas (López, 2008). La morfología general de una planta de fresa se presenta en la Figura 2.1.

Es una planta herbácea, perenne y posee un rizoma cilíndrico de tallos rastreros que al cabo de cierto estado de desarrollo emite ramificaciones de gran longitud llamadas estolones lo cuales son constituidos por lo regular de dos entrenudos de 10 a 20 cm de longitud con una yema terminal que formara una nueva planta al desarrollarse. El follaje normal de la planta se conforma por hojas compuestas trifoliadas. Los pedúnculos son pilosos y constan de un cáliz de cinco sépalos, de cinco pétalos blancos y numerosos estambres amarillos insertados en los contornos de un receptáculo converso. Sus raíces se consideran fibrosas y poco profundas (Feriol, 2010).

La planta de fresa es perenne debido a que, por su sistema de crecimiento, constantemente está formando nuevos tallos, lo cual permite que permanezca viva por tiempo indefinido (Clavejo, 2010). Por lo anterior mencionado, la fresa al ser una planta híbrida, no

se utilizan sus semillas para su propagación. Su sistema de crecimiento y formación de nuevas coronas y estolones permite una propagación vegetativa rápida y segura.

El método de propagación más usado es “por estolones” obtenidos de plantas madres que han estado sometidas a largos periodos de frigo conservación, característica que estimula un gran crecimiento vegetativo cuando estas son llevadas al campo.

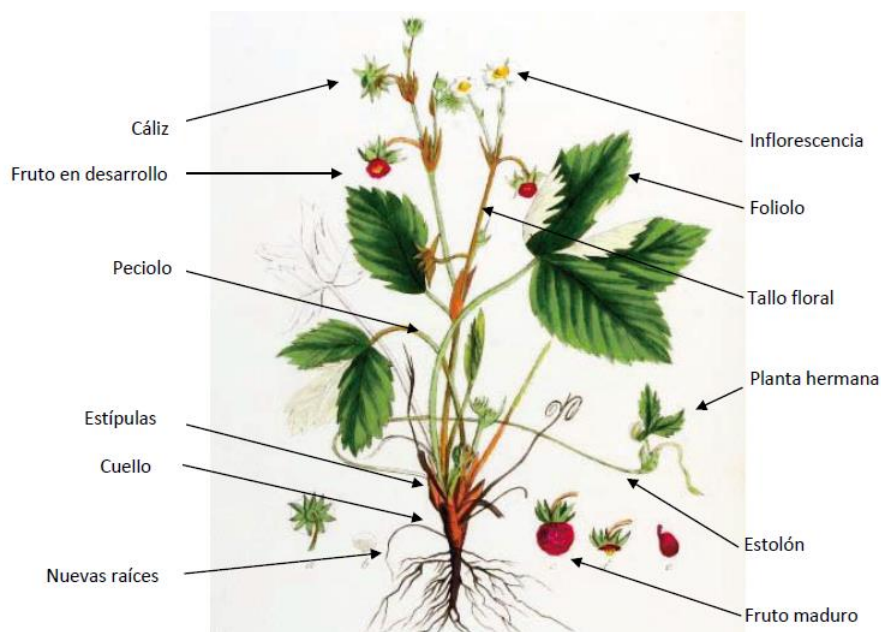


Figura 2.1 Morfología general de una planta de fresa

2.2 Requerimientos del cultivo de fresa

2.2.1 Clima

Según la FAO (2000), la fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas, su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta menos 20 °C, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a 0 °C. Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas de 45 °C. Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan entre 15 a 20 °C de media anual. Temperaturas por debajo de 12 °C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío, en tanto que un tiempo muy caluroso puede originar una maduración y coloración del fruto muy rápida, lo que le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización.

2.2.2 Exigencias agroclimáticas

Bienlinski (2012) considera que la fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas. Sin embargo, necesita acumular una serie de horas frío, con temperaturas por debajo de 7 °C, para dar una vegetación y fructificación abundante. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas por soportar temperaturas de hasta -20 °C. Los valores óptimos para la fructificación adecuado son entre 15 a 20 °C de temperatura media anual.

2.2.3 Fotoperiodo y temperatura

El fotoperiodo (F) puede influir tanto a las estructuras vegetativas como a las partes reproductivas de la planta en los puntos de crecimiento. Por lo tanto también afectara a la producción de flores y hojas donde se puede modificar la elongación de los estolones, el área foliar y la longitud de los pecíolos

Las variedades de fresa se clasifican en base a su fotoperiodo (F), lo anterior relacionado con la inducción floral (proceso que ocurre en una hoja en exposición a las condiciones ambientales que tiene como resultado la producción de una yema de flor) y yemas florales las cuales también son muy sensibles a la temperatura (T). En la mayoría de las variedades hay fuertes interacciones de F y T en donde se modifica la respuesta al fotoperiodo. La mayor parte de las variedades de fresa son de día corto, en las que la inducción floral ocurre con un fotoperiodo de menos de 14 horas. Sin embargo, la mayoría de estas variedades presentan una respuesta en la que la inducción floral ocurrirá más o menos continuamente sin tener en cuenta el fotoperiodo, siempre que la temperatura esté por debajo de unos 15°C o 16°C (López-Aranda *et al.*, 1996)

Bienlinski y Henner (2012) señalan que la fresa es un cultivo que se puede adaptar a diversos tipos de climas. Sin embargo este tipo de cultivo necesita acumular una serie de horas frío, con temperaturas por debajo de los 7 °C para dar una vegetación y fructificación abundante. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas llegando a soportar temperaturas de hasta -15 °C, aunque los órganos florales quedan destruidos por completo por la congelación.

3. Resistencia a enfermedades

La fresa es un cultivo de alto valor económico y nutricional. Sin embargo, es altamente susceptible al ataque de patógenos, por lo cual, uno de los principales retos en el desarrollo del cultivo es el manejo de las enfermedades que, son producidas por virus hongos o bacterias; seguidas por algunos problemas bacterianos, de nematodos y plagas que limitan su rendimiento y calidad en el fruto (Guevara *et al.*, 2006)

Tabla 3.1. Principales enfermedades en cultivo de fresa

Enfermedad	Ocasionada por el hongo
Pudrición de corona	<i>Phytophthora cactorum</i>
Podredumbre roja	<i>Phytophthora fragariae</i> , <i>Pythium sp</i> , <i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> y <i>Verticillium sp.</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum</i>
Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>
Viruela o peca de la hoja	<i>Mycosphaerella fragariae</i>
Oídium	<i>Sphaeroteca macularis</i> f.sp. <i>fragariae</i>
Podredumbre blanda	<i>Rhizopus stolonifer</i>
Podredumbre negra	<i>Mucor spp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> y <i>Pythium spp</i>

Estas enfermedades revisten gran importancia en el cultivo debido a que pueden afectar todos los tejidos vegetales, como: raíces, estolones, coronas, tallos, hojas, flores y frutos dando como resultado grandes pérdidas de la fruta, afectando la calidad, la cantidad y la rentabilidad (Brimner y Boland, 2003). El moho gris causado por *B. cinerea* es una de las enfermedades más destructivas durante el desarrollo del cultivo y en la pos cosecha (Zhang et al., 2007), ocasionando graves pérdidas económicas estimadas alrededor del 30 % del total de la producción y entre 40 % a 50 % en condiciones de alta humedad.

4. La fresa en México

El cultivo de fresa estuvo confinado hasta 1990 en las regiones de Irapuato, Gto.; Zamora, Michoacán.; y municipios vecinos (zona central de México). A partir de 1991 se extendió a la zona de San Quintín, Baja California. La expansión del cultivo ocurrió en 1994, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica. En el año 2009 se reportó una superficie sembrada de 6131 ha, ubicadas en Michoacán, 3561 ha en Baja California y 1543 en Guanajuato las cuales abarcaron el 92 % de la superficie total (SIAP, 2009). Hoy en día Michoacán y Guanajuato concentran 4,588 ha, lo que representan 69 % de la superficie cultivada en el país.

4.1 La fresa en el mercado nacional e internacional

En términos nacionales, la producción de fresa es importante por la generación de divisas por concepto de exportación ya que México es el principal exportador de fresa al mercado de EE. UU. México se encuentra dentro de los cinco principales exportadores de fresas a nivel mundial. Cabe señalar que E.U.A. es el segundo mayor exportador de fresas en el mundo.

Tabla 4.1. Variación de superficie sembrada en cultivo de fresa, rendimiento por hectárea y volumen de producción anual en México del año 1961 al 2008.

Año	Superficie (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Volumen Anual (ton)	% Respecto al volumen mundial	Posición mundial
1961	5284	4.7	24036	3.3	11
1966	8832	16.3	143671	13.0	2
1968	6987	16.5	115187	10.0	3
1973	6681	15.7	105044	7.8	5
1978	6234	15.9	99379	5.9	6
1983	4341	17.9	77827	4.2	9
1988	5753	13.5	77549	3.2	10
1993	5761	16.4	94657	3.6	8
1998	6539	18.2	118805	4.1	9
2003	5414	27.8	150261	5.4	7
2008	6176	33.6	207585	5.0	4

Por falta de tecnología que han enfrentado los agricultores en ciertas regiones del país, para poder recuperar la rentabilidad del cultivo, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV), crearon un proyecto a largo plazo para generar variedades de fresa donde a la vez se pudiera obtener una planta libre de enfermedades. Ambas metas se cumplieron satisfactoriamente, y ahora el reto es vincular los resultados del proyecto con las necesidades de los productores de fresa del país, especialmente los de los estados de Michoacán y Guanajuato (Dávalos *et al.*, 2011).

5. Variedades

5.1 Tipos de variedades

La fresa pertenece a la familia de las Rosáceas y al género *Fragaria*. Su familia incluye más de 2 mil especies de plantas herbáceas distribuidos por las regiones templadas de todo el mundo. A la fecha se tienen documentadas más de mil variedades de fresa y es considerada una planta de tallos rastreros, nudosos y con estolones; hojas grandes, trifoliadas, pecioladas, blancas por el envés. El fruto es de forma cónica de color rojo brillante o anaranjado. Lo que más caracteriza a esta fruta es su intenso aroma.

En un cultivo de fresa, la selección de variedades es muy importante, pues además de que determinan el rendimiento y calidad, también delimitan las temporadas de producción y las prácticas de control de plagas. Estas se clasifican en variedades de día corto y neutrales. Las primeras forman sus brotes en invierno, cuando los días se hacen cortos y las temperaturas bajan. Las variedades de día corto florecen en primavera y empiezan a producir fruta en esta época. Las variedades neutrales son insensibles a la longitud del día y producen fruta en la temporada en que las temperaturas bajan de noche a 15.5 °C.

En México se cultivan variedades como Carisma, Camino Real, Benicia, Albión, Diamante, Andrea, Aromas, Dulce Ana, Oso Grande y Camarosa. Durante el periodo 2008-2009, en el municipio de Rosario, el Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa (CVTTS), A. C., validó dos variedades de fresa (Camino Real y Albión

características de adaptación y productividad adecuadas para las condiciones del Sur de Sinaloa (Santoyo-Juárez *et al.*, 2010).

5.2 Nuevas Variedades

Los programas de mejoramiento para el cultivo han estado encaminados a obtener variedades de días cortos de porte intermedio y elevada productividad, resistentes a enfermedades de mayor incidencia, con frutos de buen sabor y de color rojo brillante, a la vez se han aplicado diversas técnicas *in vitro* como la embriogénesis somática, el cultivo de meristemas que han apoyado a la obtención de plantas de mayor vigor y número de estolones. Además con los avances de la biología molecular se ha implantado una serie de herramientas que han permitido de forma rápida y eficiente analizar la diversidad genética existente entre los cultivares de fresa y así mismo la caracterización de genes (Bartual, 2000).

6. Fecha de plantación

Es posible la plantación en el cultivo de la fresa desde el principio de la primavera hasta el final del otoño. La elección de la fecha de plantación es muy variable en función de diversos factores, tales como el objetivo comercial, el tipo de planta que se va a utilizar, la técnica de cultivo, el clima de la zona y las características o tipo de las variedades utilizadas (Roudeillac, 1987).

7. Producción de fresa en invernadero

El producir fresas bajo condiciones de invernadero, es un sistema práctico para obtener en el período más largo del año altos rendimientos, y producto de calidad. Lo anterior puede realizarse mediante suelo acolchado o bajo un sistema hidropónico.

El uso de sustrato proporciona cierta elevación al cultivo del nivel del suelo con grandes ventajas al productor como: disminución de enfermedades y ahorro en fertilizantes principalmente. El suelo se cubre con plástico blanco en la parte superior y negro en la inferior. El color blanco mejora la transmisión de luz temprano en la estación, lo que beneficia la floración y calidad de frutos bajo condiciones de baja luminosidad. Martínez-Téllez *et al.* (2004) señalan que las fresas cultivadas en condiciones de mucho calor producen un exceso de follaje y estolones, los cuales causan problemas sombreando los frutos en desarrollo (sobre todo a los racimos que descansan en la bolsa del sustrato).

