



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE  
FRESA EN DOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA LICENCIATURA:

INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

**BRENDA VANESSA HERNÁNDEZ PÉREZ**

ASESORES:

DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA

DR. OMAR FRANCO MORA



CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, TOLUCA,  
MÉXICO.

AGOSTO DE 2017

# CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1. Generalidades y antecedentes</b> .....	3
<b>2.2. Importancia nutricional</b> .....	4
<b>2.3. Producción mundial y nacional</b> .....	5
<b>2.4. Condiciones de cultivo</b> .....	6
<b>2.4.1. Fotoperiodo</b> .....	6
<b>2.4.2. Temperatura</b> .....	7
<b>2.4.3. Humedad relativa</b> .....	7
<b>2.4.4. Agua y suelo</b> .....	7
<b>2.4.5. Fertilización y nutrición</b> .....	8
<b>2.5. Efecto de los nutrimentos en la calidad de fruto</b> .....	9
<b>2.6. Indicadores de calidad de fruto</b> .....	11
<b>2.6.1. Composición química de la fresa</b> .....	12
<b>2.6.2. Textura</b> .....	14
<b>2.6.3. Cambios en la textura</b> .....	15
<b>2.7. Parámetros o atributos de calidad de la fresa</b> .....	16
<b>2.7.1. Color</b> .....	16
<b>2.7.2. Tamaño</b> .....	18
<b>2.7.3. Sabor y aroma</b> .....	19
<b>2.7.4. Sólidos solubles totales</b> .....	19
<b>2.7.5. Acidez</b> .....	20
<b>2.8. Cultivo hidropónico en Invernadero</b> .....	21
<b>2.8.1. Sistema hidropónico óptimo para la fresa</b> .....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
<b>3.1. Ubicación del experimento</b> .....	23

<b>3.2. Material biológico.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. Desarrollo del experimento .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver .....</b>	<b>23</b>
3.3.2. Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC). .....	25
<b>3.4. Descripción del desarrollo del cultivo.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.1. Solución Nutritiva para el cultivo .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.2. Monitoreo de Conductividad eléctrica y pH.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.3. Control de Plagas .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5. Variables de estudio.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1. Rendimiento.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.2. Tamaño.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.3. Color.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.4. Firmeza.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.5. Sólidos solubles totales (° Brix).....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.6. Acidez titulable.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.7. Análisis nutrimental.....</b>	<b>31</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1. Rendimiento.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Firmeza.....</b>	<b>33</b>
<b>4.4. Sólidos solubles totales (SST) .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Acidez Titulable.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6. Color .....</b>	<b>35</b>
<b>4.7. Análisis Nutrimental .....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de cromaticidad.....	17
Figura 2. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver.....	24
Figura 3. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver con frutos.....	25
Figura 4. Sistema hidropónico abierto convencional.....	25
Figura 5. Sistema hidropónico abierto convencional con frutos.....	26
Figura 6. Monitoreo del pH en la solución de fibra de coco. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver (SHCR), Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).....	28
Figura 7. Monitoreo de la CE en la solución de fibra de coco. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver (SHCR), Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).....	28

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Solución Steiner al 25 y 50 % utilizada durante el tiempo que duro el experimento. ....	27
Cuadro 2. Comparación del rendimiento acumulado por metro cuadrado entre sistemas a los 153 DDT.....	33
Cuadro 3. Características cualitativas de frutos obtenidos de los diferentes sistemas de producción a los 153 DDT.....	34
Cuadro 4. Efecto principal del factor color entre sistemas.....	36
Cuadro 5. Comparación cualitativa del análisis nutrimental entre ambos sistemas.....	37

## **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRESA EN DOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS**

Brenda Vanessa Hernández Pérez<sup>1</sup>, Prometeo Sánchez García<sup>2</sup> y Omar Franco Mora<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Campus universitario el “Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas C.P. 50200. Toluca, Estado de México.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230, MÉXICO.

### **RESUMEN**

En México se produce fresa con alta tecnología pero existe escasa investigación sobre su productividad en sistemas hidropónicos con altas densidades. Recientemente, se diseñó el Sistema Hidropónico Cerrado tipo Revolver (SHCR), el cual al ser circular y con seis canaletas, aumenta la densidad de población expresada en metros cuadrados o metros cúbicos. Las canaletas de SHCR son de acero inoxidable con un sistema de riego y drenaje, con fibra de coco como sustrato y en cada canaleta se establecieron 18 plantas teniendo 108 plantas en total, por prototipo, en un área de 3 m<sup>3</sup>. Así, el presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar el rendimiento y calidad de fresa ‘Safari’ entre el SHCR y un sistema hidropónico abierto convencional (SHAC); este último contó con sacos de cultivo, en cada uno de ellos se colocaron 6 plantas teniendo 36 plantas en un área de 3 m<sup>2</sup>. El experimento se llevó a cabo en un invernadero de cristal en el Colegio de Postgraduados, en Montecillos Estado de México. Para conducir el estudio, los tratamientos se manejaron en un diseño experimental completamente al azar con el mismo número de repeticiones. Durante la etapa de desarrollo se proporcionaron riegos con solución nutritiva Steiner al 25%, para la etapa de fructificación se aplicó la solución nutritiva al 50%. Los frutos de fresa comenzaron a cosecharse a los 153 días después del trasplante y de manera continua por 62 días. Al aumentar la densidad de plantas, el SHCR permite aumentar la producción, en un 300%; en contraparte, la firmeza y el color se ven afectados reduciéndose en un porcentaje de 21.11% y 10.52%, respectivamente. Para el caso de tamaño, sólidos solubles totales y acidez titulable no existió diferencia estadística entre sistemas.

**Palabras clave:** hidroponía; fibra de coco; sistema hidropónico cerrado.

## **YIELD AND STRAWBERRY EVALUATION QUALITY IN TWO HIDROPONIC SYSTEMS**

Brenda Vanessa Hernández Pérez<sup>1</sup>, Prometeo Sánchez García<sup>2</sup> y Omar Franco Mora<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Campus universitario el “Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas C.P. 50200. Toluca, Estado de México.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230, MÉXICO.

### **ABSTRACT**

Mexico produces strawberry fruit with high technology, but there is scanty information about production in hydroponic systems with high densities. Recently, it was designed the Hydroponic System Revolver Type (SHCR), which is circular and presents six channel-pots, thus, the plan density is increased referred in square meters or cubic meters. The SHCR channel-pots are made of stainless steel, irrigation and drainage systems; coconut fiber as substrate and 18 plants per channel-pot, resulting in 108 plants per SHCR or 108 plants per 3 cubic meters. Objective of present research was to determine the strawberry yield and some fruit quality aspects in a SHCR versus a typical Hydroponic System (SHAC). SHAC was formed with producing sacs each with 6 plants to summarized 36 plants in 3 square meters. The experiment was performed at Colegio de Postgraduados in Montecillo, Mexico under a glass greenhouse conditions. Plants were sampled in a complete randomized design with the same number of replications. During the development stage, irrigations were provided with Steiner nutrient solution at 25%, and for the fruiting stage the nutrient solution was applied at 50%. Strawberry fruits were harvested since 153 days after transplanting and during the next 62 days. As expected, increment of plant density increased fruit yield (300 % more than SHAC); nevertheless fruit firmness and peel color were reducen in 21.11 and 10.52 %, respectively. For fruit size, total soluble solids and titratable acidity there was not differences due to the hydroponic systems.

Key Word: hidroponics, coconut fiber, close hidroponic system.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, los avances científicos y tecnológicos permitieron que la productividad agrícola aumentara, es por ello que, a nivel mundial, se busca la implementación de nuevas tecnologías en el sector agropecuario, el objetivo de esto es aumentar el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de los productos.

Hoy día, es de vital importancia producir alimentos, libres de concentraciones tóxicas de metales pesados, insecticidas y que no se contamine el ambiente en el que se cultivan, y optimizar los recursos naturales para obtener productos de mejor calidad. Además, los sistemas de producción intensivos deben de optimizar el espacio, debido a que en la actualidad el crecimiento de las ciudades limita las áreas de producción de los cultivos. El utilizar sustratos para producción de cultivos ayuda a producir alimentos inocuos, tener un mayor control de la nutrición, adicionalmente contribuye a disminuir la contaminación del suelo, por el uso excesivo e irracional de plaguicidas y fertilizantes (Olvera, 2016).

La competitividad y rentabilidad de la industria de la fresa (*Fragaria × ananassa*) en México, en el futuro, dependerá de la adopción de mejores técnicas de cultivo, la mayor problemática que enfrentan los productores de fresa se centra fundamentalmente en aspectos de calidad, nutrición, fitosanidad, inocuidad, nuevas tecnologías y comercialización.

La fresa se cultiva, como la mayoría de las especies agrícolas, directamente en el suelo; implicando desventajas como reducción en la eficiencia en el uso de nutrimentos. Esto puede conducir a exceso de iones ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) por fertilizaciones frecuentes lo que causa desbalance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo y origina reducción del rendimiento y calidad de las fresa (Albregts et al., 1991)

Por todo ello se ha buscado implementar nuevos sistemas de producción intensivos, basados en la hidroponía (cultivos sin suelo) y el uso de cubiertas (invernaderos, micro túneles y mallas sombra). Sistemas que además permiten aumentar la producción por unidad de superficie, incrementar la calidad de los productos y obtener cosechas constantes durante todo el año. Dentro de los factores de calidad de la fresa se encuentra su contenido de vitaminas y minerales, además de componentes sensoriales que le dan aroma y sabor. El tamaño, forma, color, firmeza, acidez, dulzura y sabor hace que la fresa sea una de las frutas más populares y consumidas en primavera (Roussos, 2009).

