

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Calidad de Frutos de Fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. San Andreas
Cultivadas Bajo Diferentes Ambientes

Por:

VÍCTOR EMILIANO MADRIGAL HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Calidad de Frutos de Fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. San Andreas
Cultivadas Bajo Diferentes Ambientes

Por:

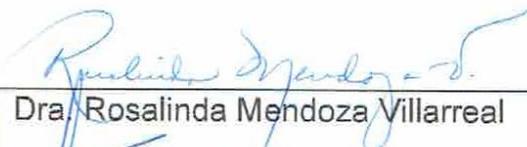
VÍCTOR EMILIANO MADRIGAL HERNÁNDEZ

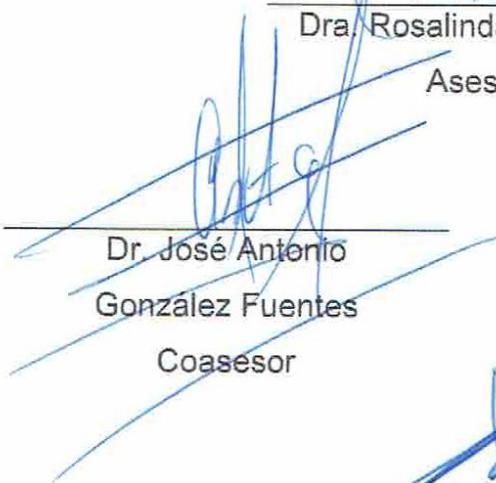
TESIS

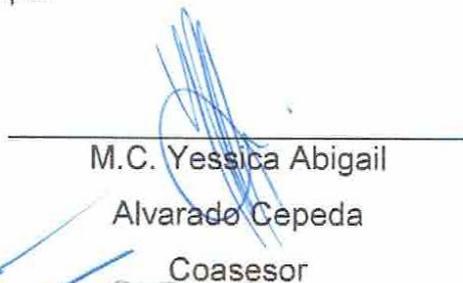
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. José Antonio
González Fuentes
Coasesor


M.C. Yessica Abigail
Alvarado Cepeda
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2017

DEDICATORIA

A mi abuelita Juana por todos los invaluable valores y aportes que ha dado a mi vida.

A mis padres Víctor y Alicia que siempre estuvieron en todo momento para apoyarme y por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mis hermanas Estefanía y Valeria por alentarme en todo momento y por ser mi mayor fuente de inspiración.

A Yessica por su infinita paciencia al apoyarme al realizar este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA MATER, por todos los memorables momentos que pude experimentar a través de ella.

A todos mis maestros que a lo largo de toda mi formación me han brindado su apoyo, consejos y conocimientos. Dejando en mi memoria no solo conocimientos, también agradables recuerdos y el gusto por tan honrada profesión.

A todos mis compañeros por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mi mejor amigo Joshua porque siempre estuvo para apoyarme en los momentos que más lo necesité, por sus consejos y por todos los buenos momentos que pasamos juntos.

A Jorge Luis por todo el estrés y desesperación que vivimos juntos llevando nuestra educación académica al límite en cada momento.

A Cesar, Erik, Diego, Y Jesús por todas las inolvidables aventuras que pasamos juntos.

A David, Samuel, Néstor, Teresa e Hilda por brindarme su amistad y su apoyo a lo largo de este tiempo.

A la M.C. Yessica Abigail Alvarado Cepeda por su apoyo y tiempo brindados ya que sin ella me hubiera sido imposible realizar este trabajo de investigación.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por su participación como miembro del jurado y por su disponibilidad de tiempo para contribuir con su ayuda en la revisión y corrección del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Alberto Sandoval Rangel y al Dr. José Antonio Gonzalez Fuentes, por su participación como miembros del jurado y por su disponibilidad de tiempo para contribuir en el presente trabajo de investigación.

¡A todos, gracias sin su apoyo este largo proceso hubiera sido más complicado!

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Justificación	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del Cultivo.....	3
2.2. Descripción Botánica	4
2.3. Necesidades Climatológicas.....	6
2.3.1. Temperatura.....	7
2.3.2. Fotoperiodo	7
2.4. Necesidades Nutrimientales.....	8
2.5. Importancia Económica del Cultivo de la Fresa en el Mundo ...	8
2.6. Importancia Económica del Cultivo de Fresa en México	9
2.7. Cultivo sin Suelo	11
2.8. Sustrato	11
2.8.1. Peat-moss	11
2.8.2. Perlita	12

2.9.	Sistema RaBeT.....	12
2.10.	Acolchados	12
2.11.	Indicadores de calidad del fruto	13
2.11.1.	Firmeza	14
2.11.2.	Sólidos solubles totales	14
2.11.3.	Acidez titulable	14
2.11.4.	Color.....	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	18
4.1.	Rendimiento.....	19
4.2.	Sólidos solubles totales	21
4.3.	Acidez titulable.....	22
4.4.	Firmeza.....	25
4.5.	Color	23
5.	CONCLUSIONES.....	27
6.	LITERATURA CITADA.....	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Producción y rendimientos del año 2014.....	9
Cuadro 2 Tipos de cubiertas para acolchado según su color	13
Cuadro 3 Tratamientos establecidos con ambientes y acolchados.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de cultivo RaBeT.....	15
Figura 2 Cama de cultivo a dos hileras	15
Figura 3 Registro de temperaturas Máximas y Mínimas durante el periodo de cultivo.....	19
Figura 4 Efecto de tres ambientes con dos colores de acolchado en el rendimiento de frutos en fresa cv. San Andreas.	20
Figura 5 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado en el contenido de Solidos Solubles Totales (°Brix) en frutos de fresa cv. San Andreas.	22
Figura 6 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado en el porcentaje de Acidez titulable en frutos de fresa cv. San Andreas.	23
Figura 7 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el brillo (L) en frutos de fresa cv. San Andreas.	24
Figura 8 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el ángulo de matiz (°hue) en frutos de fresa cv. San Andreas.	24
Figura 9 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el índice de saturación (Croma) en frutos de fresa cv. San Andreas.....	25
Figura 10 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre la firmeza de frutos en fresa cv. San Andreas.	26

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de comparar la calidad de los frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. San Andreas, establecidos bajo diferentes ambientes. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, durante el periodo de septiembre de 2015 a abril de 2017. Las plantas se establecieron bajo tres sistemas de cultivo: Invernadero, campo abierto y malla sombra (Negra. 30% de sombreo), y a su vez en cada ambiente se estableció un sistema de cultivo sin suelo conocido como RaBeT (Raise-bed trough), con acolchados de color blanco y negro, cada cama a doble hilera, a 30cm de distancia entre planta, teniendo un total de 8 plantas por cama. El estudio se realizó con un diseño experimental anidado, en el cual los acolchados se encontraron anidados en los ambientes con tres repeticiones por tratamiento. Durante la etapa de producción se evaluaron el rendimiento y las características de calidad pos cosecha: Color externo, Firmeza, Sólidos solubles totales y Acidez titulable; mediciones que se realizaron en 3 cortes, las cuales se obtuvieron a los 80, 100 y 220DDT. Para el rendimiento se tomaron todos los frutos de la planta y se registró el peso obtenido, la suma total del peso de frutos por planta se registró como rendimiento en g planta⁻¹. Los estudios determinaron que los cambios ocasionados al ambiente por el invernadero y la malla sombra no presentaron mejoras a las características de calidad de pos cosecha de los frutos, en comparación con los frutos obtenidos en campo abierto. Aunque si se observaron una notable mejora en el rendimiento obtenido en las plantas en malla sombra en comparación de los otros dos ambientes.