7.1 Solución nutritiva

Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrientes, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene los elementos esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos. La anterior mencionada consta de todos los nutrientes esenciales en forma única y de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micro nutriente que pueda estar presente donde esta misma; es determinada mediante un análisis de agua de la zona o región donde se va a cultivar (Chávez- *et al.*, 2006).

Martínez-Tellez y Gallegos (2004) mencionan que el pH óptimo en un sistema hidropónico por sustrato; la solución del gotero de salida puede variar de 5.3 a 6.3 dando buenos resultados en el cultivo, mientras que la C.E deberá estar en el rango de 1.2 a 1.5 m/s para sustratos como perlita (aquellos que tengan mejor porcentaje de aireación.)

7.2 Tipos de hidroponía y consideraciones acerca de la construcción y gestión de la misma

Hay diversos tipos de sistemas hidropónicos. En la Figura X se señalan esquemáticamente las cuatro principales técnicas hidropónicas y las que de ellas se derivan.



Figura 7.1 Esquema que muestra las diversas técnicas hidropónicas.

Monteiro *et al.* (2014), los tipos más comunes de sistema hidropónico son:

7.2.1 Sistema NFT o técnica de flujo laminar de nutrientes.

Este sistema forma una capa de cultivo a lo largo de los canales con una pendiente, donde las plantas, especialmente las verduras, mantienen sus raíces húmedas y con los nutrientes necesarios. Esta técnica permite una amplia gama de adaptaciones y se puede realizar en rígido o tubos flexibles con diferentes secciones, diámetros y longitudes (Figura 7.1).

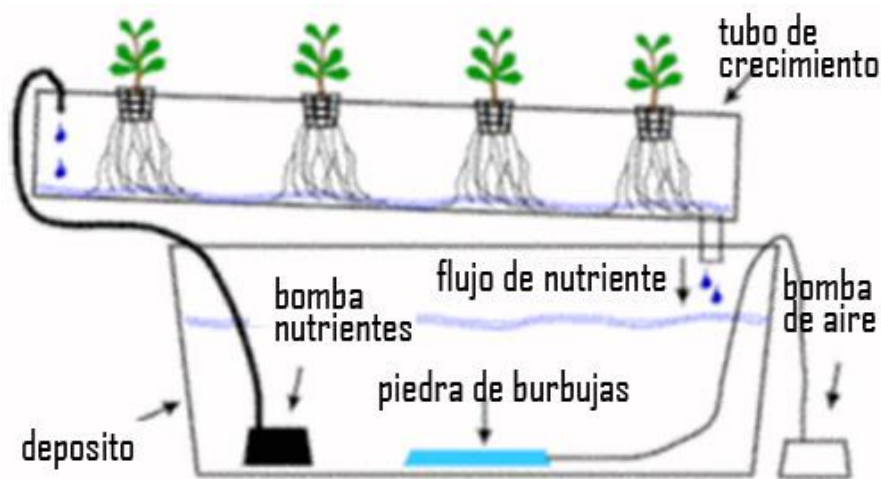


Figura 7.1. Esquema simple de un sistema NFT

7.2.2 Sistema DFT (película de técnica profunda o sistema flotante).

El sistema flotante es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda el uso de energía extra. Consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta la planta. En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además se requiere de la aireación del sistema por medio de agitación a la solución diariamente.

Las desventajas de este sistema se encuentran en la necesidad de una formulación frecuente de solución nutritiva, airear el medio y prever la contaminación del soporte de

espuma por algas que encuentran su fuente de alimento en la misma solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. En este sistema los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas (Figura 7.2).

El DFT, a diferencia de otros métodos o procedimientos está enfocado a crear un producto en un tiempo de producción más corto y con el menor costo posible. Este método busca eliminar o minimizar el trabajo de valor no agregado en el proceso de producción poniendo énfasis en calidad al nivel de maquinaria y del empleado de producción (cdigital.dgb.uanl.mx).

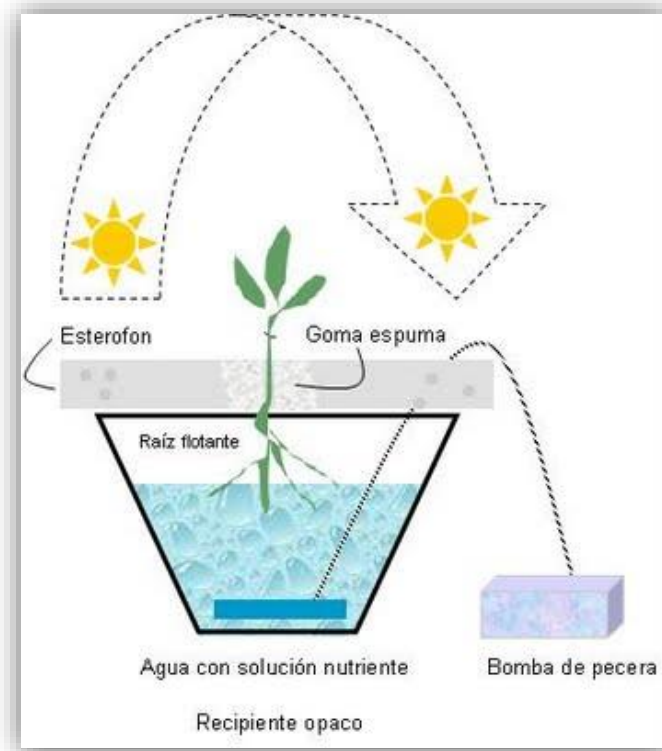


Figura 7.2. Esquema simple de un sistema DFT

7.2.3 Sistema con sustrato

Los sustratos, desde el punto de vista físico, nos aportan dos características muy importantes para su utilización en el cultivo en contenedor: por una parte, una elevada capacidad de retención de agua a bajas tensiones y una elevada capacidad de aireación.

Las propiedades químicas y físico-químicas se derivan de la composición elemental de los materiales que configuran el sustrato y del modo de estar los elementos fijados a estos y su relación con el medio. Estos se dividen en sustratos químicamente inertes. Aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tienen capacidad de absorber elementos añadidos a la solución del sustrato. Sustratos activos químicamente o no inertes. Los cuales reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los compuestos que forman el material sólido del sustrato.

El pH y la C.E. tienen un papel muy importante dentro de un sustrato ya que indican la calidad del mismo. El valor del pH varía en función del grado de dilución de la muestra de sustrato en agua, por lo que cuando se comparen distintos pH deben estar realizados con la misma proporción de sustrato y agua.

La conductividad eléctrica indica de una manera aproximada la concentración de sales en la solución del sustrato. La capacidad de aportar nutrientes de un sustrato depende de la cantidad de elementos nutritivos que éste posea y de la capacidad de intercambio catiónico. Una buena conductividad para una buena asimilación de nutrientes de sitúa en 1.7-2.3 dmS/cm⁻¹ (Burés 2002).

Este sistema utiliza macetas, bolsas de plástico oscuro, llenos de sustrato u otro material inerte como arena, piedras de diversos tipos, vermiculita, perlita, lana de roca, espuma y otros compuestos para apoyar la planta. La solución nutritiva se percola a través de estos materiales y, posteriormente, drenados a la parte inferior del sistema. Una de las principales desventajas de este sistema es la acumulación de sales, lo cual conlleva a una alta conductividad eléctrica que dificulta la asimilación y absorción de nutrientes. Se requiere un monitoreo casi diario para evitar este problema y cuando sucede, se realiza un lavado de sales con la misma solución nutritiva (Figura 7.3).

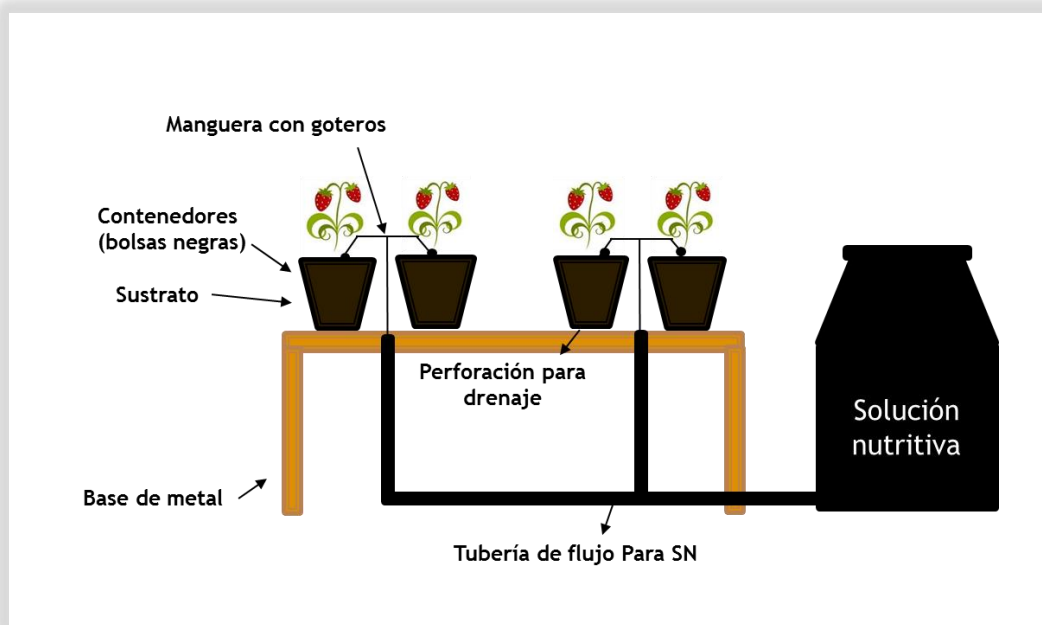


Figura 7.3. Esquema simple de un sistema por sustrato

7.3 La hidroponía como agricultura sustentable

Acorde con lo señalado por Leira (2012) cuando pensamos en algún cultivo o plantación, lo primero que se viene a la mente de un productor es una gran extensión de terreno con sistemas de riego, maquinaria agrícola, fertilizantes, pesticidas, etc. Todo eso puede verse eliminado gracias a los cultivos hidropónicos. Con estos sistemas se puede trabajar sin necesidad de un terreno extenso ya que las plantas pueden crecer con tan solo una solución mineral o bien así, en un medio totalmente inerte. Las principales ventajas de estos cultivos hidropónicos son el aumento de producción, reducción de trabajo, uniformidad de la calidad, nutrición controlada, control de condiciones físico-químicas y ahorro de agua.

La principal desventaja es la inversión. Como principal inconveniente nos podemos encontrar con que hace falta una elevada inversión y una capacitación técnica. Respecto a lo primero, está puede ser recuperada en un plazo de tiempo muy reducido debido a que como afirma Serrano-Campillo (Producto de Cultivos Hidropónicos) en el mismo terreno, lo que se puede obtener en una hectárea, en suelo que produzca una tonelada de cualquier cultivo, en hidroponía se obtiene de 15 a 20 toneladas, además de que no hay tiempo cuando se

siembra la planta crece, se reproduce y da el fruto mejor formado y con mejor sabor a comparación de un cultivo en suelo.

7.4 Proceso de absorción de nutrientes en los cultivos hidropónicos

Las raíces de las plantas son empapadas con una solución nutritiva que contiene las mismas sales disponibles para las plantas cultivadas en suelo. La diferencia entre una y otra forma de cultivar, está en el tiempo, la calidad del fruto y el tiempo de absorción de la solución nutritiva por las raíces, el cual es más rápido. Los elementos presentes en la solución nutritiva son iguales en uno u otro sistema de cultivo hidropónico pero a la vez dependerán de los elementos presentes en el agua de la zona o región del cultivo.