El cultivo hidropónico permite a los agricultores controlar fácilmente el suministro de nutrimentos, mediante el ajuste de la concentración de la solución nutritiva (Caruso et al., 2011). Las fresas en tales condiciones consumen menos agua, requieren pocas aplicaciones de herbicidas, la fruta se mantiene limpia, aumenta su tamaño, incrementa el rendimiento y mejora su precocidad y calidad (Yuan y Sun, 2004). Olvera (2016) diseñó un sistema hidropónico cerrado tipo revólver, dicho sistema está compuesto por seis canaletas que giran sobre un eje, con la intención de que las plantas reciban la misma cantidad y calidad de luminosidad, además que el giro está controlado por un gabinete en donde se programa el tiempo que tardara entre cada giro. Dicho autor propuso que, debido a la disposición de las canaletas, bajo condiciones de humedad y fertilización óptimas puede incrementar la densidad de población, el rendimiento y la calidad de la fresa (Olvera, 2016).

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que el sistema hidropónico cerrado tipo revolver (SHCR) en comparación con el sistema hidropónico abierto convencional (SHAC) aumentara el rendimiento y la calidad de la fresa.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades y antecedentes

La fresa (*Fragaria x ananasa*) es una planta octoploide y un híbrido obtenido de la combinación de *Fragaria virginiana* (Estados Unidos) y *Fragaria chiloensis* (Chile) (Benavides et al, 2007; Flórez y Mora, 2010); ambas especies pertenecen a la familia Rosaceae. Existen especies oriundas de Europa tales como *Fragaria vesaca* L., *F. moschata* Duch., y *F. virindis* de frutos pequeños o “fresas” y especies americanas como *F. chilonensis* Duch. (Maroto y López, 1998).

La fresa es una planta perenne, herbácea, que tiene un tallo central o corona de la que las hojas, raíces, los estolones y las inflorescencias emergen. La corona se compone de un núcleo central rodeado por un anillo vascular. El núcleo está compuesto principalmente de la médula, con una fina capa de cambium que lo rodea. En la parte superior de cada hoja a lo largo de la corona hay una yema axilar, que puede producir los estolones, las cuales desarrollan o permanecen en estado latente, según las condiciones ambientales (Hancock, 1999).

Las hojas están dispuestas en espiral, cada sexta hoja está justo por encima de la primera. Las hojas son pinnadas y generalmente trifoliadas. Tienen la epidermis y las capas de mesófilo y empalizada típicas de las dicotiledóneas. Sólo tienen estomas en el envés. Las hojas de la mayoría de las especies viven sólo unos pocos meses y mueren después de la exposición a heladas fuertes en el otoño, aunque algunas hojas de *Fragaria chiloensis* permanecen verdes durante todo el invierno, si las temperaturas no bajan sustancialmente por debajo de cero. Las hojas viejas se sustituyen en la primavera con hojas nuevas que han hibernado como

primordios entre las capas de protección de las estípulas. En un brote vegetativo, por lo general hay cinco a diez primordios foliares (Hancock, 1999).

Las fresas son conocidas por su delicado sabor y rico contenido en vitaminas; se puede indicar que se cultivan en todas las regiones arables de la tierra, son de las bayas más populares y forman parte regular de la dieta de millones de personas en el mundo (Schwab y Raab, 2004). En los últimos años su cultivo ha alcanzado un notable desarrollo, mayor que las demás especies de frutos pequeños con los que tradicionalmente se asocia como la frambuesa (*Rubus idaeus*) y la mora (*Rubus glaucus*). Su rápida difusión se debe principalmente a que es una fruta que puede cultivarse prácticamente durante todo el año. Además tiene una gran posibilidad de industrialización ya que se puede transformar o emplear en diversos productos. Otro aspecto importante a considerar, desde el punto de vista económico y social, es la gran cantidad de mano de obra que requiere el cultivo, lo cual genera empleos (Hancock, 1999).

## **2.2. Importancia nutricional**

Las fresas forman parte de la dieta de millones de personas, son muy demandadas por su sabor delicioso y color rojo atractivo pero también porque son muy nutritivas. Se consideran una buena fuente de vitamina C (Voca et al., 2006), su contenido varía de 26-120 mg/100 g de pulpa y en promedio contienen 60 mg/100 g de pulpa (Wright y Kader, 1997). Entre las funciones biológicas que tiene la vitamina C es su participación en la formación de colágeno, en la reducción de los niveles de colesterol y en la inhibición de la formación de nitrosaminas. Se considera uno de los antioxidantes naturales más potentes lo que da

protección contra las enfermedades relacionadas con el “estrés oxidativo”, reduciendo el riesgo de la arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Lee y Kader, 2000).

Las fresas contienen unos pigmentos que le imparten el color rojo atractivo, llamados antocianinas. Estos pigmentos según algunos estudios tienen un efecto antioxidante, lo que favorece la eliminación de los dañinos “radicales libres” evitando así las enfermedades relacionadas con ellos, como el cáncer y las enfermedades del corazón (Tsao et al., 2003).

### **2.3. Producción mundial y nacional**

La producción de fresa en el mundo presenta variaciones las cuales están relacionadas con la superficie cosechada, el rendimiento, las condiciones climatológicas, la demanda y la oferta y con la situación económica que prevalece en cada uno de los países productores. A nivel mundial de los 76 países productores de fresa, nueve son los principales, incluyendo a Estados Unidos con 57.7 t ha<sup>-1</sup>, México (44.6 t ha<sup>-1</sup>), Grecia (44.3 t ha<sup>-1</sup>), Egipto (43.3 t ha<sup>-1</sup>), Marruecos (41.1 t ha<sup>-1</sup>), Costa Rica (40.4 t ha<sup>-1</sup>), Israel (40.1 t ha<sup>-1</sup>), España (39.0 t ha<sup>-1</sup>) y Colombia (35.4 t ha<sup>-1</sup>); así, México se ubica en la segunda posición (FAOSTAT, 2013).

Respecto del mercado de frutilla hidropónica existe escasa información, no obstante, se sabe que actualmente existen 73 países productores de frutilla, estos no diferenciados en cuanto a cultivo (en suelo o hidropónico) que a nivel mundial produjeron, 3,674.225 t en el año 2005, siendo el principal productor mundial los Estados Unidos de América con 28.6 % del total.

De manera específica, se sabe que la producción hidropónica está enfocada en países desarrollados y con consumidores discernientes como Holanda, Nueva Zelanda, Australia,

Italia, Canadá, Japón y otros países que tienen acceso a estos mercados como los países latinoamericanos, en especial México y asiáticos como China (Díaz, 2005).

En México el principal productor de fresa es Baja California con 64.1 t ha<sup>-1</sup> seguido por Aguascalientes y Michoacán (49.4 y 44.0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), la producción nacional es 372.65 t y estos tres estados generan 42.3 % de dicha producción (SIAP, 2014).

## **2.4. Condiciones de cultivo**

### **2.4.1. Fotoperiodo**

La inducción floral es controlada por el fotoperiodo ya que las hojas son el receptor primario de la señal fotoperiódica y son el origen de las señales de estimulación o inhibición que son transmitidas al meristemo apical, donde ocurre la respuesta de la floración. De acuerdo al fotoperiodo, la fresa puede clasificarse en: de día corto, de día largo y de día neutro.

Las variedades de día corto solo florecen cuando hay menos de 12 a 13 horas luz en el día, las de día largo cuando las horas luz exceden 12 horas, mientras que las variedades de día neutro florecen sin importar el número de horas expuestas a la luz. Con días largos y temperaturas moderadas (de 20 ° a 25 °C de día y menos de 15 °C de noche) las variedades de día corto pueden seguir floreciendo (Larson, 2000).

En el cultivo de fresa, como en otras especies perennes, el crecimiento vegetativo es antagónico al crecimiento reproductivo. De manera general se conoce que el crecimiento vegetativo es favorecido por días largos y altas temperaturas y el crecimiento reproductivo por días cortos y bajas temperaturas en variedades de día corto; mientras que en variedades de día neutro, el fotoperiodo no limita ni induce la floración (Guttridge, 1985).

### **2.4.2. 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. La parte vegetativa de la fresa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aunque los órganos florales quedan destruidos con valores a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teniendo como rango de temperatura óptima para el cultivo de la fresa de  $10^{\circ}$  a  $28^{\circ}\text{ C}$ . Las temperaturas mayores a  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  pueden estresar las plantas y reducir la floración, o causar flacidez y baja calidad de los frutos (Maroto y López, 1988).

### **2.4.3. Humedad relativa**

La temperatura y la humedad relativa afectan la viabilidad y la germinación de los granos de polen (Honcock, 1999). Hubo una gran reducción en el porcentaje de germinación de polen en los cultivares de fresa Marmolada, Tamella, Pegaus y Florence cuando estuvieron expuestas a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 75-85 % (Leech et al., 2002).

### **2.4.4. Agua y suelo**

La fresa es un cultivo muy exigente en cuanto a calidad 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  $0.8\text{ dS m}^{-1}$  (Leech et al., 2002). La mayor parte de cultivares de fresa tienen como pH óptimo entre 5.5 – 6.5, aunque hay algunas que toleran suelos calcáreos. El suelo provee 4 necesidades importantes de las plantas: el aporte de agua, aporte de nutrientes esenciales, aporte de oxígeno y soporte para el sistema radicular de las plantas (Resh, 2001).