Palabras clave: calidad, poscosecha, acolchado, invernadero, malla sombra

1. INTRODUCCIÓN

México ocupa una posición importante en la producción mundial de fresas, siendo el tercer país con un aporte de casi el 6% en la producción mundial (FAOSTAT, 2014). Michoacán es el principal estado productor contribuyendo con un 69 % del volumen total de producción.

El cultivo de fresa ocupa un lugar importante en la producción de hortalizas de México por la gran cantidad de empleos que genera, aunque su mayor importancia radica principalmente en la generación de divisas por concepto de exportaciones (Barrera & Sánchez, 2003; SAGARPA, 2017).

La fresa es considerada el fruto por excelencia por sus características organolépticas (sabor, aroma y color), además de sus atractivas características sensoriales, la fresa es apreciada por su contenido nutricional ya que es una fuente de vitaminas y antioxidantes (CONAFRE, 2011). Es importante indicar que la composición y calidad de la fresa varía dependiendo de la variedad, factores ambientales durante su desarrollo, estado de madurez, así como también las practicas antes y después de la cosecha (Aaby *et al.*, 2012).

Los sistemas de agricultura protegida se han convertido en algo esencial para proteger a los cultivos de condiciones ambientales adversas y para mejorar y gestionar la producción durante todo el año (Al-Helal, 2007), dentro de las estructuras utilizadas en la agricultura protegida se encuentra los invernaderos, que son una construcción agrícola con una cubierta translúcida, cuya finalidad es simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. De las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Juárez *et al.*, 2011).

La malla sombra o también conocida como casa sombra consisten en una tela tejida de plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz que llega a las plantas, también tiene como finalidad evitar el exceso de temperatura (Al-Helal, 2007; Juárez López *et al.*, 2011).

1.1. Objetivos

Determinar la calidad de frutos de fresa cultivadas bajo diferentes ambientes.

Determinar el rendimiento obtenido en invernadero, malla sombra y campo abierto.

Determinar características de calidad poscosecha en frutos obtenidos de los diferentes ambientes

1.2. Hipótesis

Se obtendrán frutos de mejor calidad en los sistemas protegidos, en comparación a condiciones de campo abierto.

1.3. Justificación

La demanda de frutos de mejor calidad y con aportes a la salud ha ido en aumento en los últimos años, a lo cual los consumidores demandan productos que además de adaptarse a sus necesidades económicas, satisfagan el aporte de nutrientes de manera natural, sin embargo, la situación agronómica actual, deriva en la obtención de mayores rendimientos sin tomar en cuenta la calidad nutracéutica del producto final. Por lo cual este trabajo se centra en la obtención de frutos de mejor calidad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Cultivo

La fresa pertenece a la familia *Rosaceae*, la cual está compuesta por unas 300 especies, que se distribuyen en su mayoría por las zonas cálidas de hemisferio norte. Es una de las familias de mayor importancia económica ya que en ella se agrupan especies de árboles frutales, pertenecientes a géneros como *Prunus*, *Malus*, *Pyrus* y *Rubus*, así como también especies de uso ornamental pertenecientes al género *Rosa* (Bonet, 2010).

El género *Fragaria* comprende 25 especies e híbridos, poseen varios niveles de ploidía y ya que la mayor parte de estas se encuentra en Asia, es este el lugar considerado como el centro de diversidad del género.

El origen de la fresa que conocemos actualmente es relativamente reciente, es un híbrido octaploide, que desciende de dos especies nativas de América: *Fragaria virginiana* Duch. nativa de las costas de Norteamérica y *Fragaria chiloensis* L. proveniente del sur de Chile, ambas especies fueron introducidas a Europa en el año de 1714 donde se cruzaron de manera natural, dando como origen plantas híbridas con mejor calidad de frutos y mayor rendimiento (Alcantara G, 2009; Simirgiotis & Schmeda, 2010), no obstante, las especies silvestres del género *Fragaria* son nativas de casi todo el mundo, excepto África, Asia y Nueva Zelanda (CONAFRE, 2011).

En su forma cultivada logra desarrollarse en una amplia gama de climas que van desde las regiones del Ártico hasta las áreas tropicales, se adapta a diferentes tipos de suelos, principalmente arenoso a franco arenoso, y requiere una cantidad adecuada de materia orgánica para retener humedad del suelo y así mantener las características fisicoquímicas adecuadas (Ayesha *et al.*, 2011; Urrutia & Buzeta, 1986).

Debido a sus cualidades organolépticas es considerada la fruta de placer por excelencia, es consumida en todo el mundo, ya sea en su consumo directo o como producto procesado a partir de sus diferentes formas: fresca, deshidratada, congelada o en conserva. (Marchena, 2010; Sharma *et al.*, 2008) Se recomienda su consumo ya que destaca por su contenido de vitamina C, ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico) y otras cualidades nutraceuticas (Hannum, 2004).

La fresa es una planta dicotiledónea, su taxonomía completa es:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Embryobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Superorden: *Rosanae*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Subfamilia: *Rosoideae*

Tribu: *Potentilleae*

Subtribu: *Fragariinae*

Género: *Fragaria*

Especie: *Fragaria x ananassa Duch.*

2.2. Descripción Botánica

La fresa es una planta perenne y es de porte bajo, normalmente no supera los 30 cm de altura, se puede reproducir tanto de manera sexual como asexual (estolones y coronas). En estado silvestre su ciclo de vegetativo es perenne, mientras que en plantaciones presenta dos facetas: en latitudes frías puede permanecer hasta tres años, pero son solo dos meses al año los que se encuentra en producción; para ambientes subtropicales y mediterráneos, la fresa puede estar con alta productividad y calidad de fruta un periodo que se puede extender hasta un año, sin embargo es renovado con una frecuencia anual (CONAFRE, 2012; Davalos *et al.*, 2011).

El tallo o corona como es conocido comúnmente, es un rizoma muy corto de 2 a 3 cm de longitud, el cual se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta. Ahí se encuentran las yemas auxiliares, que según las condiciones ambientales y el estado nutricional de la planta pueden desarrollarse en estolones o coronas secundarias, así como también se encuentran las yemas que dan origen a los racimos florales (Carmona, 2009; Clavijo *et al.*, 2010; Marchena, 2010).