En un sistema hidropónico encontramos cinco elementos importantes:

- 1) La planta
- 2) El sustrato: podemos determinar el porcentaje de drenaje y oxigenación
- 3) Solución nutritiva: la cual proporcionara a la planta el agua y los nutrientes
- 4) Factores ambientales: temperatura, lluvia, humedad atmosférica y luz
- 5) Recipiente. Para que un cultivo hidropónico tenga las mejores condiciones se debe de tener especial cuidado en cumplir las siguientes características: facilidad de aireación, buena protección frente a factores ambientales externos, deben ostentar bajos costos que nos permitan hacerlos accesibles, facilitar el desarrollo de las raíces (Bedoya-Justo 2008)

7.4.1 Crecimiento y producción de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria sp.*) afectados por encharcamiento

Casierra (2007) explica que el exceso de agua tiene un impacto negativo sobre el crecimiento y supervivencia de la mayoría de las plantas terrestres, en especial, cuando el encharcamiento ocurre durante la estación de crecimiento. Realizó un experimento bajo invernadero en Tunja Colombia donde se determinó, la producción y distribución de materia seca, peso específico de las hojas, el total de frutos cosechada, área foliar necrótica y normal, índice de cosecha y el pH del suelo luego de realizar un encharcamiento y otro tratamiento sin encharcar en tres cultivares de fresa: Chandler, Camarosa y Sweet Charlie. Como consecuencia del exceso de agua, el pH del suelo, el peso específico y el área necrótica de

las hojas se incrementaron; mientras que la fruta cosechada, la producción total de materia seca y el área foliar total se redujeron. El exceso de agua también modificó la distribución de materia seca en los cultivares evaluados siendo Chandler el cultivar más afectado por el encharcamiento en comparación con los demás cultivares. En general, las plantas de fresa mostraron un comportamiento totalmente deficiente cuando fueron expuestas a condiciones de encharcamiento.

7.4.2 Calidad de la fresa en cultivo hidropónico

Correia (2011) determinó el efecto de distintas concentraciones de calcio en la calidad del cultivo de tres tipos de fresa de (*Fragaria X ananassa*) donde los cultivares que se utilizaron fueron Ventana, Camarosa y Candonga. Los estudios se realizaron usando un sistema hidropónico por sustrato con fibra de coco en invernadero donde se añadieron distintas concentraciones de calcio (Ca) en forma de CaNO_3 a 2, 3, 4 y 5 mM. Se utilizó un diseño de bloques al azar. Se midió acidez titulable y la firmeza durante todo el periodo experimental. La aplicación de este elemento no tuvo efecto sobre la calidad de fruto, más sin embargo se encontró que a más concentración de calcio, menor fue el grado de acidez titulable en la variedad Ventana y Candonga donde también se observó mejor firmeza. En la variedad Camarosa se encontraron valores más altos de acidez para casi todas las concentraciones de calcio.

7.5 Salinidad en cultivo de fresa

Las sales se acumulan a menudo en los cultivos de fresa como consecuencia del agua empleada para fertirrigación y esto nos da como resultado una reducción del vigor además de retardar el crecimiento y disminuir la producción de biomasa. Se llega a observar también quemado en los bordes de las hojas dependiendo de la concentración de sales acumuladas en un suelo o sustrato (Casierra, et al., 2006).

7.6 La fresa en hidroponía

La producción de fresa en invernadero con sistema hidropónico es considerado para zonas templadas ya que con exceso de temperatura se provoca estrés en la planta, lo que requiere mayor cuidado y tratamiento nutritivo para la misma (Martínez-Téllez., 2004). Al

realizar un análisis sobre este cultivo se encontró que el pH óptimo para la fresa es de 5.8. Al incrementar el porcentaje de potasio en etapa de fructificación, se encontró mejor sabor y vida de anaquel en el fruto. Así mismo el fosforo fortaleció el sistema radicular y el fierro el color de las hojas.

Los resultados obtenidos de un desarrollo de cultivo de fresa en sustrato mostraron la posibilidad de una producción de fruto bajo invernadero en fechas que garantizan cierta precocidad con producciones aceptables, teniendo en cuenta la calidad del agua disponible en un cultivo, un buen control de sales dentro del cultivo, aplicación para el control integrado de plagas en fresa, como lo es la araña roja y el pulgón (Medrano *et al.*, 2010).

7.7 La producción de fresas usando un hidropónico al aire libre

Hochmuth *et al.*, (2002) realizaron un estudio al norte de Florida sobre la evaluación de fresa al aire libre con sustrato donde se utilizaron diversas mezclas: perlita, peat moss y otra de aserrín; a cada uno se le coloco en bolsas aproximadamente de tres pies de largo y diez pulgadas de diámetro utilizando un riego por goteo sembrándose tres plantas por bolsa colocándose un emisor de riego en cada una. Las variedades utilizadas fueron Sweet Charlie, Camarosa y Chandler.

La variedad que obtuvo más rendimiento desde el inicio como al final de la temporada fue Camarosa cultivada en perlita junto con Chandler y por ultimo Sweet Charlie. El segundo sustrato fue el peat moss, el cual produjo rendimientos significativos solo para Sweet Charlie seguido del aserrín igual para la misma variedad.

7.8 Calidad y pos cosecha en un sistema hidropónico

En la Universidad Autónoma de Chapingo se realizó un estudio sobre la comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero (película nutritiva, riego por goteo en tezontle y riego por goteo en suelo) donde se utilizó una solución nutritiva tipo Steiner en los resultados obtenidos para calidad postcosecha, los frutos cosechados en este experimento no presentaron diferencia significativas por efecto de los tratamientos obteniendo 7 brix como mínimo y 12 como máximo. El pH de los frutos oscilo de 3.5 a 4.3 y no existió efecto en el sistema de producción o de la concentración porcentual de la solución nutritiva (Juárez Rosete *et al*, 2007). Lo anterior mencionado coincide con lo señalado por (Chandler *et al*

2003), quienes indicaron, en reportes de pos cosecha que muchas veces el pH y la acidez titulable respecto a los nutrimentos no se modifican.

7.9 Los sistemas de cultivo en la producción y calidad de los cultivares de fresa

Hasta hace poco, el cultivo de la fresa se llevó a cabo exclusivamente en el suelo utilizando métodos de cultivo convencionales, lo que dio lugar a muchos problemas ambientales y fitosanitarios. Este estudio evaluó el rendimiento y la calidad de las frutas de cultivares de fresa cultivadas en dos sistemas (suelo y sustrato) en un invernadero. El experimento se llevó a cabo entre septiembre de 2010 enero de 2011 en la Universidad de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil donde se usó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial para el acomodo de los tratamientos. La evaluación incluyó número de frutos, peso fresco total y comercial de frutos por planta, diámetro transversal, sólidos solubles totales (SST), la relación SST / TTA y el pH de las frutas.

Los cultivares Camarosa, Festival y Portola sobresalieron en relación con el rendimiento cuando se cultivó en el sistema de suelo. En sustrato, todos los cultivares tuvieron un rendimiento similar no encontrándose diferencias entre los cultivares en cuanto a la producción y el rendimiento de frutos por planta. El rendimiento por planta de fresa fue mayor en suelo, mientras que hubo una mejor calidad de la fruta con respecto al total de sólidos solubles, pH, el diámetro, la acidez, acidez titulable total y la relación SST / ATT utilizando el sistema de sustrato, obteniéndose frutos más dulces (Cecatto *et al.*, 2013).

8. Efectos de los ciclos culturales y soluciones de nutrientes en el crecimiento, rendimiento y calidad de la fresa (*Fragaria vesca L.*) cultivada en hidroponía

Caruso (2011) cultivó en hidroponía fresa (*Fragaria vesca L.*) con el fin de evaluar los efectos de cuatro soluciones de nutrientes los cuales presentaban distintas conductividades eléctricas (1.3, 1.6, 1.9, 2.2 mS cm⁻¹) y dos ciclos culturales (verano-primavera contra otoño-primavera) para observar su crecimiento, rendimiento y calidad de

fruto. El ciclo verano-primavera presento un rendimiento proporcionalmente superior al de otoño-primavera la Solución de nutrientes con una CE de 1.3 mS fue la más efectiva respecto a la producción. Se encontró mayor contenido de vitamina C y contenido de sacarosa en las frutas cosechadas en primavera. Al aumentar la concentración de nutrientes aumento la calidad del fruto. Por otra parte, la concentración de 2.2 mS cm⁻¹ CE demostró ser mejor en el invierno con respecto a la calidad de la fruta.

8.1 Materia seca; principales factores que la afectan

8.1.1 Temperatura

Sin duda alguna, la luz y la temperatura son los principales factores que afectan o causan cambios en la materia seca de una planta.

Una temperatura baja puede causar cambios en los órganos de crecimiento afectando así mismo a la fotosíntesis donde, una reducción de la misma debido a una caída de la temperatura, se relaciona con un aumento en el almacén de fotosintatos, resultado del crecimiento lento y de una demanda baja de foto asimilados debido a la temperatura baja. Una buena acumulación de materia seca se logra entre los 20 y 35 °C para la mayoría de las plantas donde se incrementa la importación y exportación de carbohidratos.

A temperaturas superiores de 35 °C inician los problemas con la producción de ATP y NADPH, limitando con esto la fijación de CO₂ por lo que la formación de la ribulosa bifosfato se vuelve una limitante con una temperatura extremosa (< 47 °C) los fotosistemas de este tipo de plantas son destruidos y por consecuencia, la importación y exportación de carbono entre los órganos de la planta se afecta drásticamente (García y Guardiola, 2003).

El efecto de la temperatura en la partición de carbono es muy importante mas no se encuentran reportes en la literatura de trabajos o investigaciones experimentales en busca de una respuesta directa a la temperatura (Lakso *et al.*, 2001).

8.1.2 Luz

La luz tiene un efecto considerable en el crecimiento vegetativo y reproductivo. El rendimiento se relación íntimamente con el total de intercepción de luz por unidad de área

foliar. Al contar con un fruto en desarrollo, el sombreado disminuye el rendimiento, tamaño, color y sólidos solubles del fruto, incluso en algunas ocasiones puede inducir a la caída del fruto.

8.1.3 Agua

La disminución o falta de agua disminuye la partición de materia seca entre órganos en competencia y depende en gran parte de la estación, el clima y los órganos con alto potencial demandante. Si la sequía ocurre en primavera, cuando el desarrollo vegetativo es alto y relativamente bajo el desarrollo reproductivo, es el crecimiento vegetativo el primero en sufrir la alteración por falta de agua.

Durante el segundo estado de crecimiento del fruto cuando la acumulación de materia seca es baja, el desarrollo vegetativo aumenta por la aplicación de agua y se suprime por sequía, con pequeños efectos en el desarrollo del fruto (Celia 2011)

9. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue:

Evaluar la adaptación de tres variedades de fresa en tres diferentes sustratos en condiciones de invernadero.

10. HIPÓTESIS

- a) Alguno de estos sustratos: perlita, peat moss o tezontle será el que mejor interaccione con una variedad de fresa (*Fragaria X ananassa*).
- b) Alguna de las tres variedades introducidas será de mayor adaptación al clima de la región.

11. MATERIALES Y METODOS

11.1 Localización del experimento

El trabajo experimental se realizó en un invernadero tipo túnel con una superficie aproximada de 120 m² del centro de Investigación en química aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, México, equipado con un sistema de ventilación conformado por un panel de enfriamiento para proporcionar condiciones adecuadas para el crecimiento de las plantas, además se utilizó malla sombra que redujo la insolación en el interior del bioespacio en 50%.

11.2 Clima

El clima predominante en Coahuila es cálido extremo, medio, seco y semidesértico. En la zona podemos encontrar, un clima semiseco con pocas lluvias en verano e invierno. La temperatura oscila entre 0 y 38 para un promedio anual de 17 °C donde la máxima se sitúa en los 38 °C y la mínima ha llegado a -14 °C. Los inviernos suelen ser muy fríos con temperaturas inferiores a los -2 °C y con probabilidad de nieve en las zonas altas. La precipitación media anual es de 369.3 mm.

11.3 Microclima

Para llevar a cabo la evaluación micro climática del invernadero se utilizó un sensor marca HOBO U23-001 Pro v2, que permitió monitorear las variables climáticas de temperatura (T) y humedad relativa (HR) durante los meses de mayo, junio, julio y agosto.

11.4 Material de laboratorio utilizado

Se utilizaron vasos de precipitados de 100 y 1000 ml marca PIREX para la caracterización de sustrato junto con probetas de 100 ml para determinar el volumen de control de drenaje y fertilización.

11.5 Material vegetal a utilizar

Se trabajó con tres variedades de fresa *F.X ananassa* Andrea, Dulce Ana y Benicia). Las plántulas provinieron del mismo centro donde se habían plantado semillas de dichas variedades en condiciones de suelo en invernadero. Cuando las plántulas alcanzaron una altura aproximadamente de 15 cm se realizó el trasplante a cada sustrato evaluado.

Para la medida de biomasa se utilizaron 6 plantas por variedad tomando en cuenta el tamaño y número de hojas de la planta (que fuera similar o igual) realizándose una medición por mes en el periodo agosto-diciembre.

11.6 Características de las variedades

Andrea: De reciente introducción a México, esta variedad presenta excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades. Es más precoz que otras variedades en plantación de otoño, estable durante todo el ciclo, mantiene un buen tamaño de fruto hasta final del ciclo de producción y muy buena producción. Esta variedad es de día neutro moderado, con una curva de producción muy similar a la de Albión. Al inicio del cultivo tiene un vigor mayor que Albión, pero en la fase de producción esta variedad produce pocos estolones. El fruto de San Andrea es excepcional, pero solo en apariencia, resulta ser más acida que otras variedades (Douglas, 2014).