Biachini (1999) menciona que la fresa es muy exigente en cuanto a las características físicas de los suelos, ya que requiere suelos con una buena estructura y profundos debido a la escasa fuerza de penetración de sus raíces. Los mejores resultados del cultivo se obtienen en suelos silico-arcillosos con abundante capa de humos. Es conveniente evitar los suelos compactados propicios a los estancamientos de agua y con una oxigenación escasa, donde la actividad de enraizamiento es limitada y se favorece la pudrición de las raíces.

#### **2.4.5. Fertilización y nutrición**

Durante su desarrollo, implicando crecimiento y diferenciación, una planta extrae por medio de sus raíces los nutrimentos que se encuentran en el suelo, estos pasan de la raíz al tallo y posteriormente a las hojas, flores, y frutos, donde participan en la formación de otros compuestos necesarios en la dieta humana. Cuando la cantidad y la calidad de los nutrimentos en el suelo son suficientes, la planta estará sana, con follaje verde, y sobretodo tendrá alto rendimiento de frutos (Díaz, 2005). La extracción de nutrimentos por parte de las plantas ocasiona que estos se vayan agotando en el suelo con el tiempo. Así, la cantidad de alguno de ellos no será suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. Cuando esto sucede, en la planta se expresan síntomas, de amarillamiento o muerte de tejido en hojas, follaje escaso, baja producción de flores, pocos frutos por planta y de tamaño pequeño (Sánchez, 2002).

El nitrógeno (N) es el nutrimento más importante sobre el rendimiento y calidad de la fresa. La fuente de N modifica el crecimiento, rendimiento, calidad de la fruta, y composición química de los tejidos de la planta. En hidroponía, normalmente, se utiliza  $\text{NO}_3$  para suministrar N, pero se ha visto que al aplicarlo en pequeños porcentajes de nitrato de amonio

la solución nutritiva, particularmente bajo condiciones de baja luz, beneficia en el crecimiento y rendimiento de las fresas hidropónicas (Morgan, 2002).

El fósforo (P) es importante en el cultivo de fresa, ya que fortalece el sistema radicular, previene achaparramiento de la planta y coadyuva a la obtención de un rendimiento óptimo. Por otro lado, las fresas requieren de altos niveles de potasio para tener buen tamaño, sabor, rendimiento y calidad de conservación de fruta. Cuando la fruta está en desarrollo en la planta, se recomienda una relación K/N de 1 a 4. En general, una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 a 3.0 mS cm<sup>-1</sup> en invierno asegura un buen rendimiento y fruta de alta calidad (Morgan, 2002).

Las plantas de fresa con frecuencia muestran deficiencias de Ca. Los síntomas de deficiencia comienzan en hojas en donde se observan quemaduras en bordes y ápice. La deficiencia severa produce hojas amarillentas y abscisión (Morgan, 2002). Las plantas cultivadas en condiciones de baja temperatura son susceptibles a la deficiencia de hierro (Fe), que se traduce en clorosis de las hojas una vez que los niveles foliares caen por debajo de 30 mg L<sup>-1</sup>. El rendimiento y el número de frutos por planta y el cuajado se afecta por la deficiencia de Fe (Hancock, 1999)

## **2.5. Efecto de los nutrientes en la calidad de fruto**

La planta de fresa puede crecer y producir de manera satisfactoria en una amplia gama de tipos de suelo, desde arenosos a suelos pesados. Es tolerante a un amplio intervalo de pH del suelo pero crecen y producen mejor en suelos con un pH de 6.0-6.5. Los mayores rendimientos se obtienen cuando se cultiva en suelo profundo y fértil, con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje (Hancock, 1999).

Los nutrimentos influyen sobre la calidad de los frutos, ya sea de manera directa o indirecta. Los efectos directos dependen del contenido del elemento y del balance nutrimental en el fruto. Para poder manipular el contenido mineral y el balance nutrimental en los frutos es importante conocer la función y la dinámica de acumulación de nutrimentos en los frutos en desarrollo. Se ha encontrado que para la mayoría de los nutrimentos (por ejemplo N, P y K) la translocación a los frutos es vía xilema y floema; mientras que el Ca es proporcionado sólo vía xilema. Las hojas maduras exportan vía floema N, Mg y K a los frutos en desarrollo.

Los niveles de Ca son determinantes de la firmeza de la fruta. La deficiencia de Zn produce plantas de hojas pequeñas y frutos pequeños, y por consiguiente la reducción del rendimiento. Deficiencias de Fe conducen a reducir el vigor de la planta y a hojas cloróticas (Hancock, 1999). El Fe, Mg y el Mn son por lo general deficientes en los campos de los productores cuando el pH es demasiado alto o los suelos tienen un alto contenido de cal.

Niveles excesivos de N pueden conducir a desarrollo de frutos blandos, de coloración pobre, con maduración retrasada, bajo rendimiento y un incremento en susceptibilidad a oídio (cenicilla) y ácaros (Alcántar y Trejo, 2007).

El K es requerido para la acumulación y translocación de fotosintatos de las hojas a los frutos (Alcántar y Trejo, 2007). Los requerimientos de K hacia los frutos se incrementan progresivamente conforme los frutos se aproximan a la maduración.

El Ca interviene en el metabolismo del N y en la translocación de carbohidratos. Mantiene la integridad de la membrana celular aumentando la rigidez de los tejidos; lo cual evita o retrasa el ablandamiento de los frutos durante su maduración y almacenamiento (Román y Gutiérrez, 1998). También reduce la tasa respiratoria y la producción de etileno durante el



almacenamiento (Bangerth, 1972), lo que hace que la fruta se madure más lentamente, prolongando así la vida en anaquel. Su deficiencia se manifiesta en frutos pequeños, duros, ácidos y con las semillas distribuidas de manera irregular (Román y Gutiérrez, 1998).

El Boro (B) junto con el Molibdeno (Mo), es importante en el contenido de vitamina C y azúcares de los frutos. Las deficiencias de B reducen la producción de polen viable y su germinación, así como la expansión del receptáculo ; lo cual puede resultar en la formación de frutos deformes y en la disminución del crecimiento radical (Guttridge, 1985).

El Fe es el micronutriente en mayor concentración tanto en los frutos como en el resto de órganos de la planta. Su deficiencia tiene como consecuencia la reducción del rendimiento y el aborto de frutos. Las deficiencias de zinc (Zn) producen hojas y frutos más pequeños, reduciéndose el rendimiento (Alcántar y Trejo, 2007).

## **2.6. Indicadores de calidad de fruto**

Según Kader (1988), para los productores es importante que sus productos tengan una buena apariencia y pocos defectos visuales, pero además que tengan un alto rendimiento, que sean resistentes a las enfermedades y que sean fáciles de cosechar. Para los distribuidores comerciales, la calidad de apariencia es lo más importante, además de las características de firmeza y la vida de almacenamiento del producto. Finalmente los consumidores demandan un producto con buena apariencia, buena firmeza, con un agradable sabor y con un adecuado valor nutritivo.

La fresa es una fruta no climatérica y debe ser cosechada en plena madurez para lograr la máxima calidad en relación a sabor y color; se recomienda la cosecha cuando la fruta toma color rosa (3/4 de maduración) o verde (1/2 de maduración) esto con el fin de evitar pérdidas

pos cosecha. La cosecha y postcosecha son algunos de los factores que pueden conducir cambios en la calidad sensorial y nutricional del fruto de fresa. La calidad de la fresa es el resultado del manejo de factores presentes en precosecha (cultivar, suministro de nutrimentos, temperatura, luminosidad, polinización), cosecha (estado de desarrollo, hora de cosecha) y postcosecha (manejo en frigoríficos, humedad relativa, almacenamiento), los cuales influyen en la conservación de la calidad de fruto. El genotipo y las condiciones ambientales influyen en las características físicas y químicas de las fresas las fresas son conocidas por sus altos niveles de micronutrientes y compuestos fotoquímicos (Cordenunsi, 2005).

Para el caso particular de la fresa, la calidad de acuerdo a Kader, (1991), depende de:

- a) Apariencia. La cual está dada por la intensidad y distribución del color rojo; por su tamaño y uniformidad; por su forma y por la ausencia de defectos, daños (magullamiento) y pudriciones.
- b) Firmeza (ausencia de frutas suaves o sobre maduras.
- c) Sabor (impartido por el contenido de sólidos solubles, por la acidez titulable y por los volátiles del sabor).
- d) Valor nutricional (contenido de vitamina C).

### **2.6.1. Composición química de la fresa**

Hay una gran variedad de genotipos en la composición de la fresa. De tal manera que es posible desarrollar nuevos cultivos que tengan una mejor calidad y que mantengan su firmeza cuando están completamente maduras.

**Azúcares.** El contenido de azúcares en la mayoría de las bayas es de 5 a 8%. Los azúcares son los principales componentes solubles en las fresas maduras, y la sacarosa, la glucosa y la fructosa constituyen más de 99% del total de azúcares. La glucosa y la fructosa predominan sobre la sacarosa y el contenido total de azúcares puede variar durante el periodo de crecimiento, sin embargo la proporción de cada azúcar permanece constante. Además se encuentran trazas de sorbitol, xilitol y xilosa (Maniken y Söderling, 1980). Algunos estudios indican que el contenido total de azúcares se incrementa rápidamente hasta que la fruta está completamente madura (Montero et al., 1996).

**Ácidos Orgánicos.** Los ácidos orgánicos son importantes en el sabor de las fresas y la relación azúcar/ácido se usa para determinar el tiempo óptimo de cosecha, debido a que se considera un índice de calidad (Cordenunsi et al., 2005).