El sistema radicular se origina de la parte basal de la corona es fasciculado y está conformado por raíces primarias y secundarias; una planta adulta tiene generalmente alrededor de 20 a 35 raíces primarias con una longitud promedio de 30 centímetros, estas raíces son generalmente penetradoras del suelo, normalmente viven más de un año, pero, éstas pueden llegar a morir en pocas semanas bajo condiciones de estrés hídrico o por enfermedad. Por otro lado las raíces secundarias salen de las primarias y forman la masa radicular para la absorción de nutrientes y almacenamiento de sustancias de reserva, son más delgadas y de color marfil (Carmona, 2009; CONAFRE, 2011; Hernández, 2006)

Los estolones o tallos rastreros son un medio de reproducción asexual de la fresa, este es emitido por la planta a partir de yemas auxiliares que se encuentran en la corona, justo en la base de las hojas. Los estolones están constituidos por dos entrenudos los cuales presentan una longitud de entre 10 a 20 cm y cuentan con una yema terminal donde se forma una roseta de hojas, que al entrar en contacto con el suelo emite raíces, formando una nueva planta.(CONAFRE, 2011; Davalos *et al.*, 2011; Urrutia & Buzeta, 1986)

Las hojas de la fresa son compuestas, pinnadas o palmeadas, subdivididas en tres folíolos, estos a su vez son dentados, con nervaduras de color verde más oscuro que el haz y el envés es verde más pálido, llegan a vivir de uno a tres meses dependiendo de su tamaño, serosidad, grosor, presencia de plagas y enfermedades, etc. Al morir son reemplazadas secuencialmente por hojas nuevas a lo largo del ciclo. Tienen una gran cantidad de estomas (de 300 a 400 por mm cuadrado) lo cual aunado a su sistema radicular la convierten en un

planta muy sensible al suministro de agua, humedad ambiental, intensidad lumínica y duración del día (CONAFRE, 2011; Davalos *et al.*, 2011; González, 2012).

La inflorescencia es un tallo modificado en el que los pedúnculos florales nacen en distintos puntos del eje. Los pedúnculos nacen de los brotes en las axilas de las hojas modificadas o brácteas y terminan en una flor. Después de la flor primaria, hay típicamente dos flores secundarias, cuatro terciarias y ocho cuaternarias. La flor primaria produce el fruto de mayor, el tamaño del fruto disminuye en flores secundarias y terciaria, mientras que la flor cuaternaria son estériles, aunque si llega a dar frutos estos carecen de valor comercial (Davalos *et al.*, 2011; Handley, 2003; Hernández, 2006).

La flor consta de un cáliz de cinco sépalos, una corola de cinco pétalos blancos, de 20 a 35 estambres amarillos insertados en los contornos de un receptáculo carnosos, donde se encuentran cientos de pistilos (Domínguez, 2012; Hernández, 2006).

Desde un punto de vista hortícola la fresa es clasificada en el grupo de frutas denominadas como bayas, aunque en realidad es un falso fruto que se forma por el engrosamiento del receptáculo floral donde se encuentran inmersas gran cantidad de semilla, que son los verdaderos frutos y se conocen como aquenios. Son los aquenios mediante la producción de hormonas, que provocan el engrosamiento del receptáculo floral (González, 2012; Handley, 2003).

2.3. Necesidades Climatológicas

La fresa es altamente sensible a factores ambientales tales como la temperatura, fotoperiodo, estación del año, humedad del suelo, salinidad, nutrición mineral, etc.; diferencias en estos factores pueden variar el comportamiento de la planta, y así mismo cada variedad responde diferente a dichos factores por su composición genética (Larson, 2000).

Durante el periodo de cultivo de la fresa se debe tener un balance entre los estados vegetativos y reproductivos, ya que estos influyen en la producción y

el crecimiento de la planta. Existen factores, genéticos y/o climáticos que determinan el desarrollo fenológico (Fischer, 2011).

2.3.1. Temperatura

La temperatura y el fotoperiodo son factores ambientales que influyen en la floración e interactúan en la regulación de los diferentes procesos fenológicos de la planta (Taylor, 2002). La parte vegetativa de la fresa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta -20°C , aunque los órganos florales quedan destruidos con valores a 0°C . La temperatura óptima para el crecimiento es 20°C durante el día y 12°C durante la noche. Pero en las fases de floración y maduración se requieren 25 a 26°C durante el día. Temperaturas menores a 2°C y superiores a 34°C provocan desvitalización del polen, aborto floral y malformación de los frutos (Bianchi, 1999).

2.3.2. Fotoperiodo

El fotoperiodo, en relación con el termoperíodo (reacción de las plantas a la variación anual, diaria o periódica de la temperatura), determina la inducción de la floración, el comportamiento productivo y el área de distribución de las variedades (Bianchi, 1999)

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 de luz en el día, las de día largo cuando las horas de luz exceden las 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, por lo que la temperatura juega un papel importante en la floración (Larson, 2000).

El fotoperiodo y el termoperíodo determinan la inducción floral y por lo tanto la producción. Las variedades de día neutro pueden ser inducidas a floración al someterse a un periodo de frío a temperaturas entre 1° a 5°C (Bianchi, 1999; Morgan, 2002).

2.4. Necesidades Nutrimientales

Las plantas de fresa requieren niveles adecuados de los nutrientes esenciales como todas las plantas, aunque existe muchas diferencias en el comportamiento nutricional dependiendo de la variedad, además de que los factores ambientales juegan un papel primordial en la expresión de los síntomas (Hancock, 1999).

Debido a que el nitrógeno y potasio son los principales componentes del fruto, la planta demanda una alta cantidad de ellos, aunque el exceso de nitrógeno tiene efectos contraproducentes como el ablandamiento de fruto, retardo de la maduración, y se disminuye el rendimiento (Hancock, 1999).

El potasio incrementa la producción floral y el rendimiento, además de que se requiere en procesos fisiológicos tales como la activación de enzimas, el transporte de azúcares, funciones estomáticas, síntesis de proteínas y fotosíntesis (Flores, 2008).

El calcio es importante para obtener frutos firmes mientras que si el boro es insuficiente se reduce la producción de polen viable, así como reduce la expansión del receptáculo. Deficiencias de zinc produce frutos pequeños y bajo rendimiento mientras que la deficiencia de hierro reduce el vigor de las hojas (Hancock, 1999).

2.5. Importancia Económica del Cultivo de la Fresa en el Mundo

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) para el año 2014 ocupaba una superficie de 373 mil hectáreas y una producción de más de ocho millones de toneladas aproximadamente. (FAOSTAT, 2014). Mientras que en el año 2009 la superficie sembrada era de 254 mil hectáreas con una producción aproximada de cuatro millones de toneladas, en tan solo cinco años la producción mundial se duplicó, mientras que la superficie solo aumentó un 30%. El hecho de que el aumento de la producción sea mayor al aumento de la superficie, se debe a la mejora de técnicas de cultivo y mejoras de las variedades cultivadas que provocaron un aumento en los rendimientos (López *et al.*, 2005).

Cuadro 1 Producción y rendimientos del año 2014

País	Rendimiento (kg·ha ⁻¹)	Producción (t)	%
China	27475.7	3,113,000	38.36
Estados Unidos	56585.4	1,373,573	16.93
México	46053.8	458,972	5.66
Turquía	28016.8	376.070	0.00
España	37467.3	291,870	3.60
Egipto	43550.6	283,471	3.49
República de Corea	30531.1	209,901	2.59
Polonia	3844.7	202,511	2.50
Federación Rusa	6823.1	189,000	2.33
Alemania	10994.7	168,791	2.08

Fuente: Faostat (2014)

En 2014 los 10 primeros países productores concentraron el 72% de la producción mundial de fresa. De los cuales China se encuentra en primer lugar con un 38% de la producción mundial de fresa, seguido de Estados Unidos quien tiene con un 16% de la producción, aunque tiene el rendimiento más alto con más de 55,000 kg·ha⁻¹. México en los últimos años ha desplazado a Turquía y España y se sitúa como el tercer país productor con rendimientos de 46,000 kg·ha⁻¹, siendo el segundo país con el rendimiento más alto.