Dulce Ana: Variedad de fruta grande utilizada generalmente en el estado de Guanajuato. Produce estolones rápidamente y se adapta fácilmente a un microclima por exigente. Su sabor y color es de gran importancia ya que es una de las variedades más dulces del mercado nacional (Calderón et al., 2009).

Benicia: Produce frutos firmes, de color rojo profundo con excelente sabor. Lo negativo en esta variedad es la susceptibilidad a la antracnosis (pudrición de fruto y corona) en cultivos de suelo lo cual es causado por *Colletotrichum fragariae* (Calderón et al., 2009).

11.7 Diseño de la investigación

Se establecieron tres variedades de cultivo de Fresa F. X ananassa (Andrea, Dulce Ana y Benicia) donde se utilizaron 180 plantas en tres tipos de sustratos: Peat Moss (PM), Tezontle (T) y Perlita (P) utilizando bolsas para sustrato con altura de 25 cm con capacidad de 5 L. Se realizaron tres repeticiones donde se obtuvieron 9 tratamientos y el diseño experimental utilizado fue en parcelas divididas con arreglo bifactorial, donde el factor (A) se refiere al tipo de sustrato y el factor (B) corresponde a las variedades.

Se llenaron 60 bolsas de sustrato por variedad y se consideraron 10 plantas como una repetición y las demás estuvieron ocupando los lugares en los cuales se presupone se tendrán efectos de orilla de tal forma que las repeticiones a considerar no sean afectadas por esta variable en el interior del invernadero.

11.8 Sistema de riego

La fertilización equilibrada en fresa es decisiva para obtener alta calidad y rendimiento de fruto. Para establecer un programa de fertilización balanceada en este cultivo, es recomendable realizar en primer lugar un análisis de agua (Chirinos 2001).

Se instaló un sistema de riego por goteo, con depósitos de solución nutritiva Steiner modificada específicamente en calcio y potasio para la nutrición de cultivo de fresa de acuerdo a las condiciones químicas presentes en el agua de pozo del centro (CIQA) con capacidad de 1000 L para cada tratamiento, que se distribuyó a las plantas impulsadas por una bomba centrífuga de 0.25 hp, a través de una manguera colocada sobre las hileras de plantas y con goteros distanciados cada 20 cm.

Se realizó movimiento a las plantas con una vara durante 5 minutos, 3 veces por semana para una mejor polinización. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza bajo el diseño experimental arriba mencionado con un análisis lineal general y comparación de medias de Duncan.

11.9 Preparación de Sustrato

Es necesario tener en cuenta que un cultivo puede dar resultados distintos según el material (tamaño y forma de partícula), forma o tamaño del contenedor, especie vegetal, técnica de riego, sistema de fertilización, duración del cultivo y condiciones climáticas. El mejor sustrato será aquel que proporcione la máxima cantidad de agua, el mayor volumen de aire, los elementos nutritivos necesarios, el anclaje adecuado para las raíces y que, además no contenga ningún componente que frene el crecimiento de la planta (Ortega 2010).

Se realizó una prueba de caracterización llenando cada bolsa con sustrato y agua para medir el volumen de saturación en litros, volumen de drenaje y la cantidad de agua retenida. Por último, se colocaron tres charolas a lo largo de cada hilera, esto para controlar el volumen del gotero control (entrada) y volumen de drenaje (salida).

12. VARIABLES A ESTUDIAR

- a) Rendimiento y calidad de fruto
- b) Número de flores por planta
- c) Numero de frutos por planta
- d) Índice de área foliar en cada una de las etapas de este cultivo
- e) Índice de eficiencia del uso del agua
- f) Porcentajes de drenaje
- g) Conductividad Eléctrica y pH de la solución nutritiva y de la solución de drenaje
- h) Materia seca

13. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad “Andrea” resulto ser la más susceptible para establecerse, ya que la raíz presentó en los tres sustratos establecidos y debido a ello, se incorporó al sustrato un enraizador rooting marca Agro-Beta (0.1 ml por planta) para mejorar el desarrollo de la variedad. Se programaron siete riegos para tezontle y seis para los otros sustratos, dicha

programación se realizó midiendo la entrada y salida de H₂O (drenaje) utilizando un gotero control de cada sustrato.

La variedad que logro establecerse rápidamente y sin ningún problema fue “Dulce Ana”. Presentando tallo grueso y vigoroso, hojas verdes con raíz bien desarrollada de aspecto generalmente uniforme para todas las plántulas misma que saco las primeras flores y frutos del experimento.

Soto (2011) menciona que la variedad Dulce Ana destaca por su buen tamaño y firmeza, color brillante, forma cónica que se mantiene y su alta productividad. Una de las ventajas de esta frutilla es que se adapta a cualquier zona por lo regular. Dicha variedad es cultivada principalmente en la región de Zamora, Michoacán con el 32 % de la superficie total junto con otras como Camino Real con el 28 % y Aromas con el 20 % (Sánchez, 2008).

Stapleton *et al.* (2001) aseguran que la variedad Festival y Dulce Ana producen fruta abundante y de excelente calidad para la industria; mientras que la variedad Albión es la segunda en importancia de la Universidad de California. Estas variedades son de reciente introducción ya que se dieron a conocer en el año 2006 junto con algunas otras.

Se utilizó un plaguicida específico (BIOMEK) para combatir problema de araña roja el cual se dio continuamente en las variedades “Andrea” y “Benicia” mismas que resultaron ser susceptibles al mismo causando quemaduras en las puntas de las hojas tanto jóvenes como maduras.

13.1 Parámetros Climáticos

Según Lorenzo (2012) el ambiente donde se desarrollan las plantas, condiciona el resultado productivo al influir sobre la producción de un cultivo, sobre el crecimiento del área foliar y su estructura espacial, factores que intervienen decisivamente en la absorción de radiación por el cultivo. Los parámetros climáticos también inciden sobre el balance de la planta y ejercen una gran influencia sobre la calidad de los frutos que, junto al peso fresco, da lugar al rendimiento de los cultivos.

En florida, la fresa se cosecha durante cinco meses, que va desde finales de noviembre al mes de abril (invierno-primavera) y el 70% de la producción se lleva a cabo durante los meses de marzo y abril.

En Tucumán, Argentina la mayor producción se lleva a cabo durante el mes de junio a noviembre (invierno-primavera). Mientras que en México la producción se centra en los meses de noviembre al mes de abril (Sánchez, 2008)

En los meses de octubre a diciembre, se obtienen la cosecha de la primera floración, la oferta de la fresa de Michoacán prácticamente no tiene competencia en el mercado nacional y menos en el de exportación; por consiguiente, el volumen que se alcanza a producir durante la primera floración tiene un impacto de rentabilidad total del cultivo. La producción de fresa durante el comienzo de la temporada (noviembre a enero) es portante ya que los precios medios en el mercado son de 30 a 40% más alto que los frutos producido durante la última parte de la temporada (febrero a abril) Sánchez (2008).

13.2 Temperatura

La temperatura y el fotoperiodo son factores ambientales que influyen la floración e interactúan en la regulación de los diferentes procesos fenológicos de la planta (Taylor, 2002). En la Figura 13.1 se muestra la temperatura promedio de los cuatro meses mencionados en la gráfica donde se puede observar que en el mes de agosto se reflejaron los promedios más altos (30-35 °C). Mayo y junio presentaron las temperaturas más bajas donde la máxima fue de 28°C

La época de plantación de la fresa juega un papel importante en la obtención de rendimiento. Sin embargo, pueden ser plantados en diferentes épocas del año, dependiendo de la variedad a utilizar, ubicación y el clima de la región. Por otra parte, una mayor rentabilidad y productividad de la fresa, se está adoptando en muchos países, ya sea con el uso de hidroponía o con el uso de técnicas de Plasticultura dejando atrás el sistema tradicional (Anna *et al.*, 2003).

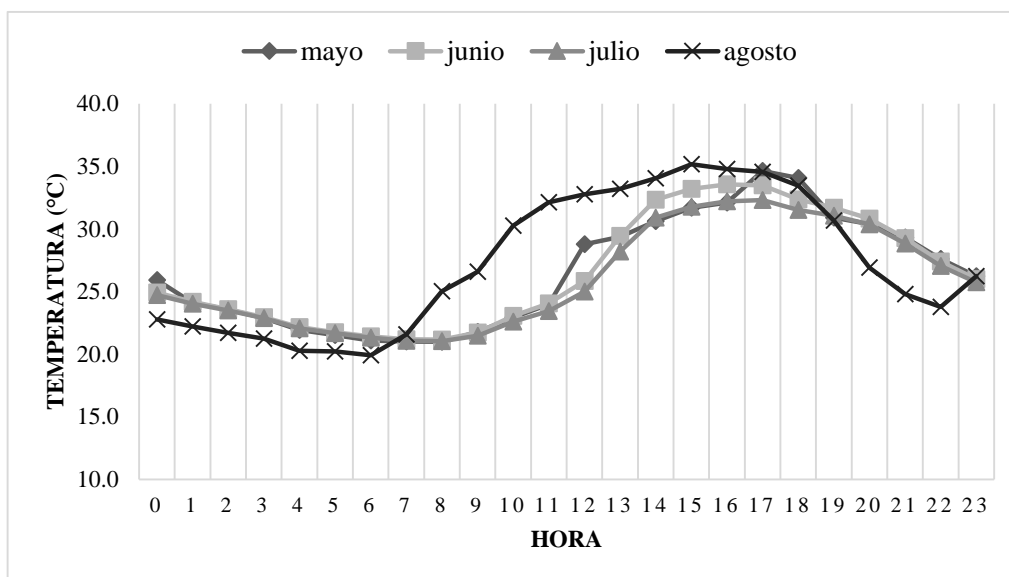


Figura 13.1. Temperatura promedio en el invernadero tipo túnel durante los meses de mayo a agosto de 2013.

13.3 Humedad relativa (HR)

La temperatura y la humedad afectan la polinización de este cultivo (Hancock, 1999). Hubo una reducción en la floración y se presentó deformación de fruto en la variedad Andrea y Dulce Ana cuando estuvieron expuestas a más de 30 °C y una humedad relativa del 75-85 %

El porcentaje más alto de humedad se reflejó en los meses de mayo y julio con un promedio del 85 % (Figura 13.2). Por lo contrario, el mes de agosto presenta los niveles de HR más bajos, lo anterior se explica por las altas temperaturas que presento dicho mes a comparación de los otros estudiados.

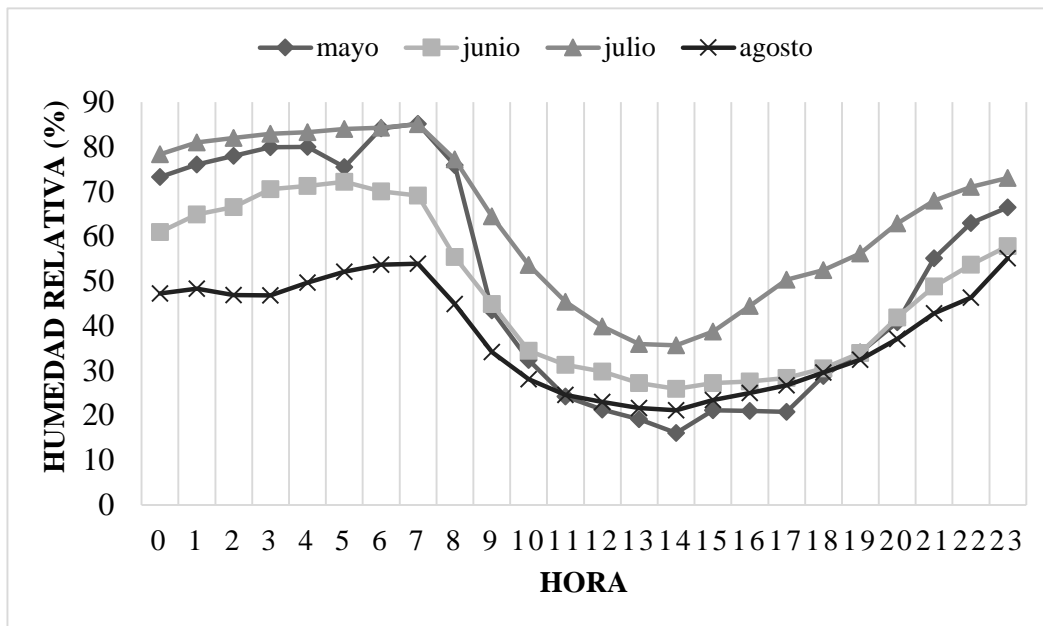


Figura 13.2. Humedad relativa promedio durante los meses mayo a agosto del 2013 en invernadero tipo túnel.