**Ácido Ascórbico o Vitamina C.** El contenido de ácido ascórbico es relativamente alto en fresas, por lo que se consideran una buena fuente de vitamina C en la dieta humana (Cordenunsi et al., 2002). Su contenido varía entre 26-120 mg/100g, siendo el promedio de 60 mg/100g de peso fresco (Wright y Kader, 1997).

El contenido total de ácido ascórbico depende de la variedad y es afectado por diversos factores: Es susceptible a la degradación en presencia de luz y oxígeno y a la actividad enzimática interna, la que se presenta en el tejido interno de la fruta cuando ésta sufre cortaduras y magulladuras. Es afectado por la temperatura, la humedad, la acidez, ya que los ácidos regulan el pH celular y pueden influir en la apariencia de los pigmentos dentro de la fruta y finalmente también se ve afectado por el grado de maduración (Hudson y Mazur, 1985), así como por las condiciones entre la cosecha y el consumo; las temperaturas durante el transporte y por las diferencias entre las áreas de crecimiento y las estaciones.

Además del ácido ascórbico, la fresa proporciona otros nutrientes que la hacen una fruta muy valiosa desde el punto de vista nutritivo. Dentro de estos nutrientes se encuentran el ácido fólico, el potasio, la vitamina B6 y el magnesio. Johannesson et al. (2002) consideran que las fresas son una buena fuente de ácido fólico, del cual es sabido que puede prevenir defectos congénitos del tubo neural, y en recientes estudios se ha observado que proporciona protección contra el cáncer de colon, de senos y cáncer pancreático, aun cuando estos estudios necesitan investigación adicional, el folato parece ser importante en curar y prevenir errores en la réplica del ADN.

### **2.6.2. Textura**

La textura es un atributo de calidad muy importante para cualquier producto hortícola y tiene el mismo peso que la apariencia y el sabor. La textura es la percepción humana de las propiedades mecánicas de un alimento y corresponde a un grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto.

Para el caso de la fresa, la firmeza es uno de los principales atributos, por lo que un aspecto muy importante a considerar durante su manejo poscosecha es la pérdida de su calidad debido a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo). La firmeza mide la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte; depende del momento y método de recolección y de la temperatura de almacenamiento (Buitrago et al., 2004).

La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura no es una sorpresa, cuando se considera su contenido de sólidos extremadamente bajo; ya que contienen alrededor de 10% de materia sólida (Szczesniak y Smith, 1969). Considerando la textura como "la manera en que los componentes estructurales de un alimento se encuentran ordenados en una micro y

macro estructura y las manifestaciones externas de su estructura”. El concepto fundamental es que la textura no es una simple propiedad del alimento sino que está compuesta de algunos parámetros interrelacionados (Vendrell, 1999).

### **2.6.3. Cambios en la textura**

Uno de los aspectos más importantes a considerar durante el manejo poscosecha de la fresa es su pérdida de calidad debida a la alteración de la textura (suavizamiento excesivo), causado principalmente por el adelgazamiento de las paredes celulares, la licuefacción del contenido celular y la degradación de las pectinas (Szczeniak y Smith, 1969). La textura también está determinada por factores tales como turgencia de la célula, contenido de almidón, pero esencialmente por la naturaleza de las paredes de la célula (Vendrell, 1999).

El principal cambio físico que ocurre en frutas y vegetales después de la cosecha es la pérdida de humedad debido a la transpiración y a la respiración dando como resultado la pérdida de la turgencia y en consecuencia de la textura (Bourne, 1979). Las frutas frescas y los vegetales son tejidos aún vivos después de que se separan de la planta madre. El proceso de maduración de las células vivas continua y frecuentemente afecta la textura. Muchas frutas llegan a suavizarse conforme los materiales pécticos en la capa de la laminilla media (lamella) se degradan, perdiendo fuerza y poder cementante. Conforme las frutas maduran, las sustancias pecticas sufren despolimerización y usualmente hay disminución del grado de esterificación de los grupos carboxilo sobre las cadenas de ácido poligalacturónico. Estos cambios de textura debidos a la fisiología ocurren durante el almacenamiento, son irreversibles y no pueden detenerse, sin embargo su velocidad si puede ser controlada en cierta medida (Bourne, 1979).

De acuerdo con Martínez (2008), quien desarrollo un modelo de producción intensivo “Raíces 150”, en las variables de calidad hubo una diferencia significativa con respecto a la altura de las canaletas, afectando a casi todas las variables de calidad.

Con el factor altura de canaletas, a 185 cm se obtuvo el mayor número de frutos de primera calidad, peso en fresco de fruto, firmeza y solidos solubles totales. En cambio, en las canaletas a 25 cm se produjeron el menor número de frutos de primera calidad, peso en fresco de fruto, firmeza y solidos solubles totales, y por el contrario se obtuvo la mayor cantidad de frutos de segunda calidad. Entonces la altura de la canaleta no afecto el número total de frutos pero si la cantidad de frutos en cada categoría de calidad (Martínez, 2008)

## **2.7. Parámetros o atributos de calidad de la fresa**

### **2.7.1. Color**

Es un atributo de calidad muy importante de todas las frutas y vegetales y para algunos de ellos es el atributo crítico de calidad para determinar el grado de frescura del producto. Por lo que para productos en fresco, el color de la superficie es de primordial importancia.

El color de las fresas frescas está condicionado en parte por la concentración de antocianinas en la epidermis y en la corteza, pero también por los tratamientos pos cosecha que afectan la respiración y el oscurecimiento (Kader, 1988). El color también se ve afectado por las variables ambientales precosecha, como son la luz, la temperatura, y los factores nutricionales, ya que éstos afectan la síntesis de antocianinas y el desarrollo del color de la fruta fresca.

Medición del color

La evaluación del color se hizo objetivamente mediante el uso del espacio de color  $L^* a^* b^*$  (también referido como CIELAB), propuesto por la Commission Internationale de l'Eclairage CIE  $L^* a^* b^*$ . Este sistema es uno de los espacios más populares para medir el color de los objetos y es usado virtualmente en todos los campos y es el que mejor representa la sensibilidad del ojo humano al color.

En este espacio de color,  $L^*$  indica la luminosidad y varía del 0 (negro) al 100 (blanco) y  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas cromáticas de manera que  $a^*$  varía de -60 (verde) a +60 (rojo) y  $b^*$  varía de -60 (azul) a +60 (amarillo) ( $+L^*$  es blanco y  $-L^*$  es negro). El diagrama de cromaticidad  $a^* b^*$ , se muestra en la Figura 1.

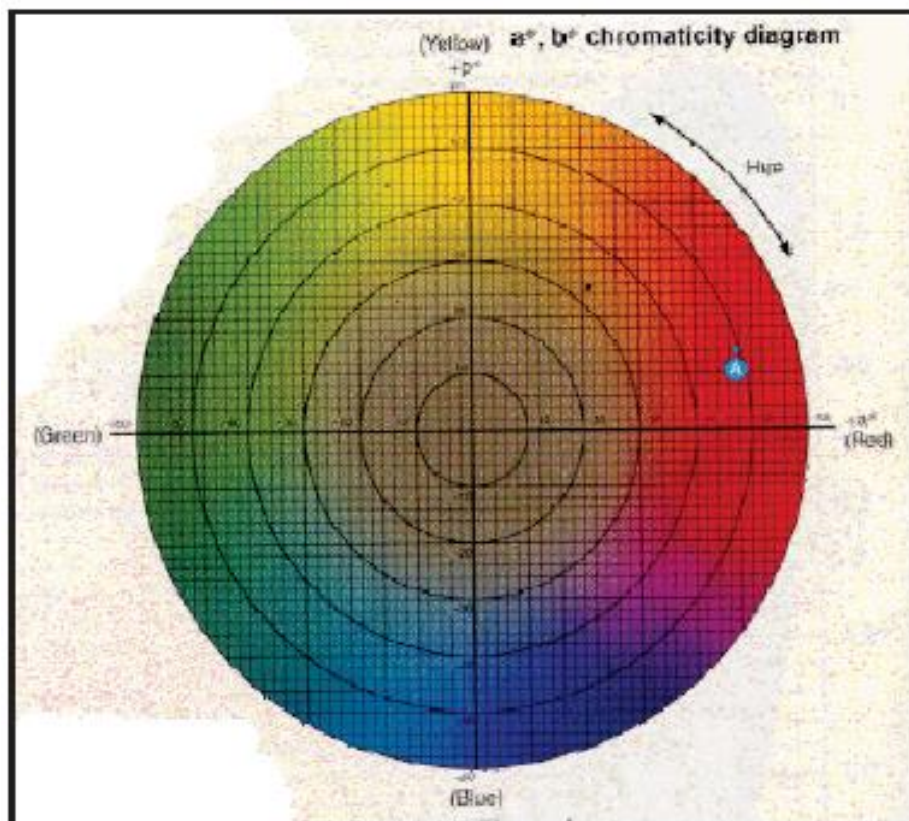


Figura 1. Diagrama de cromaticidad  
Fuente:Minolta 1996

En este diagrama, se pueden ver las direcciones del color:  $+a^*$  en la dirección del rojo,  $-a^*$  en la dirección del verde,  $+b^*$  en la dirección del amarillo y  $-b^*$  en la dirección del azul. El centro es acromático y conforme los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se incrementan la saturación del color se incrementa.

### **2.7.2. Tamaño**

La forma uniforme y característica de un producto son importantes atributos de calidad. Los productos malformados pueden ser más susceptibles a los daños mecánicos y generalmente son rechazados por los consumidores. El tamaño del producto también puede ser importante dependiendo de su uso. Los consumidores tienden a asociar el tamaño grande con mayor calidad y frutas grandes como más maduras.