Aunque Rusia y Polonia tienen una producción de fresas importante a nivel mundial debido a que tienen grandes extensiones del cultivo, tienen rendimientos muy bajos, ya que utilizan sistemas de cultivo tradicionales. (FAOSTAT, 2014)

2.6. Importancia Económica del Cultivo de Fresa en México

En la década de los 50 se estableció por primera vez en la ciudad de Irapuato, Guanajuato, el cultivo de fresa a nivel comercial. Partir de ese momento se fue extendiendo por el valle de Zamora, ganando cada vez más superficie y desplazando a cultivos que eran considerados tradicionales, como el camote, caña de azúcar, cacahuete, jícama hasta que se colocó como el cultivo representativo del valle (CONAFRE, 2011). El cultivo de la fresa estuvo confinado

hasta 1990 en esa región, y no fue hasta el año 1991 que se extendió a la zona de San Quintín, Baja California. Y en 1994 ocurrió nuevamente otra expansión, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (Davalos *et al.*, 2011).

El cultivo de fresa ocupa un lugar importante en la producción de hortalizas por la gran cantidad de empleos que genera, las grandes inversiones que se utilizan para su producción, considerando que es un cultivo bastante costoso pero también es de los más redituables, pero su mayor importancia radica principalmente en la generación de divisas por concepto de exportaciones (Barrera & Sánchez, 2003; SAGARPA, 2017).

En el 2016 México según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA tuvo una producción de 167,066,960 toneladas con un valor de 175,879.74 miles de pesos.

Los principales estados productores de fresa son Michoacán, Baja California, Guanajuato, Baja California Sur y Estado de México, que, en su conjunto, concentran el 99 por ciento de la producción total. En los cuales Michoacán contribuye con el 68.7% del volumen total; Baja California, 17.9%; Guanajuato, 9.4%; Baja California Sur, 1.9% y el Estado de México, 1.2%, participando también en la producción de fresa los estados de Aguascalientes, Jalisco, Sinaloa, Oaxaca, Veracruz, Tlaxcala y Puebla, entre otros. (SAGARPA, 2017)

Los principales países compradores de fresa mexicana son Estados Unidos, Canadá, Brasil, Arabia Saudita y Reino Unido, que en conjunto adquirieron 649.1 millones de dólares. Aunque la fresa mexicana también llega a otros lugares como Hong Kong, Belice, Países Bajos, Rusia, Qatar, Irlanda, Kuwait, Japón, Puerto Rico, República Dominicana, Australia y Trinidad y Tobago, entre otros.

2.7. Cultivo sin Suelo

El cultivo sin suelo es una técnica de cultivo en el que las plantas completan su ciclo de producción sin utilizar el suelo, estos se pueden clasificar en cultivos en agua y cultivos en sustratos(Zhang et al., 2011). A los cuales se les aplica una solución nutritiva, con todos los elementos necesarios para que la plantas crezca y se desarrolle normalmente(Resh, 2001).

Gracias a sus ventajas técnicas y económicas como disminución de espacio y ahorro de agua, es considerado un avance en las técnicas e producción agrícola (Rodríguez et al., 2009)

El cultivo de fresa en sistemas sin suelo es una oportunidad para incrementar el rendimiento y la calidad del fruto con respecto a los sistemas tradicionales, gracias a que le proporciona a la planta los nutrientes y condiciones ambientales necesarias para su desarrollo, mejorando su rendimiento y calidad de los frutos(Morgan, 2002).

2.8. Sustrato

Un sustrato es todo material sólido, de origen natura, residual o de síntesis, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor cumple la funciones de dar soporte a la planta, retención y aporte de agua y aireación (Cruz-Crespo et al., 2013)

En algunas ocasiones un material difícilmente pueda cumplir por sí mismo las características adecuadas para el desarrollo de la planta, por lo tanto, se deben realizar mezclas de materiales aprovechando las características que cada uno proporciona.

2.8.1. Peat-moss

Es uno de los sustratos orgánicos más utilizados en México, es un material fosilizado y considerado como un recurso no renovable, representa un costo muy importante ya que es un producto de importación.

También es denominado como turba y existen dos tipos por su grado de descomposición podemos encontrar: las rubias, que están ligeramente

descompuestas, de color más claro y de un mayor contenido en materia orgánica. Presenta unas excelentes propiedades físicas y químicas, con una estructura mullida, alta porosidad, alta capacidad de retención de agua, aceptable contenido de aire, baja densidad aparente, alta capacidad de intercambio catiónico y baja salinidad. La turba negra es de color oscuro y está fuertemente descompuesta. Es de calidad inferior a la turba rubia.

2.8.2. Perlita

Es un silicato de aluminio de origen volcánico, una vez que es extraído se muele para ser transformado industrialmente, se precalienta a 300-400°C y depositado en hornos a 1000°C, con la finalidad de evaporar toda el agua que se encuentra en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad.

2.9. Sistema RaBeT

Desde la prohibición del bromuro de metilo, se han estado buscando alternativas para la producción de fresa. Una de ellas es la implementación del sistemas RaBet (Raised-bed trough), la cual es una modificación de la cama Holandesa construida a partir del suelo de campo pero creando canales en ella para cubrirlos con un material que evite el contacto directo con el sustrato que se utilizara para rellenar los canales (Legard, 2010).

2.10. Acolchados

El acolchado es una técnica que está ampliamente extendida en la horticultura, dentro de los efectos más destacados están, el incremento de la temperatura del suelo, el aumento de la precocidad y producción. Mejora la calidad de los productos y permite hacer un uso más eficiente de los recursos naturales como el agua y el suelo. Por estas razones es que el uso de acolchado plástico hace más competitiva la producción de hortalizas ayudando también en el control de malezas y en la aplicación de agroquímicos.(Kasperbauer, 2000; Tarara, 2000)

El acolchado es una técnica sumamente versátil ya que puede aplicarse a todo tipo de cultivos de hortalizas, plantaciones industriales, cultivos ornamentales y frutales(Díaz, 2001).

Según el color del acolchado se obtendrán efectos diferentes en los cultivos, además de proporcionar numerosas ventajas como las siguientes:

- Mantienen las condiciones del sistema radicular de la planta.
- Optimizan el uso de los fertilizantes.
- Protegen los frutos del contacto con el suelo, con ello aumentando su calidad.

Cuadro 2 Tipos de cubiertas para acolchado según su color

Color	Características	Aplicaciones
Transparente	Aumento temperatura del suelo. Precocidad. Control de agua	Suelos limpios de malas hierbas Zonas frías. Para aumentar precocidad. Bajos espesores Cultivo de más de una campaña
Negro y Opaco (gris, marrón, verde)	Impide crecimiento de malas hierbas Control de agua	Suelos con problemas de malas hierbas Zonas cálidas
Blanco- negro o aluminizado	Impide crecimiento de malas hierbas Refleja la luz sobre la planta. Disminuye calor durante el día	Cultivos herbáceos estacionales y frutales. Terrenos con malas hierbas Zonas muy cálidas

Fuente. Díaz *et al.* (2001).