13.4 Déficit de presión de vapor (DPV)

Sabemos que la temperatura y humedad relativa influyen en la DPV, entonces cuando se tiene una DPV baja se puede incrementar la temperatura o generar corrientes de aire por medio de ventiladores para hacer que la humedad relativa descienda logrando que la DPV aumente, en el caso contrario cuando hay una DPV alto se puede disminuir la temperatura o hacer que la humedad relativa aumente regando agua en los pasillos, o por medio de micro aspersores o nebulizadores logrando que la DPV disminuya.

En la Figura 13.3, se observó que durante el mes de mayo (al inicio del cultivo) se tuvo un déficit de presión de vapor (DPV) de 4.4 kPa a las 14:00 horas. Según (Lorenzo et al., 2003) las situaciones extremas que originan elevado DPV entre las hojas y el aire suelen presentarse los días de alta insolación, especialmente al inicio del cultivo donde pueden alcanzarse hasta 5 kPa y esto sucede cuando el índice de área foliar del cultivo es bajo.

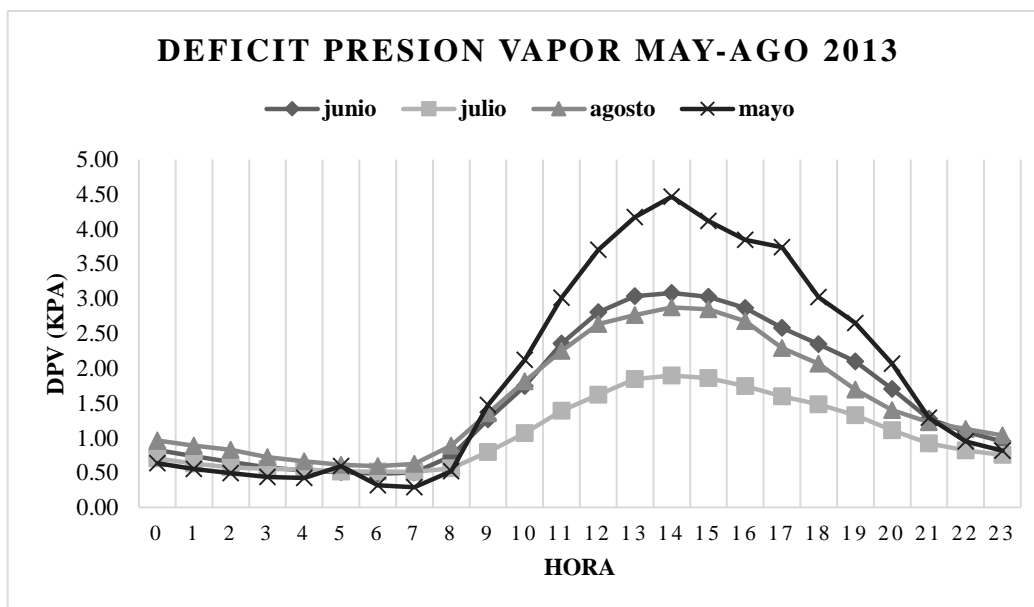


Figura 13.3. Déficit de presión de vapor (DPV) promedio durante los meses mayo – agosto del año 2012.

13.4 Caracterización del sustrato

Se obtuvieron los siguientes volúmenes respecto a cada sustrato (Tabla 13.1) y en base a estos datos se calculó el porcentaje de retención de humedad, oxigenación y porosidad para cada sustrato (Tabla 13.2). Según Bedoya Justo (2008) para que un cultivo hidropónico tenga las mejores condiciones se debe de tener especial cuidado en cumplir las siguientes características: facilidad de aireación, buena protección frente a factores ambientales externos, deben ostentar bajos costos que nos permitan hacerlos accesibles, facilitar el desarrollo de las raíces.

13.5. Riego y drenaje

La fresa es un cultivo muy exigente en cuanto a la calidad del agua de riego, ya que no resiste altas concentraciones de sales, debido a que disminuye su rendimiento con concentraciones de sales en el agua superiores a los 0.8 dS m^{-1} (Mendieta M. 2011).

En teoría se debe permitir del 10 al 30 % de deflexión de la humedad. Lo anterior explica que cuando se consumieron 108 ml en perlita (30%) se aplicó el siguiente riego y así sucesivamente para los otros dos sustratos (Tabla 13.3).

Tabla 13.1. Datos obtenidos de la caracterización de cada sustrato (PM) Peat moss, (P) Perlita, y (T) Tezontle en litros (L)

Sustrato	Vol. Sustrato	Vol. Saturación	Vol. Drenaje	Agua retenida
P	5	2.2	0.24	1.9
PM	5	2.5	0.75	1.75
T	5	2.6	1.3	1.3

Tabla 13.2. Cálculos de retención de humedad, porcentaje de oxigenación porosidad de cada sustrato (PM) Peat moss, (P) Perlita, y (T) Tezontle

Sustrato	Porcentaje de porosidad	Porcentaje de oxigenación	Retención de humedad
P	50 %	15 %	35 %
PM	44 %	48 %	38 %
T	52%	26%	26%

Tabla 13.3. Datos de entrada y salida de agua para cada sustrato (PM) Peat moss, (P) Perlita, y (T) Tezontle

Sustrato	Vol. Gotero Control	Vol. Drenaje (30%)
P	360 ml	108 ml
PM	300 ml	90 ml
T	360 ml	107 ml

En base a lo anterior y a la caracterización, se estableció un tiempo de cuatro minutos dando cinco riegos para peat moss y seis riegos para perlita y tezontle a partir de las 10:00 AM (cada dos horas). Yuan (2004) menciona que el agua introducida a la planta mediante un sistema de riego por goteo, aumenta los rendimientos de la fresa no sólo por el aumento de riego, sino que, cada vez que se va aumentando el riego será mayor número de frutos y también el peso del mismo.

13.6. pH y Conductividad eléctrica

La mayor parte de los cultivares de fresa tienen como pH óptimo entre 5.5-6.5, aunque hay algunas que toleran suelos calcáreos (Resh, 2001). El pH óptimo para un buen desarrollo y rendimiento se dio entre 5.5 – 6.5 donde la C.E fue de 2.1 S/m para perlita, 2.4 S/m para peat moss y 2.5 S/m para tezontle programándose siete riegos para tezontle y seis para los otros sustratos, dicha programación se realizó midiendo la entrada y salida de H₂O (drenaje) tomando en cuenta un porcentaje de deflexión del 30% utilizando un gotero control para cada sustrato.

13.7. Peso medio de fruto

El análisis de varianza respecto al Factor-B (variedad) resultó significativo al 99 %. La comparación de medias (análisis de Duncan) muestra que la variedad Dulce Ana presentó el mayor peso medio de fruto durante toda la parte experimental con un valor promedio de 10.032 g (en las variedades restantes no se presentan diferencias estadísticas significativas entre sus medias (Tabla 13.4) El peso medio de fruto de estas variedades restantes fue de 8.077 y 6.314 g por fruto, respectivamente. Los resultados respecto al Factor A (sustrato) no se muestran diferencias significativas; los tres tipos de sustratos se comportaron de manera similar en cuanto al peso medio de fruto obtenido.

Tabla 13.4. Comparación de medias para peso medio de fruto respecto al Factor B (variedades)

Categoría	Media estimada (g)	Grupos
Factor B-DA	10.032	a
Factor B-B	8.077	ab
Factor B-A	6.314	ab

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,001$).

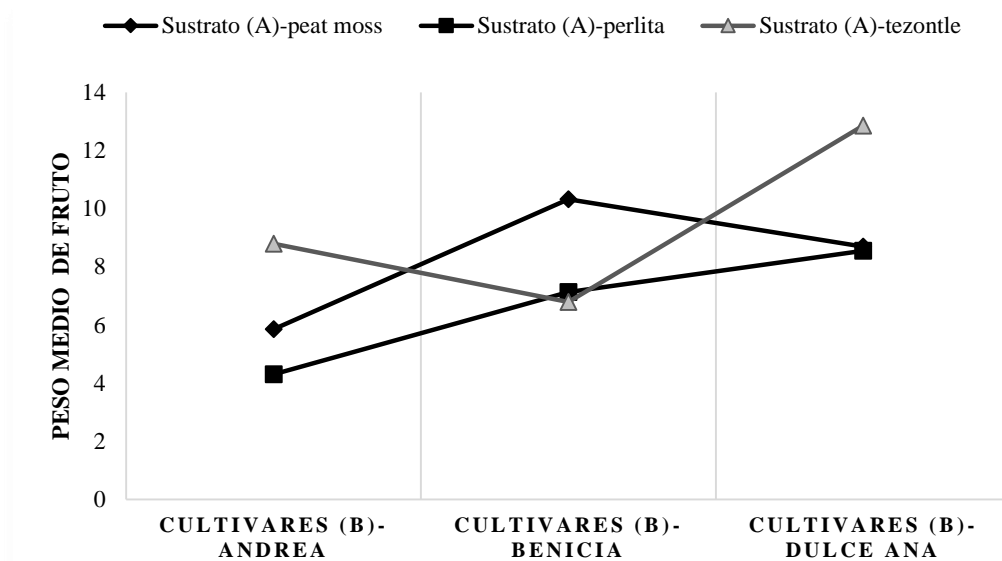


Figura 13.4. Interacción de peso medio de fruto respecto al factor A (sustrato) y factor B (variedad)

En la Figura 13.4, se puede observar que la variedad Dulce Ana respondió de mejor manera con el tezontle y la variedad Benicia se favoreció con el peat moss. La variedad Andrea muestra bajas interacciones para los tres tipos de sustratos y no logro adaptarse a las condiciones ambientales establecidas siendo la que mostro menos floración, y mayor índice de quemado de flor aun con el uso de la malla sombra en el invernadero.

13.8. Grados Brix

El Anova del contenido de grados brix muestra diferencias significativas entre los tres tratamientos correspondientes a los sustratos. Pérez López (2013) afirma que los mejores resultados para un sistema hidropónico, se dan en los sustratos: perlita y peat moss en la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Caruso G. (2011) en un estudio realizado sobre los efectos de los ciclos culturales de fresa *fragaria x ananassa* en sistema hidropónico; afirma que el contenido de °Bx es más alto mediante dicho sistema que un cultivo en suelo.

La comparación de medias (Tabla 13.5) respecto al tipo de sustrato muestra diferencias significativas entre los tres tratamientos donde tezontle resulto ser el que mejor

se comportó para esta variable con una media de 9.847 °Bx seguido de peat moss y por ultimo perlita.

En el Tabla 13.6 se muestra la comparación de medias del contenido en grados brix respecto al tipo de variedad donde la que mejor se comporto fue Dulce Ana con 15.2 °Bx, por encima significativamente de Benicia y Andrea, las cuales se comportaron de manera similar presentando valores entre 10.1 y 11.7 °Bx.

Tabla 13.5. Comparación de medias de grados brix entre respecto al factor A (tipo de sustrato).

Categoría	Media estimada
Factor A-T	9.847 a
Factor A- PM	8.694 b
Factor A- P	7.988 c

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,001$).

Tabla 13.6. Comparación de medias de grados brix en el Factor B (variedades).

Categoría	Media estimada
Factor B- DA	9.806 a
Factor B- B	9.470 b
Factor B- A	7.254 c

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,001$).

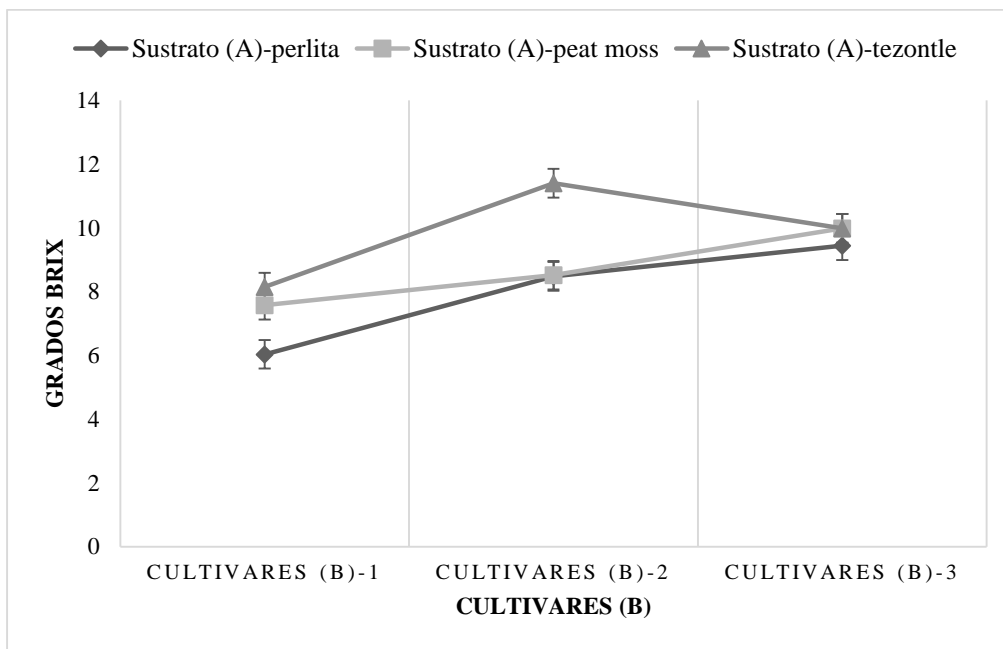


Figura 13.5. Interacción de grados brix respecto al factor A (sustrato) y factor B (cultivar) donde cultivares (B)-1 se refiere a la variedad Andrea, (B)-2 Dulce Ana y (B)-3 corresponde a Benicia.