La evaluación subjetiva de la forma y tamaño del producto puede llevarse a cabo una vez que se hayan determinado o definido las características deseables e indeseables del producto. Para varios productos se encuentran disponibles cartas de forma y tamaño y el peso es una medida cercana al tamaño preciso del producto (Mitcham, 2004).

Se considera que el peso es una medida del tamaño del producto, sin embargo, en las empacadoras de fresa de la región de Irapuato, Gto., es más frecuente la determinación del diámetro ecuatorial. El peso de cada una de las fresas de las muestras es pesada en una balanza granataria digital Mettler PC 4400 con una sensibilidad de 0.01g y el diámetro ecuatorial se determina mediante el uso de un vernier (Díaz, 2005).



### **2.7.3. Sabor y aroma.**

Son dos de las propiedades más importantes que dan el valor comercial a las frutas en general e influye en la aceptación por parte del consumidor (Miszczack et al., 1995).

Un sabor aceptable en fresas requiere de un mínimo de sólidos del 7% y/o un máximo de acidez titulable del 0.8% (Rivera y Tong, 1998). Ya que el sabor depende del contenido de sólidos solubles y de la acidez se requiere evaluar el contenido de sólidos solubles.

### **2.7.4. Sólidos solubles totales**

Los azúcares son los principales sólidos solubles en el jugo de las frutas y por lo tanto los sólidos solubles pueden usarse como una estimación del contenido de azúcares, aunque también contribuyen a los sólidos los ácidos orgánicos, los aminoácidos, los compuestos fenólicos y las pectinas solubles (Mitcham et al, 2004).

En las frutas no climatéricas como en el caso de las fresas, los azúcares tienden a acumularse durante la maduración. Así la medición de azúcares en la fruta puede proporcionar un índice de la madurez de la fruta y en la mayoría de los casos, este valor refleja de manera exacta la dulzura de la fruta (Thompson, 1996). Las fresas no acumulan almidón durante su desarrollo y su sabor dulce es debido al rompimiento de la sacarosa la cual se acumula durante la primera parte de la vida de la fruta. Es por eso que debe cosecharse madura o muy cercana a su madurez completa para que su sabor sea aceptable por el consumidor.

Ramírez, (2011) observo que existían diferencias significativas en °Brix entre los niveles de los sistemas hidropónicos, debido a que unas siempre tuvieron mayor incidencia de radiación

solar durante las mañanas. Esto indica que los niveles ubicados a mayor altura sobre el suelo tuvieron los porcentajes más altos de frutos dulces sobre 9.9% de °Brix.

El mejor nivel de todos los sistemas evaluados fue el nivel cinco del tratamiento vertical con macetas hidropónicas con 10.8% °Brix, sin embargo este no fue el nivel que estuvo a mayor altura sobre la superficie del suelo. Este valor alto puede explicarse por la distancia entre plantas (30 cm) que permitió recibir mayor cantidad de radiación fotosintética para la planta (Ramírez, 2011).

### **2.7.5. Acidez**

La acidez representa el contenido de ácidos y en la mayoría de las frutas cambia durante la maduración. La acidez corresponde al valor obtenido mediante una valoración (titulación) del contenido de los ácidos. Esto se lleva a cabo mediante la extracción del jugo de la fruta y titulando una porción de jugo con una solución estándar alcalina, generalmente hidróxido de sodio. Generalmente la acidez está representada por el ácido que predomina en ella.

El control de la acidez es importante desde el punto de vista del sabor. Es importante medir la acidez de la fruta por titulación y no mediante el pH de la fruta, porque los jugos tienen una considerable capacidad reguladora por lo que el pH no representaría la acidez de la fruta. El método más usado para medir la acidez de las frutas es mediante el cálculo del porcentaje de acidez titulable en términos del ácido que predomine en la fruta, por lo general es ácido cítrico. Este método es útil también para indicar un parámetro de sabor como agrio o ácido, (Alcántara, 2009)

## **2.8. Cultivo hidropónico en Invernadero**

En la agricultura tradicional, la nutrición de las plantas se lleva a cabo mediante tres fuentes: elementos procedentes de la vida animal y sus desechos biológicos, elementos procedentes de la vida vegetal y su descomposición, y minerales provenientes de las rocas. De manera natural, estos elementos se encuentran presentes en una delgada capa de 40 cm superficiales del suelo, que es donde ocurre la descomposición orgánica que sustenta el sistema de vida vegetal (Díaz, 2005).

Con el desarrollo de la agricultura como actividad económica, comienza el despojo y muerte paulatina del suelo, atribuido especialmente a la cosecha, que lleva los frutos a lugares lejanos donde no restituirá nutrimentos al suelo de dónde provino, creando un sistema abierto sin regeneración (Díaz, 2005). Ante la imposibilidad de aumentar la superficie cultivable mundial con una población que crece a un ritmo sostenido, los productores a nivel mundial buscan alternativas económicamente viables, por ello, la hidroponía surge como alternativa a los métodos de producción intensiva en suelo precisamente por prescindir del suelo en la producción de alimento.

La hidroponía es la técnica para producir plantas en solución nutritiva (agua, fertilizante) con o sin el uso de un medio artificial –como arena grava, vermiculita, perlita, lana de roca, musgo, fibra de coco, aserrín- para proveer soporte mecánico. Los sistemas hidropónicos líquidos requieren un soporte físico para las raíces de las plantas mientras que los sistemas con agregados tienen un medio sólido en donde se fijan las raíces (Sánchez, 2009). Esta técnica permite obtener frutos, libres de patógenos siempre y cuando se mantenga higiénico el invernadero; es decir, se requiere mantener pisos y pasillos sin polvo (Sánchez y Escalante, 1988).

El cultivo de fresa en sistemas hidropónicos representa una oportunidad para incrementar el rendimiento y la calidad del fruto sobre sistemas tradicionales, gracias al proceso de producción que se realiza, lo cual le da a la planta los nutrientes y condiciones ambientales necesarias para su desarrollo y mejor rendimiento y calidad de los frutos.

Si se utiliza la técnica de hidroponía con un sustrato cercano a las condiciones “ideales” (inerte, durable y con buena porosidad) se obtiene un balance adecuado de aire, agua, y nutrientes para las raíces, lo cual es controlado por el productor, a diferencia de lo que puede esperarse cuando se cultiva a campo abierto (Sánchez y Escalante, 1988).

### **2.8.1. Sistema hidropónico óptimo para la fresa**

El sistema hidropónico más apropiado para producir fresa es el riego por goteo en combinación con un sustrato inerte como el tezontle rojo granulometría de 0.2 a 0.8 c, de diámetro. Se recomienda la utilización de bolsas de plástico (una para cada planta) con capacidad de cinco litros. Cada planta o bolsa es equipada con un gotero. Las bolsas se sitúan a 30 cm entre planta y 80 cm entre hileras con lo que se tiene una densidad de 41,250 plantas por hectárea (Sandoval, 2004).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de cristal ubicado en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, el cual se encuentra en las siguientes coordenadas: 19°29' N y 98°54' O, a 2,250 m de altitud.

#### **3.2. Material biológico**

Las variedad Safari fue seleccionada para el estudio por ser de día neutro, la cual se caracteriza por tener un amplio periodo de floración ya que tiene menos sensibilidad a los factores externos como el fotoperiodo y la temperatura, aumentando su periodo de fructificación (Strassburger *et al.*, 2010).

#### **3.3. Desarrollo del experimento**

El ensayo constó de dos sistemas hidropónicos: sistema hidropónico cerrado tipo revólver (SHCR) y sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).

##### **3.3.1. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver**

El sistema utilizado para la investigación, fue un sistema desarrollado por Olvera., (2016) quien construyó un prototipo de un sistema intensivo y sustentable de producción hidropónica de fresa, denominado Sistema Hidropónico Cerrado Tipo Revólver (SHCR), es una estructura semi-automatizada y consta de cuatro partes esenciales: base metálica, hexágono (revólver), seis canaletas de acero inoxidable que contienen las plantas y el sistema

electrónico para el control automatizado del giro que tiene como objetivo que todas las plantas recibieran la misma cantidad y calidad de luz natural, este giro está programado 180° a la derecha y 180° a la izquierda, cada 15 minutos.

El SHCR consta de un sistema de drenaje para recolectar la solución nutritiva, la cual se desinfectó con peróxido de hidrogeno ( $1 \text{ mL L}^{-1}$ ).

El SHCR está constituido por seis canaletas con 60 L de volumen cada una, en las cuales se colocó 42 L de fibra de coco como sustrato. En cada canaleta se establecieron 18 plantas de fresa de forma aleatorizada, con lo cual se obtuvieron 108 plantas en total, por prototipo, en un área de  $3 \text{ m}^2$ .



Figura 2. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver



Figura 3. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver con frutos.

### 3.3.2. Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).

El SHAC cuenta con sacos de cultivo con 20 L de fibra de coco como sustrato, la misma que se usó para el SHCR y en cada uno se colocaron 6 plantas de fresa, con lo cual se obtuvo 36 plantas en total, en un área de 3 m<sup>2</sup>.



Figura 4. Sistema hidropónico abierto convencional



Figura 5. Sistema hidropónico abierto convencional con frutos.

### **3.4. Descripción del desarrollo del cultivo**

#### **3.4.1. Solución Nutritiva para el cultivo**

La solución nutritiva (SN) utilizada fue la solución universal de Steiner, de acuerdo con las especificaciones en el Cuadro 1, a un pH entre 5.5 – 6.5; en otro tanque se preparó agua acidulada al mismo pH, con la finalidad de disolver las sales acumuladas, y así evitar problemas de salinidad. El agua que se utilizó se acidificó con  $H_2SO_4$  hasta alcanzar un pH 5.0.