2.11. Indicadores de calidad del fruto

El genotipo y las condiciones ambientales influyen en las características físicas y químicas de las fresas (Silva Pinto *et al.* 2008). Las fresas son conocidos por sus altos niveles de micronutrientes y compuestos fitoquímicos (Tulipani *et al.* 2011).

La calidad de la fresa en el mercado se centra en las cualidades físicas, tales como tamaño, color, firmeza, acidez, dulzura y aroma (Azodanlou *et al.* 2003).

2.11.1. Firmeza

Se prefieren frutas de alta firmeza con un sabor superior. Se ha demostrado que la firmeza de la fresa depende de variables como la época de cosecha, la variedad cultivada y las diferentes condiciones que se hayan presentado durante su crecimiento (Krüger *et al.*, 2002). Así pues también la temperatura afecta el rendimiento y calidad de la fruta, particularmente sabor y firmeza (Morgan, 2002)

2.11.2. Sólidos solubles totales

Sacarosa, glucosa y fructosa los principales azúcares presente en el fruto de la fresa, representando más del 99% del total de los azúcares cuando estas están maduras, estando presentes también ribosa, arabinosa, xilosa, manosa y galactosa (Ojeda, R. *et al.*, 1994; Sturm *et al.*, 2003)

2.11.3. Acidez titulable

La acumulación de ácidos orgánicos, ácido ascórbico y azúcares solubles depende principalmente de los genotipos. Las fresas son aceptables con un contenido de sólidos solubles de 7°Brix como mínimo y una acidez titulable de 0.8% como máximo (Kafkas *et al.*, 2007; Mitcham *et al.*, 2002)

2.11.4. Color

El color rojo brillante de las fresas es atribuido principalmente a las antocianinas (Bodelón *et al.*, 2010) y tienen una fuerte actividad antioxidante (Wang & Lin, 2000).

A la hora de seleccionar frutas y hortalizas frescas, el color y la apariencia son aspectos críticos de calidad para los compradores, siendo el color rojo del jugo de fresa una propiedad de valor comercial de esta (Ragaert *et al.*, 2004; Rodrigo *et al.*, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra localizada en la latitud norte 25° 23' y longitud oeste 101° 02', con una altitud de 1743 msnm.

Se utilizaron plantas de la variedad San Andreas, adquiridas de una distribuidora de Irapuato, Guanajuato. Las cuales se establecieron bajo tres sistemas de cultivo: Invernadero, campo abierto y malla sombra (Negra. 30% de sombreado), y a su vez en cada ambiente se estableció un sistema de cultivo sin suelo conocido como RaBeT (Raise-bed trough) (Wang *et al.*, 2010), en el cual se construyeron camas suelo de 1.45 x .70m con dos canaletas de .20m x .20m, las cuáles se forraron con plástico de polietileno y se instaló una canaleta como drenaje, se rellenaron con sustrato (peat moss: perlita; 70:30), se instaló un sistema de riego por goteo y se acolcharon con plásticos de color blanco y negro. El trasplante se realizó el 13 de septiembre de 2015, estableciendo cada cama a doble hilera, a 30cm de distancia entre planta, teniendo un total de 8 plantas por cama.



Figura 1 Sistema de cultivo RaBeT



Figura 2 Cama de cultivo a dos hileras

Cuadro 3 Tratamientos establecidos con ambientes y acolchados

Tratamiento	Ambiente	Acolchado
T1	Invernadero	Blanco
T2	Invernadero	Negro
T3	Campo abierto	Blanco
T4	Campo abierto	Negro
T5	Malla sombra	Blanco
T6	Malla sombra	Negro

Se establecieron en un diseño experimental factorial anidado, en el cual los acolchados se encontraron anidados en los ambientes con tres repeticiones por tratamiento.

Los riegos fueron suministrados tres veces al día, a las 8:00, 12:00 y 18:00 con intervalos de 15 minutos por riego utilizando una solución Steiner (1961) al 50% de concentración.

Se tomó registro de las temperaturas máximas y mínimas con un data logger para los tres ambientes durante el ciclo de cultivo que duro desde septiembre de 2015 a abril de 2016.

Durante la etapa de producción se evaluaron el rendimiento y las características de calidad pos cosecha: Color externo, Firmeza, Sólidos solubles totales y Acidez titulable; mediciones que se realizaron en 3 cortes, las cuales se obtuvieron a los 80, 100 y 220DDT.

Para el rendimiento se tomaron todos los frutos de la planta y se registró el peso obtenido, la suma total del peso de frutos por planta se registró como rendimiento en $g\ planta^{-1}$

Se determinó la firmeza por penetración utilizando un Texturómetro Universal WAGNER Force Five Modelo FDV-30, con un puntal cónico de 7mm de diámetro, reportando los datos obtenidos en Newtons (N).

Se determinó el contenido de solidos solubles totales de acuerdo con el método descrito por la AOAC (1990), utilizando un refractómetro digital ATAGO

Palette PR-32 con un rango de lectura de 0 a 32°Brix, en el cual se colocaron unas gotas de jugo y se tomó la lectura, los datos se expresaron en °Brix.

La acidez titulable se determinó por el método volumétrico de la AOAC (1990), en cuyo caso se tomaron 10g de pulpa y se licuaron con 50mL de agua destilada; posteriormente la mezcla se filtró y del filtrado se tomaron 5mL los cuales se titularon con NaOH (0.1N). El resultado fue expresado como porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{G \times N \times \text{Meq} \times V_t}{P \times A} \times 100$$

Dónde:

G = Gasto utilizado en la titulación (mL)

N = Normalidad del hidróxido de sodio (0.1N)

Meq = Miliequivalente del ácido cítrico (0.064)

V_t = Volumen total (muestra más agua) (mL)

P = Peso de la muestra utilizada (g)

A = Alícuota (mL)

Se evaluó el color externo mediante un colorímetro Hunter Lab D25-PC2. Obteniendo directamente los valores L*, a* y b* Hunter y con ellos se calculó el ángulo de matiz (°hue) y el Índice de Saturación (Croma), de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ángulo Hue: Arco tangente } \left(\frac{b}{a} \right)$$

$$\text{índice desaturacion} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

A los datos se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey con (P<0.05). El análisis estadístico se realizó mediante el sistema InfoStat versión 2015.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Temperaturas

El registro de temperaturas muestra máximas y mínimas que se presentaron durante el periodo de cultivo.

La malla sombra fue el ambiente que presentó una menor diferencia en cuanto a temperaturas máximas y mínimas evitando que la temperatura no excediese los 30 °C durante el día, pero a su vez evitando que la temperatura bajase demasiado durante la noche.

Por otra parte, el invernadero fue el ambiente que presentó la mayor fluctuación entre temperaturas máximas y mínimas, estando la temperatura máxima mayormente por encima de los 40 °C, inclusive llegando a tenerse valores que alcanzaron los 54 °C. el aumento excesivo en la temperatura durante el día se atribuye a que este no contaba con el equipo necesario de enfriamiento, a diferencia de la malla sombra el invernadero no evitaba la pérdida de calor durante la noche lo que hizo que se presentaran las temperaturas mínimas más bajas de los 3 ambientes.