La interacción de °Bx respecto a los dos factores refleja que el tratamiento tezontle/Dulce Ana mostro mayor impacto en comparación a los demás tratamientos. Pérez *et al.*, 2013

13.9. Crecimiento de fruto

- ***Diámetro ecuatorial***

La comparación de medias respecto al factor (A) no mostro diferencias significativas entre los tratamientos para un crecimiento ecuatorial del fruto. Los tres sustratos se comportaron de manera similar donde la media que más destaco fue la del tezontle por un valor mínimo de 12.801 mm.

Respecto al factor B, se muestran diferencias significativas en la variedad Dulce Ana donde se obtuvo una media de 15.472 mm pero no en las otras dos variedades donde se reflejaron medias similares con Benicia y Andrea.

Tabla 13.7. Comparación de medias de crecimiento de fruto (diámetro ecuatorial) en el Factor B (variedades)

Categoría	Media estimada del Diámetro ecuatorial en milímetro
Factor B- DA	15.472 a
Factor B- B	11.241 b
Factor B- A	10.522 b

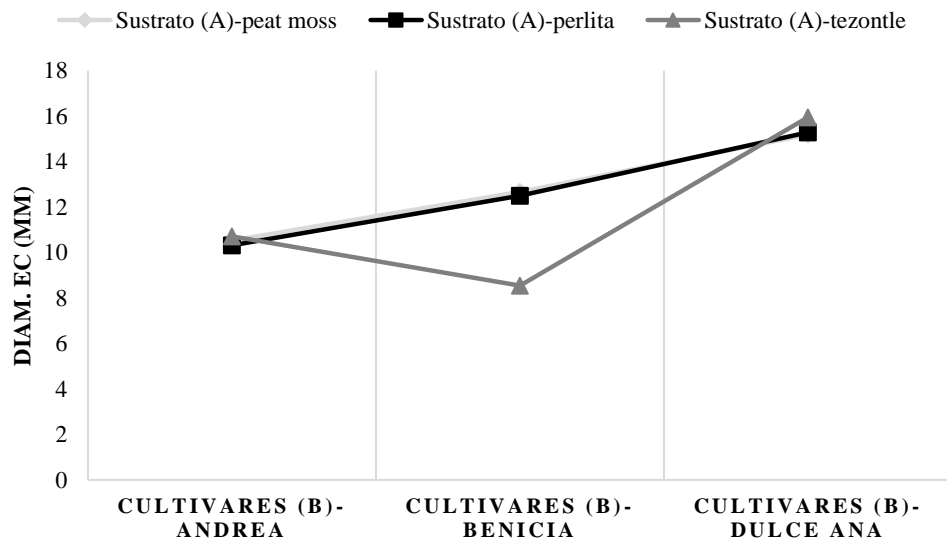


Figura 13.6. Interacción de crecimiento de fruto en diámetro ecuatorial para los dos factores

La interacción correspondiente a la Figura 13.6. muestra que los sustratos peat moss y perlita se comportaron de manera similar dentro de los tres tipos de cultivares destacando la variedad dulce Ana para los tres factores con una interacción de 15. 942 para tezontle y 15.280 mm de crecimiento para perlita y peat moss donde “tezontle” es el que muestra menores resultados para las variedades Benicia y Andrea.

Diámetro polar

La comparación de medias respecto al factor (A) no mostro diferencias significativas entre los tratamientos para un crecimiento polar del fruto sin embargo, el sustrato mejor

favorecido fue el peat moss con una media de 17.811 mm de crecimiento con respecto a las otras dos variedades, las cuales obtuvieron medias similares de 16.488 y 16.481mm para tezontle y perlita respectivamente.

Respecto al factor B, el anova mostro diferencias significativas al 99 % donde la comparación de medias favoreció a la variedad Dulce Ana con una media altamente significativa de 22.143 mm de crecimiento. Andrea y Benicia se comportaron de manera similar con medias de 14.751 y 13.886 mm respectivamente.

Tabla 13.8. Comparación de medias de crecimiento de fruto (diámetro polar) en el Factor B (variedades)

Categoría	Media estimada (Diam. Polar)
Dulce Ana	22.143 a
Andrea	14.751 b
Benicia	13.886 b

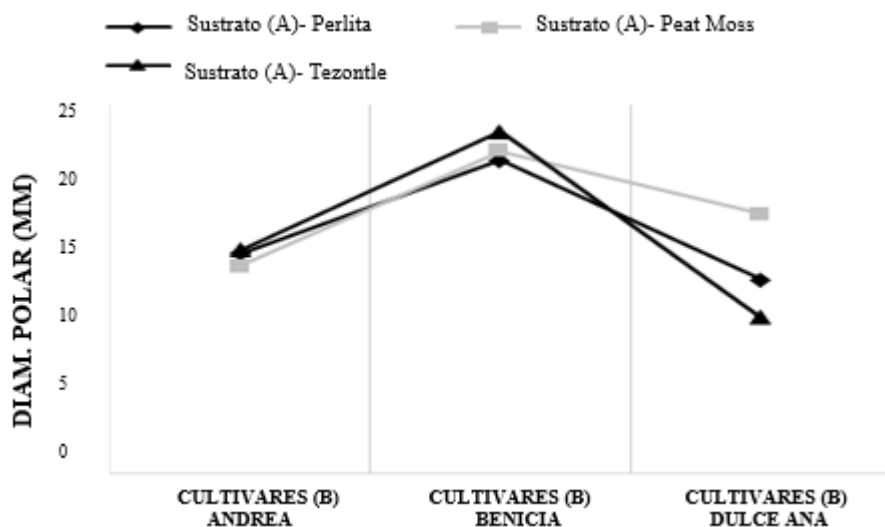


Figura 13.7. Interacción de crecimiento de fruto en diámetro polar para los dos factores.

13.10. Área foliar

Respecto a esta variable, la variedad Dulce Ana presentó una mayor superficie foliar con una media de 696.556 cm² pero sin diferencias significativas entre medias donde la variedad Andrea mostro una área foliar promedio de 667.448 cm² y Benicia reportó 627.526 cm² de área foliar. Farías (2002) menciona que el incremento de un rendimiento está ligado a cambios en la fijación de bióxido de carbono por unidad de área foliar del cultivo y a la distribución de los fotosintatos entre los órganos de la planta.

13.11. Materia seca

13.11.1. Raíz

El ANOVA al 99% resulto ser significativo ante las tres variedades. Los cálculos estadísticos para la variable relación brote/raíz respecto a la media mostraron diferencia significativa donde el valor más elevado fue para la variedad Dulce Ana con 8.114 gramos, Benicia y Andrea comportándose de manera similar con medias estimadas de 7.213 y 5.435 gramos respectivamente

En la **Figura 13.8**. Se presentan los resultados obtenidos para la variable producción de biomasa acumulada en materia seca. Dulce Ana mostro la mayor acumulación en producción ante las otras variedades desde el inicio del muestreo.

Tabla 13.9. Comparación de medias de materia seca con respecto a la raíz en tres variedades fragaria x ananassa

Categoría	Media estimada materia seca/ raíz (g)
Dulce Ana	8.114 a
Benicia	7.213 b
Andrea	5.435 c

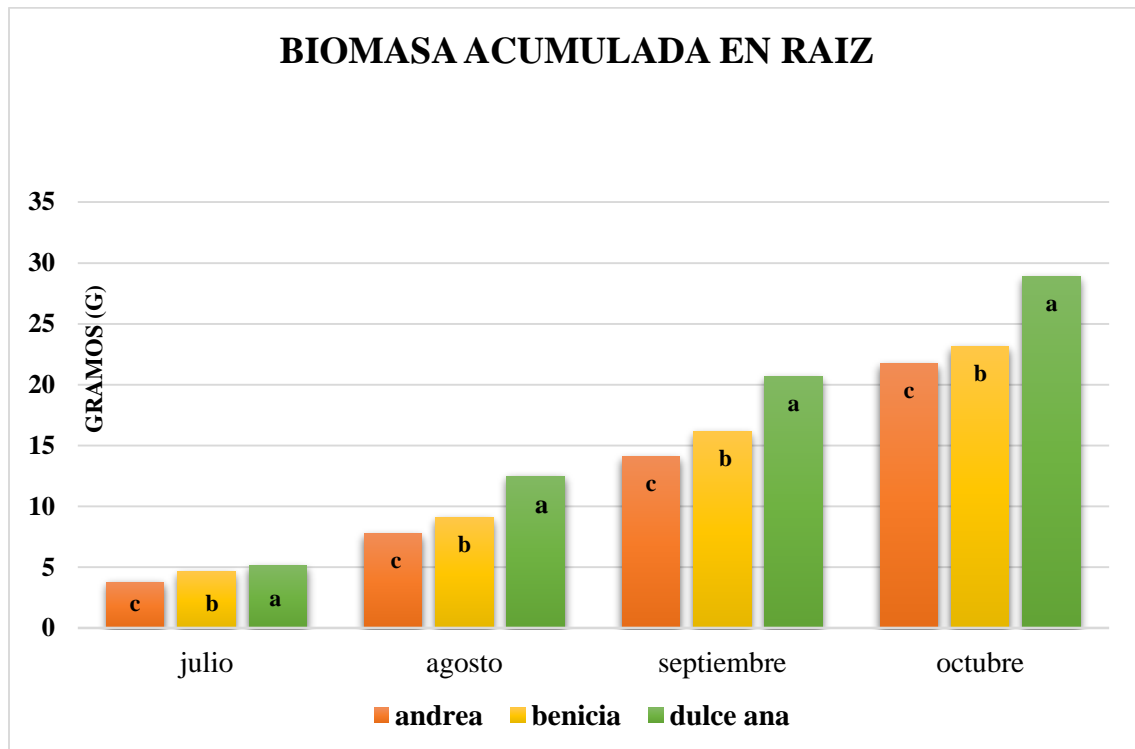


Figura 13.8. Biomasa acumulada en raíz de las variedades Andrea, Benicia y Dulce Ana durante los meses de julio-agosto 2013.

13.11.2. Corona

El ANOVA para este análisis mostro diferencias significativas entre los tratamientos al 99%. La comparación de medias nos da como resultado que la variedad Andrea sobresale con una media de 1.559 gramos por encima de Benicia y Dulce Ana con un valor medio de 0.989 y 0.793 gramos mismos que se comportaron de manera similar y no hubo diferencia significativa ante esas dos variedades. En la Figura 13.9. Se muestran los resultados obtenidos de biomasa acumulada donde Andrea obtuvo mejores resultados en acumulación de materia seca respecto a las otras dos variedades.