Durante la etapa de desarrollo de la planta se proporcionaron riegos con solución nutritiva Steiner al 25%, para la etapa de fructificación se aplicó la solución nutritiva al 50% (Cuadro, 1).



**Cuadro 1. Solución Steiner al 25 y 50 % utilizada durante el tiempo que duro el experimento.**

<b>Fertilizante</b>	<b>Porcentaje de la solución Steiner</b>	
	<b>25% (g /200L agua)</b>	<b>50% (g/200L agua)</b>
Fosfato Monopotásico	<b>3.6</b>	<b>7.2</b>
Sulfato de Potasio	<b>26.1</b>	<b>52.2</b>
Sulfato de Magnesio	<b>49.2</b>	<b>98.4</b>
Nitrato de potasio	<b>30.3</b>	<b>60.6</b>
Nitrato de Calcio	<b>106</b>	<b>212</b>
Micros	<b>4</b>	<b>8</b>

Además se aplicó el producto SinteK, que es un fertilizante foliar en una solución de 10mL por litro de agua para favorecer el crecimiento y llenado de fruto.

### **3.4.2. Monitoreo de Conductividad eléctrica y pH.**

El control del pH y CE en la solución nutritiva (SN) se hizo con un medidor portátil HI 98129 de la marca Hanna Instruments®.

El comportamiento del pH en todo el experimento fluctuó entre los valores 6.3y 6.8, teniendo un pH promedio de 6.5 para ambos sistemas de producción. La CE para el SHCR fue de a 1.7 a 3.35 dS m<sup>-1</sup>, en el SHAC la CE obtuvo rango de 1.1 a 1.6 dS m<sup>-1</sup>.

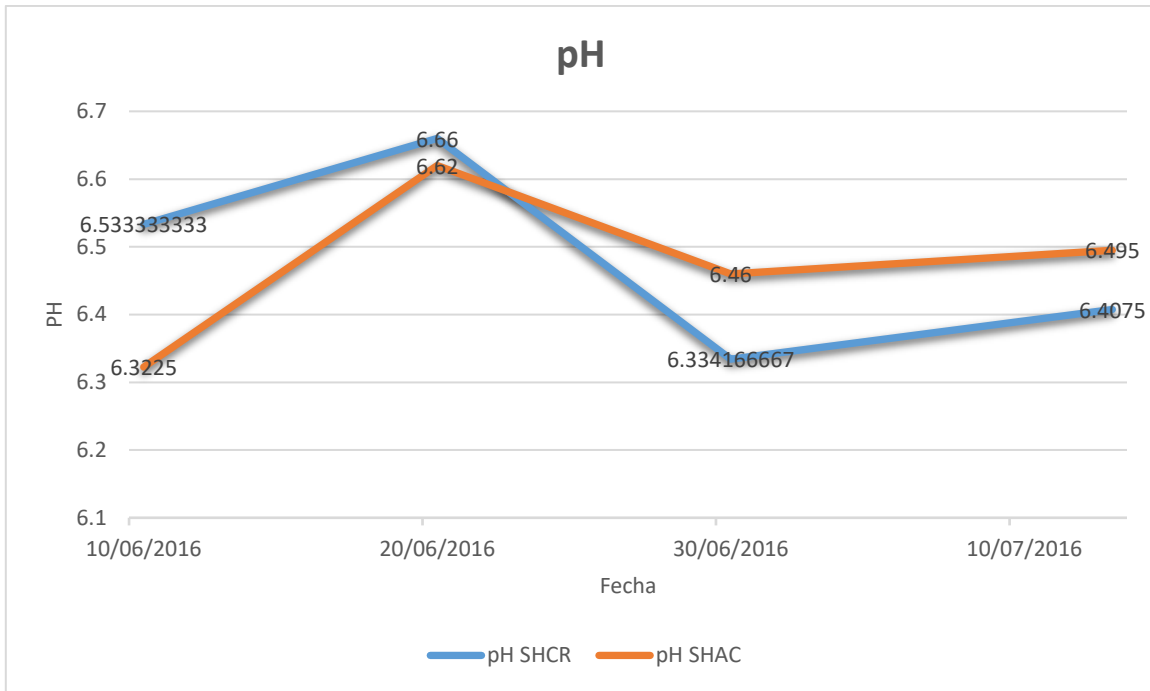


Figura 6. Monitoreo del pH en la solución de fibra de coco. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver (SHCR), Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).

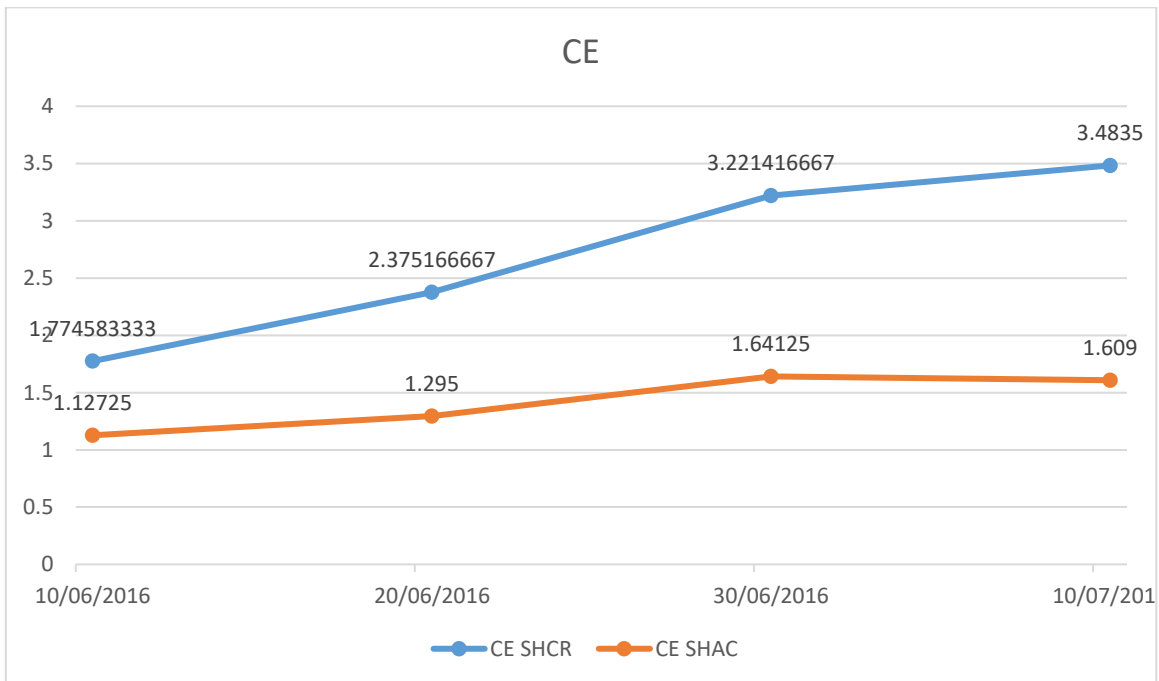


Figura 7. Monitoreo de la CE en la solución de fibra de coco. Sistema hidropónico cerrado tipo revólver (SHCR), Sistema hidropónico abierto convencional (SHAC).

### **3.4.3. Control de Plagas**

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron plagas como Trips la cual se controló con el producto químico PALGUS, aplicando 5mL/L, además de Arañita roja controlándose con acaricida FORAMITE 2g/L.

### **3.5. Variables de estudio.**

El experimento se dividió en tres fases, en la primera fase se evaluó el rendimiento, seleccionando para el muestreo 12 plantas completamente al azar, teniendo un total de 24 plantas por sistema, durante un periodo de 2 meses se recolectaron semanalmente los frutos de cada planta.

Para la fase dos se evaluaron, tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales (° Brix) y acidez titulable. Para el muestreo se recolectaron los frutos de las mismas 24 plantas de fresa pero solo se utilizaron las de la última fecha de corte es decir al termino de los 2 meses, de los frutos recolectados de estas 24 plantas únicamente se seleccionaron 42 frutos, los de mayor tamaño, libres de daños y maduros considerando como índice de madurez la intensidad y distribución del color rojo (3/4 partes de la superficie debieron de estar de color rojo para considerarse maduras).

Para la tercera fase se realizó el análisis nutrimental y se utilizaron los mismos 42 frutos que en la fase dos, los cuales fueron colocados en bolsas de papel y fueron colocadas en una estufa a 90 °C durante 20h, para el proceso de deshidratación y secado.

### **3.5.1. Rendimiento.**

Los frutos recolectados por 24 plantas por sistema fueron llevados al laboratorio y pesados con una balanza analítica. La cosecha fue semanal, realizándose 8 cortes, el rendimiento se expresó como la suma del peso de todos los frutos de todo el ciclo de las 24 plantas.

### **3.5.2. Tamaño.**

Para el tamaño se evaluó el diámetro longitudinal y diámetro polar, con un Vernier Trupper digital.

### **3.5.3. Color.**

El color de la piel fue determinado mediante lecturas realizadas con un colorímetro Hunter Lab D25-PC2, se tomaron dos lecturas por fruto, de cada lectura se tomó el valor de L, a y b.

### **3.5.4. Firmeza**

Se midió con un penetrómetro de laboratorio, FORCE > FIVE, modelo FDV-30, equipado con una punta cónica; se realizaron dos perforaciones por fruto. Los resultados fueron expresados en Newtons (N).

### **3.5.5. Sólidos solubles totales (° Brix).**

Las fresas fueron partidas horizontalmente y exprimidas de tal modo de colocar una gota del jugo en el refractómetro ATAGO, Palette, PR- 32.