Mientras que en campo abierto se presentaron temperaturas muy similares a las registradas en la malla sombra, la temperatura mínima fue en promedio 4 °C más baja que en la malla sobra, al igual que la diferencia entre temperatura máximas, esto se atribuye a que no existía ninguna cubierta que evitara el libre flujo de aire.

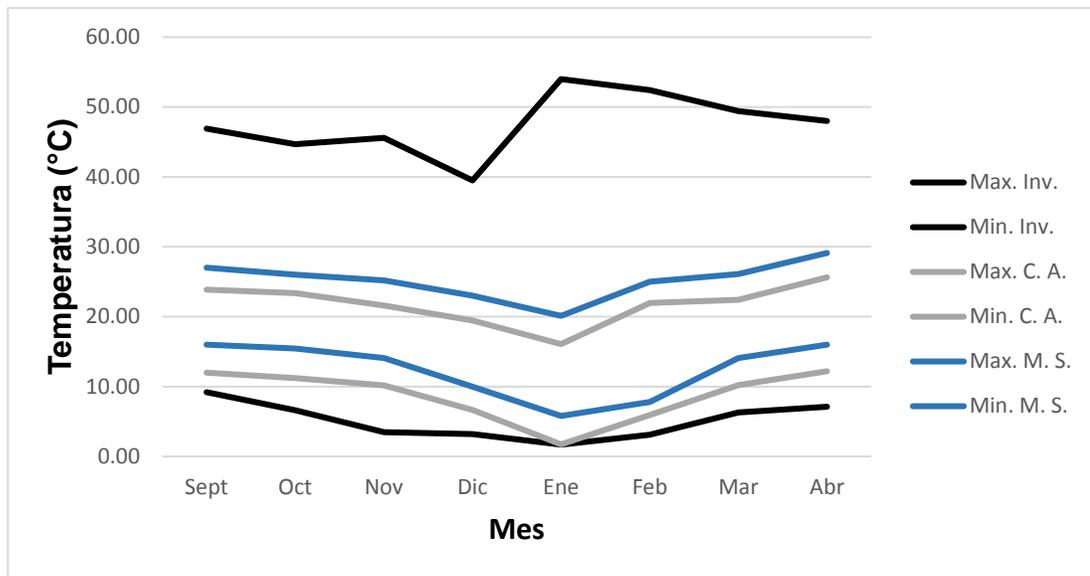


Figura 3 Registro de temperaturas Máximas y Mínimas durante el periodo de cultivo.

4.2. Rendimiento

Los resultados indican que existe diferencia significativa en las interacciones entre ambientes y acolchados para la variable de rendimiento. El ambiente que presentó un mayor rendimiento fue la malla sombra, destacando el acolchado blanco que obtuvo un rendimiento de $167.98 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$. Mientras que el acolchado negro obtuvo $142.46 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$.

En el campo abierto el acolchado negro obtuvo el tercer lugar en rendimiento con $98.921 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$, cabe resaltar que el acolchado blanco de este mismo ambiente obtuvo el rendimiento más bajo con tan solo $47.23 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$.

Para el invernadero ambos acolchados presentaron un rendimiento mayor a $70 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$.

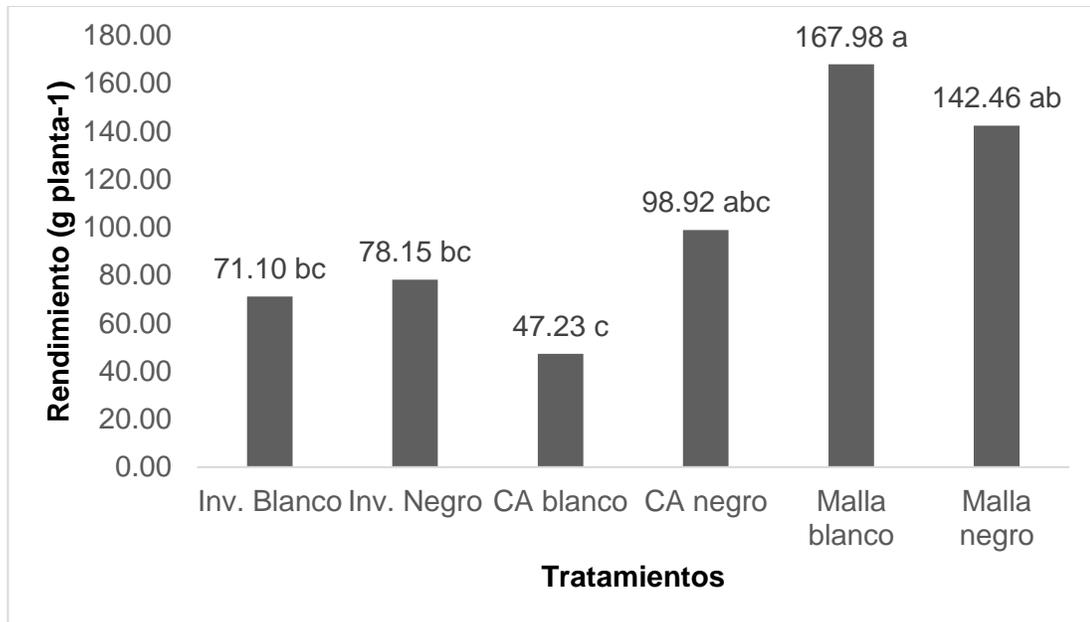


Figura 4 Efecto de tres ambientes con dos colores de acolchado en el rendimiento de frutos en fresa cv. San Andreas.

La fresa se cultiva principalmente en climas templados porque su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 10°C y 26°C, la fresa ha mostrado una respuesta negativa a estrés por altas temperaturas (Ledesma *et al.*, 2008), temperaturas arriba de 30°C reducen el número de frutos y su tamaño (Kadir *et al.*, 2006; Ledesma *et al.*, 2008).

De acuerdo a lo anterior se puede afirmar con los resultados obtenidos que las fluctuaciones entre temperaturas máximas y mínimas (Figura 3) fueron una clara limitante en el rendimiento de las fresas en invernadero

En regiones calientes y soleadas el sobrecalentamiento del aire en el interior de los invernaderos es un problema, ya que dificulta el crecimiento de las plantas si este no cuenta con los adecuados sistemas de enfriamiento (Al-Helal, 2007; Al-Helal & Abdel-Ghany, 2011).

Las mallas sombra tienen específicas ventajas sobre los invernaderos (Castellano *et al.*, 2008) como:

1. Reduciendo la radiación solar, así como la evapotranspiración y protegiendo las plantas de manchas solares.
2. Dispersando la radiación solar difusamente permitiendo que la planta reciba luz desde todos los lados.
3. La posibilidad de retener calor para proteger del frío nocturno.

Lo anterior concuerda con lo obtenido en el experimento ya que los cambios en las propiedades térmicas y de radiación solar del microclima dentro de la malla sombra propiciaron que las plantas tuvieran un mejor desarrollo que en comparación con las plantas en invernadero.

4.3. Sólidos solubles totales

La concentración de SST sufrió incrementos a lo largo del periodo de cultivo, aunque no lo suficiente para generar una diferencia estadística significativa.