Tabla 13.10. Comparación de medias de materia seca con respecto a la corona en tres variedades de fresa

Categoría	Media estimada materia seca/ corona (g)
Andrea	1.559 a
Benicia	0.989 b
Dulce Ana	0.793 b

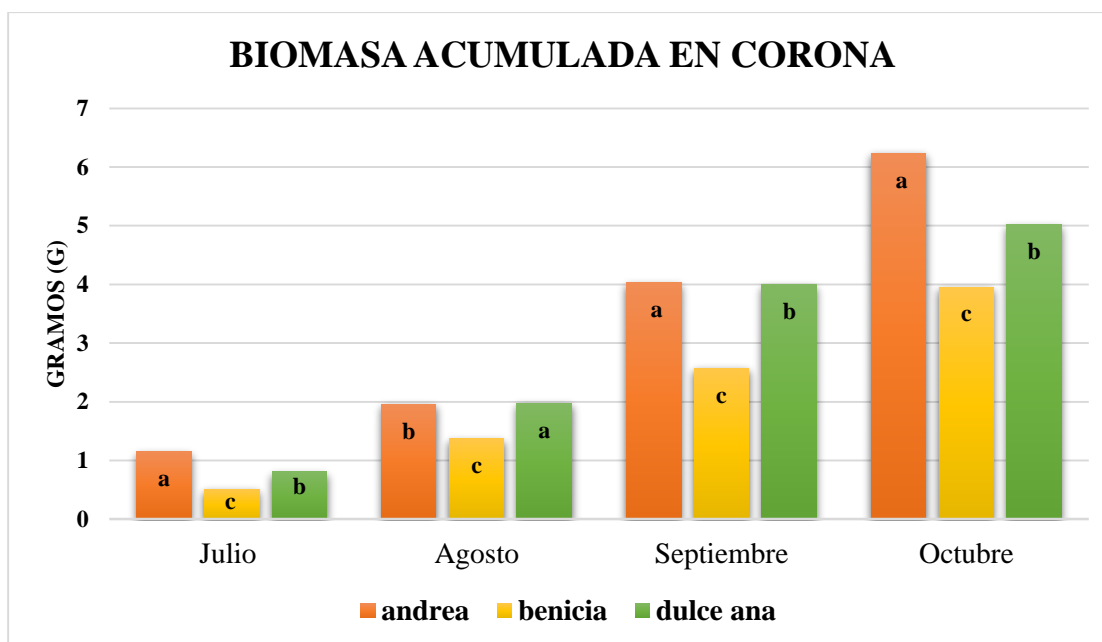


Figura 13.9. Biomasa acumulada en “corona” en tres variedades de fresa bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.

13.11.3. Peciolo

El análisis estadístico no mostro diferencia significativa entre las variedades comportándose de manera similar con un promedio de 1.063, 1.246, y 1.378 gramos respectivamente para Andrea, Benicia y Dulce Ana.

Respecto a la biomasa acumulada (**Figura 13.10.**) la variedad Dulce Ana sobre sale en todos los meses seguida de Benicia y por ultimo Andrea a excepción del mes de agosto donde Andrea mostro mejores resultados ante Benicia.

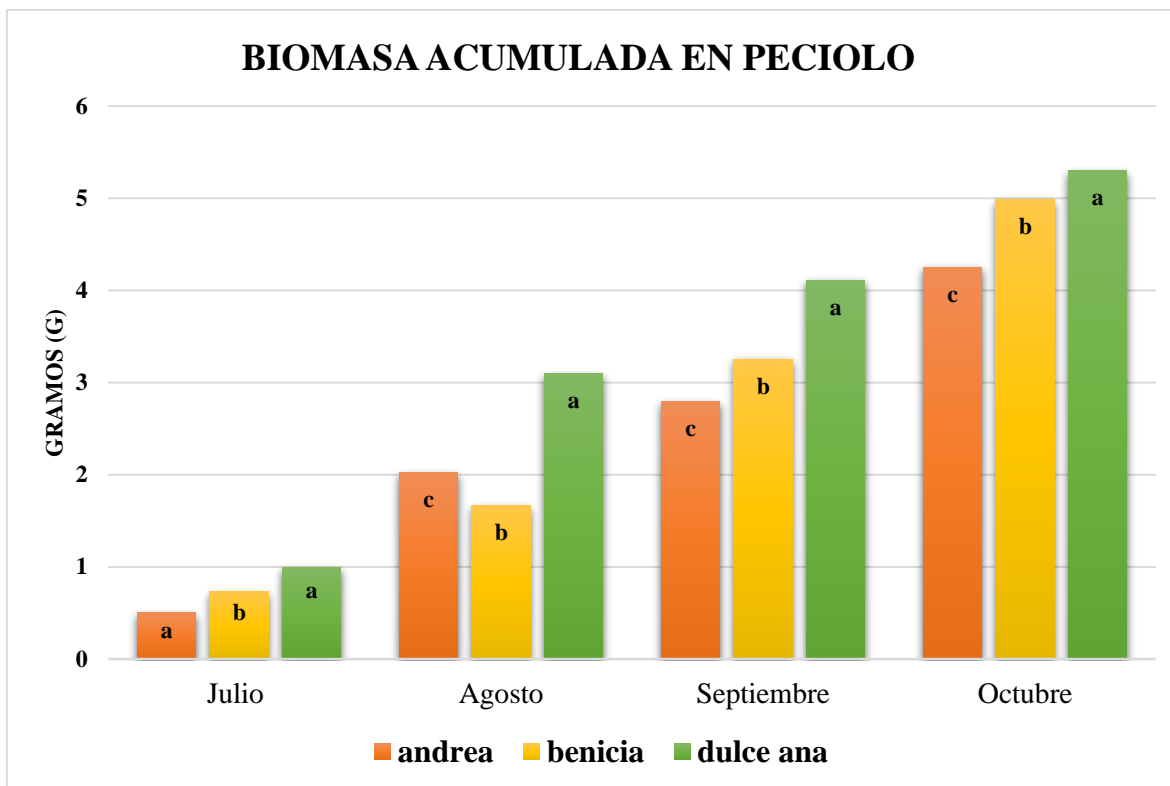


Figura 13.10. Biomasa acumulada en “peciolo” en tres variedades de fresa fragaria X ananassa bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.

13.11.4. Hojas

El ANOVA indico que se encontraron diferencias significativas para el análisis estadístico. La variedad Benicia sobresale con una media de 2.990 gramos donde se obtuvo un poco más del doble que por las otras dos variedades, las cuales se comportaron de manera similar.

Tabla. 13.11. Comparación de medias de materia seca con respecto a las hojas de tres variedades de fresa (Fragaria X ananassa).

Categoría	Media estimada materia hojas (g)
Benicia	2.990 a
Andrea	1.737 b
Dulce Ana	1.819 b

Benicia mostro la mayor biomasa acumulada (**Figura 13.11.**) respecto a la proporción de materia seca en hojas.

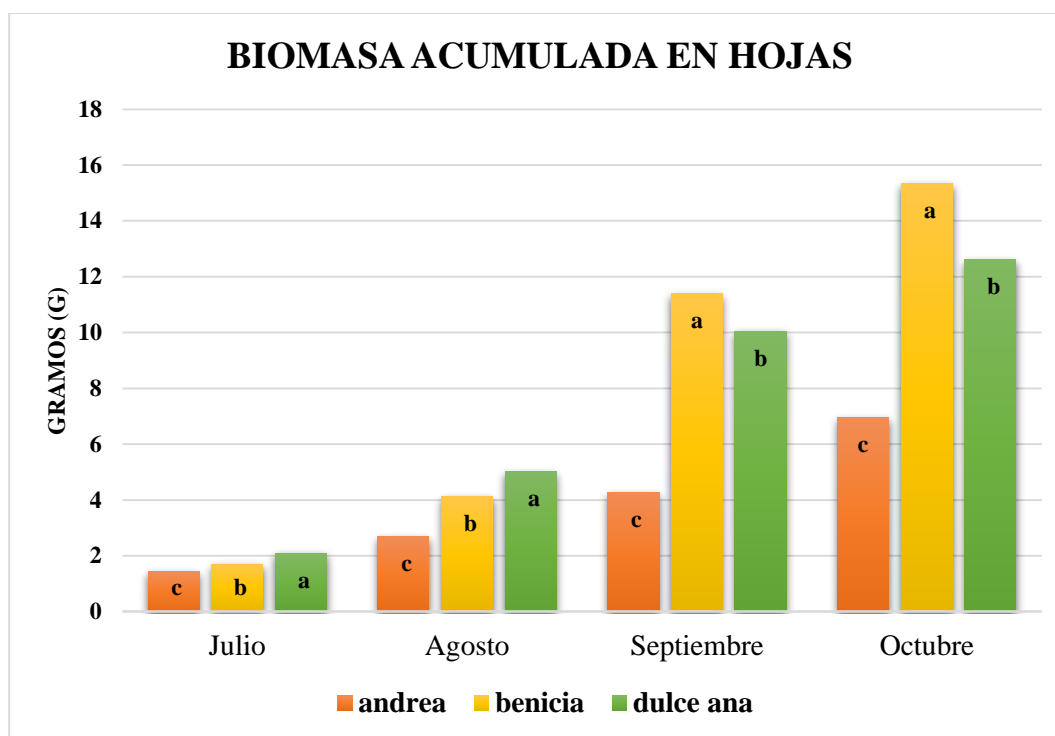


Figura 13.11. Biomasa acumulada en “hojas” en tres variedades de fresa *fragaria X ananassa* bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.

13.11.5. Flores

El análisis de varianza respecto a materia seca en flores resulto ser significativo al 99 %. La comparación de medias por análisis de Duncan muestra diferencias altamente significativas donde sobresale Dulce Ana. Por su parte para las variedades Andrea y Benicia, los valores similares para peso seco final permiten indicar que no hay diferencia significativa entre ellas (Tabla 13.12.)

Tabla 13.12. Comparación de medias de materia seca con respecto a las flores de tres variedades de fresa (*Fragaria X ananassa*).

Categoría	Media estimada materia hojas (g)
Dulce Ana	1.704 a
Benicia	0.174 b
Andrea	0.158 b

En la **Figura 13.12.** Se presentan los resultados obtenidos para la acumulación de materia seca de las tres variedades analizadas. Es notoria la diferencia en la producción total de biomasa de la variedad Dulce Ana respecto a las otras dos analizadas donde a su vez estas mismas (Andrea y Benicia) presentan promedio similar de materia seca total producido.

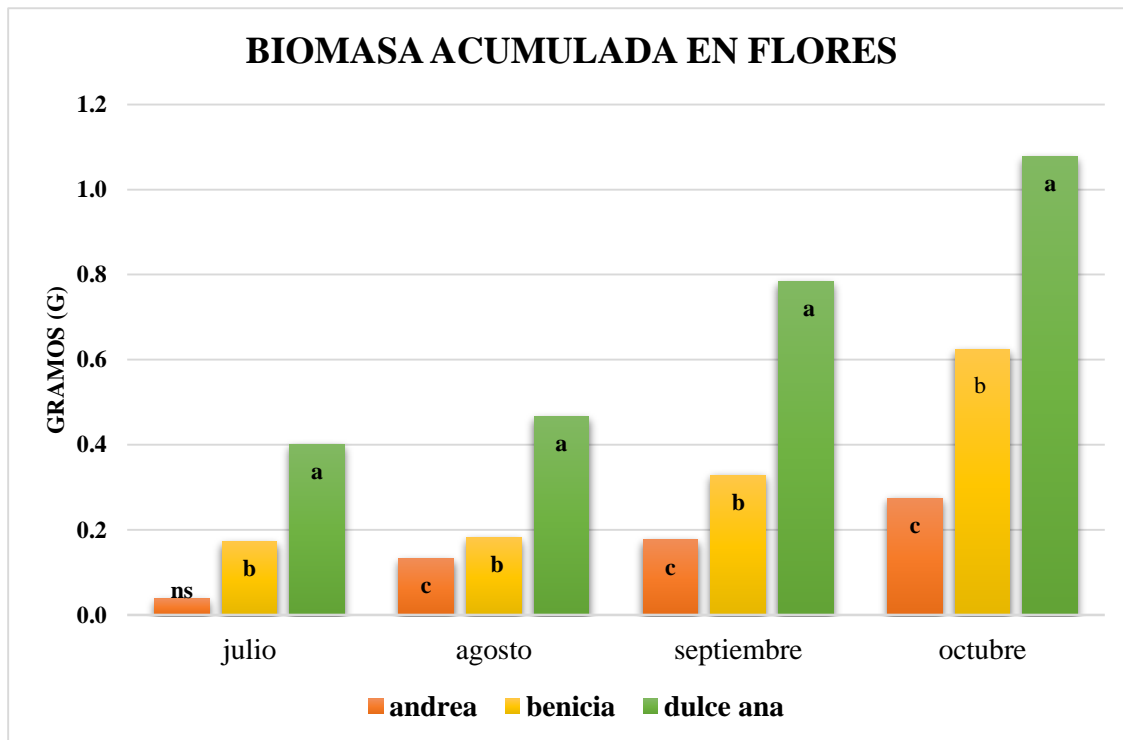


Figura 13.12. Biomasa acumulada de “flores” en tres variedades de fresa *fragaria X ananassa* bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.

13.11.6. Fruto

El análisis de varianza resulto no ser significativo mostrando medias similares de 0.173 y 0.227 gramos de materia seca para Benicia y Andrea respectivamente.

Respecto a la masa acumulada; Dulce Ana presentó una mayor acumulación de 1.097 gramos para el último mes (octubre), seguida de Benicia y por ultimo Andrea que fue la que presentó menor número de frutos y adaptación durante la parte experimental.