### **3.5.6. Acidez titulable.**

Se molió 5 g de la muestra, se agregó 50 ml de agua destilada, se coló y se tomaron 5 ml. Se agregaron de 2 a 3 gotas de fenolftaleína, y se tituló con hidróxido de sodio hasta que tomo una coloración rosácea.

### **3.5.7. Análisis nutrimental.**

Después de que las muestras fueron sacadas de la estufa se procedió a molerlas, ya que la muestra después del secado se redujo esto se hizo de manera manual con un mortero de laboratorio. Se determinó nitrógeno (N) con la técnica de microkjeldahl y para B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn fueron determinados con la técnica de digestión húmeda, con lecturas en el AES.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Rendimiento

El rendimiento acumulado por metro cuadrado en el periodo de cosecha no fue estadísticamente diferente por efecto del sistema (cuadro 1). Sin embargo, por razón de que el SHCR se tienen 108 plantas/m<sup>3</sup>, mientras que en el SHAC solo existe una cama por m<sup>3</sup>, se tienen 36 plantas/m<sup>3</sup>. Siendo la producción en SHCR de 18.331 kg/ m<sup>3</sup> y en SHAC de 5.798 kg/ m<sup>3</sup>.

Estos resultados fueron similares a los reportados por Ramírez, (2011) quien demostró que los mayores rendimientos por unidad de área, pudiendo ser tridimensional, se alcanzan con las mayores densidades de fresa.

De acuerdo con Olvera, (2016) quien utilizó el mismo prototipo, se logró optimizar el espacio dentro del invernadero ya que se produjo en metros cúbicos y se triplico la densidad de población, además de ello se logró recircular la solución nutritiva y ahorrar agua en 29 % comparado con un sistema hidropónico convencional. Por otro lado el giro del SHCR permite homogenizar la luz que recibe cada planta y así se evitó alguna deficiencia en los procesos fotosintéticos.

El aumento en la densidad de población se logró aprovechando el espacio de manera tridimensional. Por lo que este SHCR puede ser adoptado en espacios pequeños que al mismo tiempo triplica su superficie plana, sin detrimento de la producción.

**Cuadro 2. Comparación del rendimiento acumulado por metro cuadrado entre sistemas a los 153 DDT.**

<b>Característica</b>	<b>SHCR</b>	<b>SHAC</b>	<b>Sig.</b>
Rendimiento (g)	<b>2036.81</b>	<b>1932.99</b>	N/S

(Tukey,  $\alpha=0.05$ ). \*= $P \leq 0.05$ ; \*\*= $P \leq 0.01$ ; NS=no significativo; SHCR=sistema hidropónico cerrado tipo revólver; SHAC=sistema hidropónico abierto convencional.

#### **4.2. Tamaño (Diámetro ecuatorial y polar)**

El tamaño promedio obtenido para el diámetro ecuatorial de las fresas de SHCR fue de 4.11 cm, y para el SHAC fue de 4.10 cm. Para el caso del diámetro polar el promedio de las fresas del SHCR fue de 2.89 cm y 2.92 para el SHAC (cuadro 2). De acuerdo con los resultados obtenidos no hubo una diferencia estadística significativa entre sistemas.

#### **4.3. Firmeza**

Las fresas de SHAC presentaron mayor firmeza en comparación con las fresas de SHCR (cuadro 2). Es posible que las fresas del SHCR podrían ser más susceptibles al deterioro por manejo postcosecha.

El SHCR permite que las 6 canaletas tengan la misma cantidad de luz durante un día; sin embargo no es comparable con la luz que reciben las plantas del SHAC.

En aguacate se determinó que los frutos que se desarrollan dentro de las partes más sombreadas, presentan menos firmeza, son más propensos al decaimiento y tienen menor vida postcosecha (Kander., 2010).

Esto se debe a que la luz solar mejora la calidad de la pared celular por efecto de mayor contenido de Calcio (Ca).

#### 4.4. Sólidos solubles totales (SST)

Con relación al contenido de sólidos solubles totales el SHCR presenta un valor de 7.7 contra 7.9 °Brix del SHAC (Cuadro 2). Estos representan el contenido de azúcares y le imparten el sabor atractivo a la fresa, y no se presentó diferencia estadística significativa. Este parámetro es muy importante para la calidad del sabor, ya que se considera un mínimo del 7% de sólidos solubles y un valor excelente sería de 10 % (Minolta, 1996). Así para esta variable la luz solar no afectó significativamente.

#### 4.5. Acidez Titulable

Los valores de acidez no presentaron diferencia significativa, SHCR fue de 0.95 contra 0.96 del SHAC (Cuadro 2). La menor cantidad de luz recibida por los frutos de SHCR no influyó negativamente en esta variable.

**Cuadro 3. Características cualitativas de frutos obtenidos de los diferentes sistemas de producción a los 153 DDT.**

Característica	SHCR	SHAC	Sig.
<b>Diámetro Long. (cm)</b>	4.11	4.10	NS
<b>Diámetro Polar (cm)</b>	2.89	2.92	NS
<b>SST (°B)</b>	7.7	7.9	NS
<b>Firmeza (N)</b>	0.5623	0.7127	*
<b>Acidez Titulable</b>	0.95	0.96	NS

(Tukey,  $\alpha=0.05$ ). \*= $P \leq 0.05$ ; \*\*= $P \leq 0.01$ ; NS=no significativo; SHCR=sistema hidropónico cerrado tipo revólver; SHAC=sistema hidropónico abierto convencional



#### 4.6. Color

El color se vio afectado en el SHCR en comparación con el SHAC (Cuadro 3), esto puede tener relación con la menor cantidad de luz recibida durante el día de manera similar.

En cuanto al valor de  $L^*$ , que mide luminosidad o brillo de los productos es decir generalmente representa la frescura o pérdida de agua, no mostró diferencia estadística significativa entre ambos sistemas.

El parámetro  $a^*$ , que representa el color rojo de las fresas, fue mayor en SHAC, es decir las fresas del SHCR fueron menos rojas. Los pigmentos se forman en función de la luminosidad y son una protección a los rayos UV por parte de los frutos. Como ya se indicó el SHCR al aumentar el número de plantas por  $m^3$ , disminuye un porcentaje de horas luz en comparación con el SHAC.

El parámetro  $b^*$  que representa el componente amarillo no mostro una diferencia estadística significativa entre sistemas, este parámetro para el caso de las fresas no se considera tan importante como los parámetros  $a^*$  y  $b^*$ .

De acuerdo con Lado et al, (2015), en el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$ , los signos de las correlaciones permiten realizar una interpretación del cambio en la calidad de la fruta expresada respecto a la variación de las variables colorimétricas. En el caso de la luminancia, valores elevados de  $L^*$  se corresponden con valores menores de °Brix, por lo que el signo de la correlación resulta negativo: una fruta más luminosa (brillante) tendrá menos concentración de SST. A la inversa, los valores de la variable  $a^*$  se encuentran correlacionados con signo positivo, por lo que mayores concentraciones de SST se corresponderán con valores mayores de  $a^*$ : frutas más rojas tendrán mayores concentraciones

de SST. Finalmente, los valores de  $b^*$  se encuentran correlacionados negativamente. Como la variable  $b^*$  cuantifica la cantidad de amarillo (cuando es positiva la medida), esta correlación indicaría que a menor cantidad de amarillo, mayor concentración de SST.

**Cuadro 4. Efecto principal del factor color entre sistemas.**

Característica	SHCR	SHAC	Sig.
$\mathcal{L}$	52.93	52.12	NS
$a$	3.66	4.09	*
$b$	-4.46	-4.26	NS

(Tukey,  $\alpha=0.05$ ). \*= $P \leq 0.05$ ; \*\*= $P \leq 0.01$ ; NS=no significativo; SHCR=sistema hidropónico cerrado tipo revólver; SHAC=sistema hidropónico abierto convencional

#### 4.7. Análisis Nutricional

Los valores de las características nutricionales de los dos sistemas, no mostraron grandes diferencias, a excepción del contenido de Mn y Zn. Para el caso de Manganeso se registró un valor 13.8 en el SHCR, contra 21.0 del SHAC por lo cual existe una diferencia estadística significativa. Para el caso de Zinc se registró un valor de 25.1 en el SHCR contra 15.5 del SHAC por lo cual existe una diferencia estadística significativa.

Se recomienda evitar suelos salinos, con concentraciones de sales, que originen conductividad eléctrica en extracto saturado superiores a 1mmhos/cm, ya que niveles superiores puede originar disminución en la producción y problemas de asimilación de

nutrientes. Además la fresa es muy sensible a la presencia de cal (carbonato de calcio) sobre todo a niveles superiores al 6%, desarrollando una clorosis consecuente (Minolta, 1996).

Por ello podríamos atribuir las deficiencias de Zn y Mn a las altas concentraciones de sal que por su naturaleza guarda la fibra de coco ya que durante el desarrollo del experimento se presentó un aumento de la conductividad eléctrica.