En los frutos evaluados a los 80 DDT la concentración más baja de °Brix fue 6.93 la se presentó en el tratamiento de campo abierto con acolchado negro, y la concentración más alta fue de 8.03 y se presentó en la malla sombra con acolchado blanco.

Para la segunda evaluación que se llevó acabo a los 100 DDT se registró un incremento de los °Brix en todos los tratamientos a excepción del tratamiento de invernadero con acolchado negro.

A los 200 DDT se registró la mayor concentración de SST en la malla sombra con acolchado blanco.

Los intervalos de los frutos cosechados durante el periodo de cultivo se encontraron dentro de las recomendaciones de calidad de poscosecha que establecen y como mínimo y 12°Brix como máximo (Roudeillac & Trajkovski, 2004).

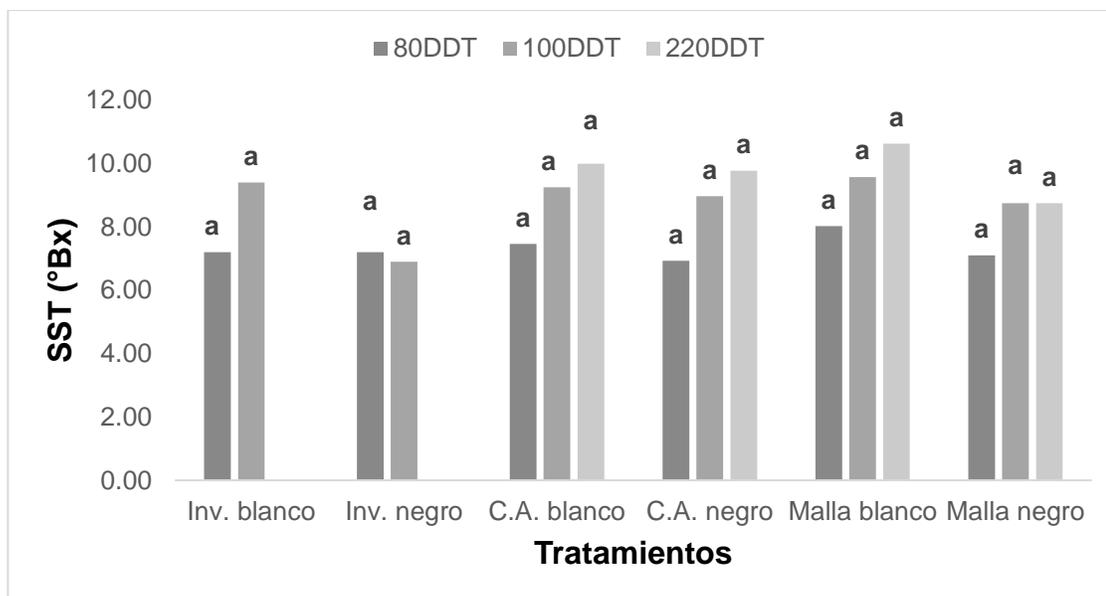


Figura 5 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado en el contenido de Solidos Solubles Totales (°Brix) en frutos de fresa cv. San Andreas.

4.4. Acidez titulable

Los frutos de los diferentes tratamientos evaluados no presentaron diferencia estadística en el porcentaje de acidez titulable durante las 3 fechas evaluadas, aunque si se presentó diferencia numérica en el porcentaje de acidez, en el primer muestreo la mayor concentración se obtuvo en el tratamiento de invernadero con acolchado negro con 0.32% de acidez titulable (AT).

En la segunda cosecha el %AT alcanzo los niveles más altos con 0.47% para los tratamientos de campo abierto con acolchado blanco y malla sombra con acolchado blanco, seguido muy de cerca el tratamiento de campo abierto con acolchado negro con un porcentaje de 0.45.

A los 220 DDT se presentó una disminución en el %AT, donde el valor más alto fue para la malla sombra con 0.22% AT.

El porcentaje de acidez titulable pudo ser influenciado por la fecha de cosecha y características de la variedad (Hakala *et al.*, 2002), en ningún muestreo los tratamientos superaron la concentración máxima para un sabor aceptable de

AT de 0.8% (Mitcham *et al.*, 2002), frutos menos ácidos podrían ser preferidos para su consumo en fresco tanto en el mercado nacional como para exportación (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008).

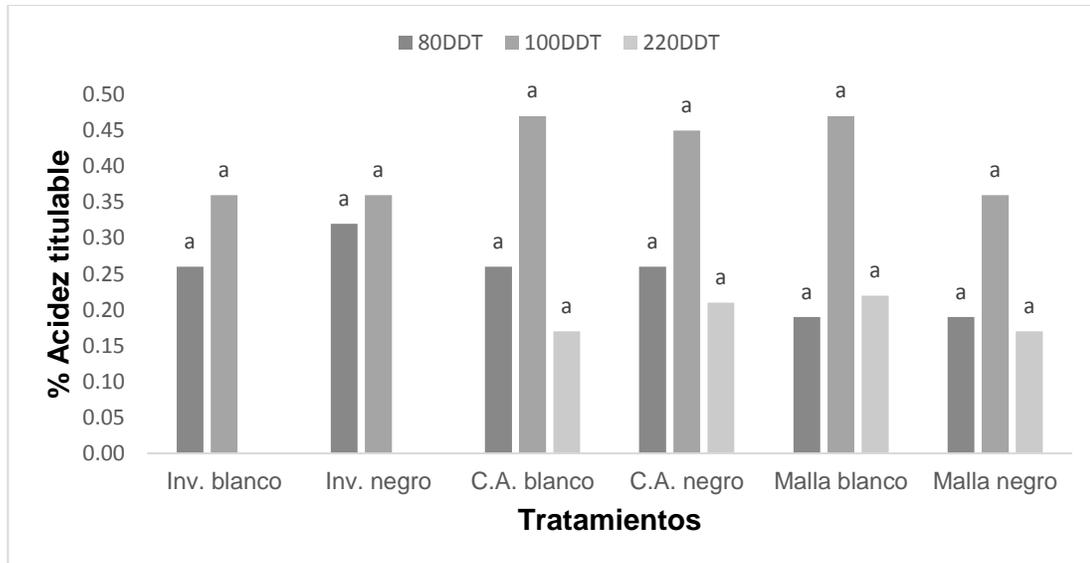


Figura 6 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado en el porcentaje de Acidez titulable en frutos de fresa cv. San Andreas.

4.5. Color

La evaluación del color es un atributo importante para fresas ya que determina las condiciones ideales para la cosecha y el valor de la comercialización de la fruta. Rojo brillante es el color preferido para el fruto, aunque en la mayoría de los casos no contribuye con un aumento real en el valor nutricional o calidad sensorial del producto (Chitarra & Chitarra, 2005).

En cuanto al color de los frutos no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de índice de saturación (Croma), ángulo de matiz ($^{\circ}$ hue) y brillo (L).

Las principales normas de calidad para exportación de fresa solo determinan como un parámetro de calidad más que el fruto tenga una coloración rosa o roja y no especifican el grado de saturación o brillo requerido para establecer las diferentes calidades de fresa para su consumo en fresco (Agricultural Marketing Service, 2006).