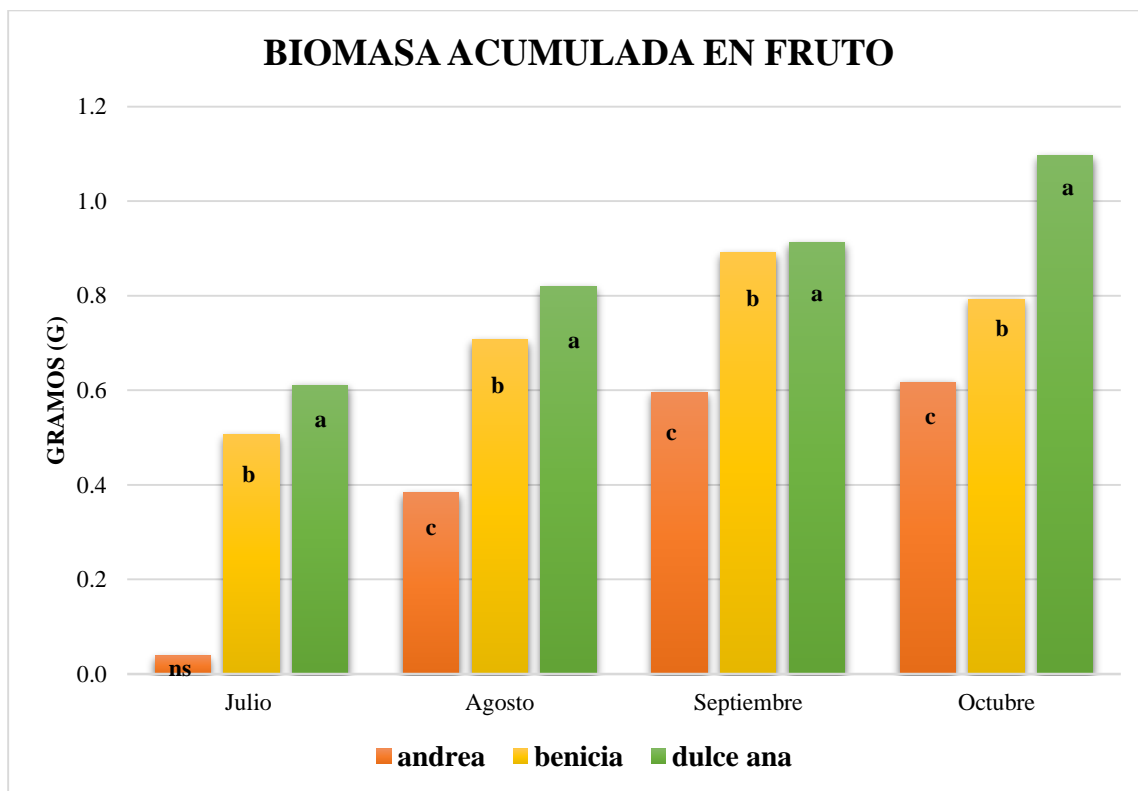


Figura 13.13. Biomasa acumulada en “fruto” en tres variedades de fresa fragaria X ananassa bajo cultivo hidropónico en invernadero durante los meses de julio-agosto 2013.

La mayor acumulación de materia seca en las tres variedades estudiadas corresponde a Dulce Ana donde la mayor masa obtenida corresponde a la raíz con 28.851 gramos en el último muestreo y la proporción de materia seca en hojas.

Un alto incremento en crecimiento de hojas fue para Benicia con 15.338 gramos, lo cual indica que podría ser una planta eficiente ya que junto con la variedad “Dulce Ana” obtuvo los valores más altos de materia seca a sus frutos.

14. Conclusiones

La fresa resulta ser un cultivo afectado por diversos factores como lo son la temperatura y la humedad relativa.

La variedad Dulce Ana sobresalió en productividad en comparación con las variedades Andrea y Benicia; de mayor a menor jerarquía por rendimiento total acumulado se encontró:

→ 195.644 Kg (0.195 t)

→ 75.165 kg (0.075 t)

→ 155.54 kg (0.155 t)

Todas las variedades de fresa evaluadas tuvieron su máxima producción de frutos en el mes de enero.

La variedad Andrea presentó deformación de fruto durante los meses mayo a julio

La variedad que mejor se adaptó a la zona “Dulce Ana” resultando ser más resistente a altas temperaturas < 35 °C ya que no presentó deformación de fruto presentando mejor estabilidad y crecimiento rápido durante la parte experimental. Presentó los mejores frutos, con mayor calidad y sabor.

El tezontle interactuó de mejor manera con la variedad Dulce Ana

La mayor acumulación en materia seca respecto al factor B: Dulce Ana (Raíz 28.851 gramos)

Un alto incremento en crecimiento de hojas fue para Benicia → 15.338 g

La variedad Andrea podría considerarse no apta para la zona, ya que no se logró adaptar al 100% a este tipo de clima (semiseco) donde se obtuvo poca raíz, número de flores y frutos durante el experimento.

La fresa resulta ser un cultivo de microclima afectado por diversos factores

Las variedades Dulce Ana y Benicia son una alternativa de cultivo recomendable para la región sureste de Coahuila ya que son competitivas en rendimiento y producción de fruto de alta calidad.

El tezontle ofreció buen drenaje, un buen aporte de nutrientes y un pH ligeramente neutro lo cual hizo que presentara mejores resultados ante los demás sustratos estudiados dando los frutos con mejor peso y sabor seguido del peat moss

La variedad Andrea podría considerarse no apta para la zona, ya que no se logró adaptar al 100% a este tipo de clima (semiseco) donde se obtuvo poca raíz, número de flores y frutos durante el experimento.

15. Referencias

- Ávila Arce. M., David de Jesús González-Milán. 2012. La competitividad de las fresas (*fragaria spp.*) mexicanas en el mercado nacional, regional y de estados unidos. Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California.
- López Pérez L., Cárdenas Navarro R., Lobit P., Martínez Castro O., Escalante Linares O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 No. 2 pp. 171– 174
- Caruso G, Villard G, Melchionna G, and Conti S 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca*) grown in hydroponics. Scientia Horticulturae.
- 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.
- Castillejo A. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria X ananassa*) en invernadero. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario para el desarrollo integral regional unidad Michoacán.
- López-Aranda (2008) El cultivo de la fresa en Huelva. En: La fresa de Huelva. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Capelo C. Roche U. 2008. “Evaluación de 10 fungicidas en el control de *Botrytis cinerea* pers.: fr. en el cultivo de fresa (*fragaria virginiana* var. diamante) a nivel de laboratorio. Universidad de cuenca. Facultad de ciencias agropecuarias escuela de ingeniería agronómica
- Dávalos G. et al, 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo experimental bajío. Celaya, Gto., México. Libro Técnico Núm. 3

- Medrano E. Lorenzo P., Sánchez Guerrero, Alonso F.J., Briones P.A., Parra A., Roldán A. 2010. Producción integrada de fresa en sustrato con sistema recirculante en condiciones mediterráneas. Congreso Virtual Iberoamericano de producción integrada en horticultura IFAPA Centro La Mojonera, Almería, España.
- Chávez E. F, Preciado R. P, Benavides. M. A. 2006. Manual de Preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
- Pere Papasseit 2006. Oportunidades del cultivo sin suelo para las fresas de Huelva. Tecnología Hortícola. Rev. Horticultura.
- Gilzans J.C. 2007. Hidroponía. Programa Nacional de Producción Hortícola Est. Expt. Las Brujas
- García L. A. Y J. L. Guardiola. 2003. Transporte en el floema. En: Azcón-Bieto J. Y Talón M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. MacGRAW-HILL 3Era reimpresión. Barcelona, España. 65-82.
- Lakso A. N., Corelli-Grappadelli, L., Wunsche J. and Robinson T. 1997. Understanding apple tree productivity-balancing carbohydrate supply and demand. Compact Fruit Tree 30: 11-17.
- López Aranda, J.M 1997. Variedades de la fresa. Particular referencia a su cultivo en Huelva. Anuario de la fresa CyTA, ed. 3948.
- López Aranda, J.M 1996. Ensayos sobre técnicas de cultivo y variedades de fresón. 1/96 Red Andaluza de Experimentación Agraria. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, 1001 pp.
- Brimner, T.A. y G.J. Boland. 2003. A review of the non-target effects of fungi used to biologically control plant diseases. Department of Botany, University of Guelph, Guelph, ON, Canada N1G 2W1. Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, ON, Canada N1G 2W1. Agriculture, Ecosystems and Environment 100 (2003) 3–16.

- Zhang, H., et al, 2007. Postharvest biological control of gray mold decay of strawberry with *Rhodotorula glutinis*. *Biol. Control*. 40(2), 287-292.
- Bienlinski M. Santos, Henner A. Obregón 2012. Prácticas Culturales para la Producción Comercial de Fresas en Florida. Centro de Investigación y Educación de la Costa del Golfo, Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentación. Universidad de Florida, Gainesville, FL 32611. Horticultural Sciences.
- Santoyo Juárez J.A., Martínez Alvarado C.O 2010. Paquete Tecnológico para la producción de fresa. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa (CVTTS), A.C.
- Douglas V. Shaw., Kirk D. Larson 2014. Qualitative performance comparisons of day-neutral selection CN236 (8.181-1) with Albion, Monterey and San Andrea. Universidad de California (UC DAVIS). (2009). Variedad San Andrea.
- Burés Silvia 2002. Sustratos: Propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Guevara Y. Aponte A. y Maselli A. 2006. Enfermedades del cultivo de la fresa en dos localidades agrícolas de Aragua y Miranda. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Calderón, Z. G. y R. Vega del R. 2009. Variedades Mexicanas y Cultivares Comerciales de Fresa. Simposium Nacional de Producción Forzada de frutales y I Curso Nacional de producción Forzada de durazno y frutillas. Colegio de Postgraduados. México, D.F
- Chirinos U. 2001. Fertilización de Fresa *Fragaria ananassa*.
- Guadarrama Díaz S. O. 2005. Guía Técnica para el Cultivo de Fresa. Gobierno del Estado de México. Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishing. Cambridge, U.K

- Mendieta M. 2011. Distribución Espacial de Nutrientos en la Solución del Suelo para la Producción Intensiva de Fresa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Pérez López L. et al, 2013. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- Rodríguez D. 2011. Sistema de columnas: Cultivo de fresa. Curso de Cultivos hidropónicos. Centro de Investigación de Hidroponía. Universidad Agraria la Molina Lima, Perú.
- Taylor D. R. 2002. The Physiology of flowering in Strawberry. *Acta Horticulturae*. 567:245-251.
- Feriol X. propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. *Citrifruit*, julio-diciembre, 2010, vol. 27 no. 1, 72-74.
- Clavejo R. Beltrán A. y Llauguer R. E. Apuntes sobre el cultivo de la fresa (*Fragaria Ananassa*) *Citrifruit*, julio-diciembre, 2010, vol 27, no. 1, p. 67-70.
- Agrocadena de fresa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Central Occidental. Alajuela, Grecia, 2007, p. 7-8.
- Cecatto Ana P., Calvete Eunice O., Nienow Alexandre A., Castoldia da Costa R., Constancio Heloísa F., Pazzinato Aislam C. 2013. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. *Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Cx. Postal 611, 99001-070, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil*
- Monteiro Correa R., Carmo Pinto S., Reis Soares E., Mendes Andalo V., 2014. Hydroponic Production of Fruit Tree Seedlings in Brazil. Instituto Federal Gerais Campus Bambuí, Bambuí, MG Brazil.

- Hochmuth C. Crocker T. 2002. Producing Strawberries in North Florida Using an Outdoor Hydroponic System. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Leira P. 2012. Los Cultivos Hidropónicos: La Agricultura Sostenible.
- 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. Vol 129. *Scientia Horticulturae*.
- Correia P.J., Pestana M., Martínez F., Ribeiro E., Gama F., Saavedra T., Palencia P., 2011. Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Scientia Horticulturae*. Vol 130, p. 398–403
- Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M. C.; Medrano, E.; García, M. L.; Caparrós, I.; Giménez, M. (2003): “EL sombreado móvil exterior: efecto sobre el clima del invernadero, la producción y la eficiencia en el uso del agua y la radiación”. Fernández, M.; Lorenzo, P.; Cuadrado, I. (Eds.): Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos. Curso superior de especialización 7. DGIFA, FIAPA y Cajamar; pp. 207-229.
- Lorenzo P. 2012. El Cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios CEA03. Pp. 23-44
- Casierra F. Posada, Yuber A. (2007). Crecimiento y Producción de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por encharcamiento. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo Ecofisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).
- Soto (2011). Producción de Frutillas en Pilar. Informe Frutihortícola. Buenos Aires, Argentina
- Stapleton (2001). Producción de variedades de fresa en California