**Cuadro 5. Comparación cualitativa del análisis nutrimental entre ambos sistemas.**

<b>Elemento (ppm)</b>	<b>SHCR</b>	<b>SHAC</b>	<b>Sig.</b>
<b>N (%)</b>	0.79	0.99	NS
<b>Ca</b>	1335.3	1469.2	NS
<b>Cu</b>	3.6	3.0	NS
<b>Fe</b>	79.4	111.6	NS
<b>K</b>	4862.8	4737.6	NS
<b>Mg</b>	1873.2	1767.1	NS
<b>Mn</b>	13.8	21.0	*
<b>Na</b>	587.1	520.8	NS
<b>P</b>	2288.8	2097.9	NS
<b>B</b>	43.2	41.2	NS
<b>Zn</b>	25.1	15.5	*

(Tukey,  $\alpha=0.05$ ). \*= $P \leq 0.05$ ; \*\*= $P \leq 0.01$ ; NS=no significativo; SHCR=sistema hidropónico cerrado tipo revólver; SHAC=sistema hidropónico abierto convencional

## V. CONCLUSIONES

Con la implementación del Sistema hidropónico cerrado tipo revolver se logró obtener una producción intensiva de fresa en hidroponía, aprovechando el espacio vertical y horizontal del invernadero triplicándose el número de plantas, por lo tanto la producción fue tres veces más.

El sistema hidropónico tipo revolver permite aumentar el número de plantas por superficie, o por volumen si se desea ver así. De tal forma que la producción se incrementa por espacio, sin embargo algunos factores de calidad como son firmeza y color son alterados por este sistema giratorio. Ello porque obtiene menos horas luz día y posiblemente menos unidades calor al día.

El resto de las variables de calidad como, tamaño, Solidos solubles totales, y acidez titulable no fueron afectadas.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Albregts, E. E., C. M. Howard, and C. K. Chandier. 1991 Strawberry responses to K rate on a fine sand soll. *Hortscience*, Volumen: 138-. (Solo es una página de artículo)
- Alcántar, G.G. y T.L.I. Trejo, 2007. Nutrición de cultivos. Mundi–Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México .438 p.
- Alcantara A. 2009. Comparación de diferentes sistemas de producción sobre crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de fresa Cv. San Andreas. 12p.
- Bangerth, F. 1972. Calcium related physiological disorders of plants. *Annu. Rev. Phytopath.* 17: 97–122.
- Benavides, A., Cisne, J. and Laguna, R. (2007). Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en las sabanas, Madriz. *Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria*, 8:54-68.
- Bianchi, P. G. 1999. Guía completa del cultivo de fresa. Editorial De Vianchi, España. 96p.
- Bourne, M. C. 1979. Texture of Fruits and Vegetables in Rheology and Texture in Food Quality. Chapter 7. De Man, J.M., P.W. Voisey., V.F. Rasper., D. W. Stanley (Eds). The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. pp. 275-305.
- Buitrago Germán V, López Alonso P, Coronado Alfonso P., Osorno Fernando L. 2004. Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Colombia. *Rev.bras.eng.agric.ambient* (online). Vol 8, No. 1. pp. 102-110

- Caruso, G., G. Villari., G. Melchionna, and S. Conti. 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca L.*) grown in hydroponics. *Sci. Hortic.* 479p.
- Cordenunsi, Beatriz, R., Oliveira Do Nascimento, J.R., Genovese, M.I., y Lajolo, Franco, M., 2005. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *J. Agric. FoodChem.* Vol 50, No. 9: 2581-2586.
- Diaz P. A. 2005. Medios de cosecha para plantaciones de frutilla hidropónica. Universidad de Chile, 95p.
- Flórez, R. and Mora, R. (2010). Fresa (*Fragaria x ananassa*Duch.) producción y manejo post cosecha. (Primera ed.). Bogotá: Produmedios, p 114.
- González, E. J. M. 1993. Producción y Comercialización de la Fresa en la Región de Irapuato, Gto. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 38p.
- Guttridge, C. G. 1985. *Fragaria x ananassa*. In: *CRC Handbook of flowering* Vol 3. (Halevy a., Ed.), CRC Press, Boca Rato, Florida. Pp 16-33.
- Hancock, J. F. 1999. *Strawberries*. CABI Publishing. Cambridge, U. K., 209p.
- Hudson, D.E. y Mazur, M.M. 1985. Ascorbic acid, riboflavin and thiamin content of strawberries during postharvest handling. *HortScience* 20(1): 71-73.
- Johannesson, L.M., WittHöft, C., Jägerstad, M. 2002. Folate Content in strawberries effects of storage, ripeness and cultivar. *Acta Hort. (ISHS)* 567: 809-812.
- Kader A. A. 1988. *Postharvest Biology and Handling of Small (soft) Fruits*. Apuntes mimeografiados del Curso Ciencia de los Vegetales (Plant Science 112) de la Universidad de California en Davis. California, Estados Unidos. 10 p.

- Kader, A. A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest. Physiology of Strawberry. In: Dale, A., Luby, J.J. (Eds.). The Strawberry Into the 21st Century. Timber Press, Portland, Oregon, USA. pp. 145-152.
- Larson, D.K. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en Mexico. In: Memoria del simposio internacional de fresa, J. Z. Castellanos y F. Guerra O. Hart (eds). Zamora Michoacan, Mexico.
- Lado J., Vicente E., Manzoni A., Ghelfi B., Ares G. (2015). Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de frutilla. *Agrociencia*, Uruguay 16 (1): 51–58.
- Leech, L., Simpson D. W. and Whitehouse A. B.. 2002. Effect of temperatura and relative humidity on pollen germination in four strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*, 567:261-263
- Lee, Seungk y Kader, Adel A. 2000. Preharvest and posharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207-220.
- Martinez L. 2008. Nutrient deficiencies in the strawberry leaf and fruit. *Plant Physiol.* 18: 324-333
- Mc Daniel, K. K. 1994. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol, and xylose in wild berries and commercial fruits. *Journal of Food Science* 45: 367 – 371.
- Maroto B., J. V., y G. S. López, 1988. Producción de fresas y fresones Ediciones Mundi-prensa, Madrid España, 109p.
- Miszczak, A., Forney, C. F. y Prange, R. K. 1995. Development of aroma volatile and color during ripening of “Kent” strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (4): 650-655.

- Mitcham, Elizabeth, J. 2004. Strawberry. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. USDAARS Agriculture Handbook Number 66. <http://usna.usda.gov/hb66/12k>.
- Minolta. 1996. Precise color Communication. Color control From feeling to instrumentation. Minolta Co. Ltd. Japan
- Montero, T. M., Mollá, E. M., Esteban, R. M., López-Andreu, F. J. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65: 239-250.
- Morgan, L. 2002 Producción intensiva de fresa. Productores de Hortalizas. Los sistemas NFT y DFT de hidroponía representan una alternativa viable para pequeños empresarios en producción intensiva de fresa, Editorial Katie O' Keeffe-Swank editora Ana Reho, Ohio, EUA. 59p.
- Olvera, L., 2016. Evaluación agronómica y fisiológica de fresa en un sistema hidropónico innovador tipo revólver. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAOSTAT, 2013). <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Consultado el 15 de enero de 2017.
- Ramírez, H. (2011). Sistema de producción de fresa de altas densidades. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 75p.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de Producción. Quinta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España 42p.
- Rivera A. y Tong, C. 1998. Commercial Postharvest handling of Strawberries (Fragariaspp). <http://www.extension.umn.edu/Documents/D/G/DG6237.html>



- Román, L.F.; Gutiérrez, M.A. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida en anaquel en tres tipos de melón. *Terra* 16(1): 49-54.
- Roussos, P. A. N\_K. Denaxa, and T Damvakaris. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Sci. Horttic.* 138-146.
- Sandoval L., Ercisli, S., Anapali, O. and Esitken, A. (2004). Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. *Journal of Central European Agriculture*, 6: 361-366.
- Sánchez G. P., 2009. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de fresa. *Innovaciones Tecnológicas en el Sistema Producto Fresa*. CONAFRE A. C. Zamora Michoacan. 28p.
- Sanchez, G.J. y RL Escalante 1988. Why so much variation in strawberry fertilizer recommendations and practices. *In: Smith, C.R. and Childers, N.F. (eds) The Strawberry*. Rutgers State University, New Brunswick, New Jersey. 33p
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014), <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 10 de enero de 2017.
- Strassburger, A., Nogueira, R., Ernani, J., Barbosa, C., De Souza, D. and Buchweitz, J. (2010). Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de "dia neutro" em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. *Bragantia*, 69: 623-630.

- Schwab, Wilfried y Raab Thomas 2004. Effect of high nitrogen applications on yield, earliness, fruit quality and leaf composition of California strawberries. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 91, 249-256.
- Szczesniak, A.S. y Smith, B.J. 1969. Observations on Strawberry Texture, a three-pronged approach. J. Texture Studies. 1: 65-89.
- Tagliavini, M.; Zavalloni, C.; Rombola, A.D.; Quartieri, M.; Malaguti, D.; Mazzanti, F.; Millard, P.; Marangoni, B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Hort. 512(2):131-140.
- Thompson, A. K. 1996. Harvest Maturity and Methods (Chapter 2) and Postharvest Treatments (Chapter 4). En: Postharvest Technology of Fruits and Vegetables. Blackwell Science Ltd. Gran Bretaña. pp. 35-37, 95.
- Tsao, R., Yang, S., Socknovic, E., Zhou, T., Dale A. 2003. Antioxidant phytochemicals in cultivated and wild Canadian strawberries. ISHS Acta Horticulturae 626. XXVI International Horticultural Congress: Berry Crop Breeding, Production and Utilization for a New Century.
- Vendrell Miguel. 1999. Mejora de la calidad de fruta y de la vida útil con la manipulación de la textura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Biología Molecular de Barcelona. 89p.
- Voca, Sandra., Duralija, Boris., Druzic, Jazmina., Skendrovic, Martina., Dobricevic, Nadica., Cmelik, Zlatko. 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv Elsanta. Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 71.No. 4. 171-174.

- Wright, K. P. y Kader, A.A. 1997. Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 10: 39-48.
- Yuan, B, Z., and S. N. Sun. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. *Biosystems Engineering*. 237 p.