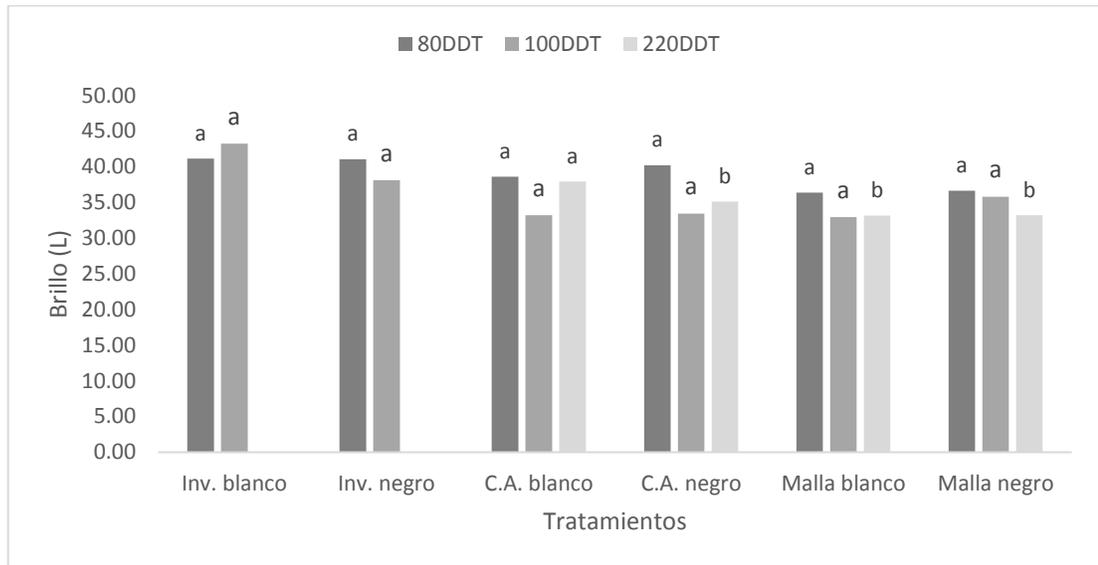


Figura 7 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el brillo (L) en frutos de fresa cv. San Andreas.

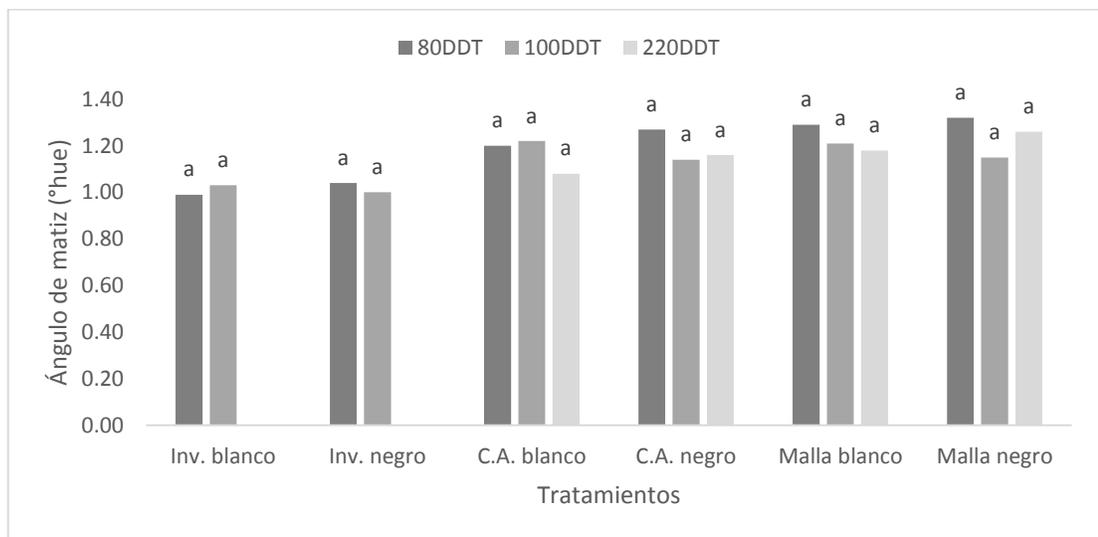


Figura 8 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el ángulo de matiz (°hue) en frutos de fresa cv. San Andreas.

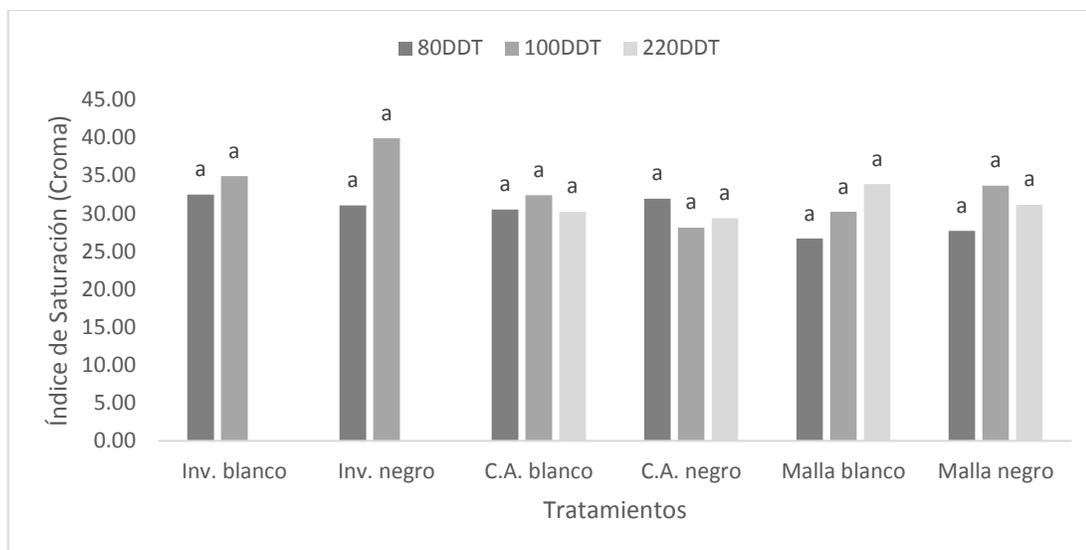


Figura 9 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre el índice de saturación (Croma) en frutos de fresa cv. San Andreas.

4.6. Firmeza

Los factores genéticos tienen una influencia directa en la firmeza de frutas y verduras. Los factores ambientales pueden modificar la expresión de este rasgo, pero la base genética de la planta es el factor principal que controla la firmeza (Sams, 1999).

Los diferentes tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa para la variable de firmeza, sin embargo, presentaron diferencia numérica. Para el tratamiento de invernadero con acolchado negro se presentó el mayor grado de firmeza de todo el experimento, los grados más bajos de firmeza se presentaron en la malla sombra en ambos acolchados.

El hecho de que no se obtuvieran resultados significativos entre tratamientos ni cosechas se pudo deber a que todos los frutos fueron cosechados bajo el mismo criterio, siendo este a $\frac{3}{4}$ de la superficie de la fresa color rosa-rojo (Mitcham *et al.*, 2002).

La firmeza de los frutos está influenciada por las condiciones de desarrollo y variedad cultivada y la época de cosecha (Dunn & Able, 2006; Krüger *et al.*, 2002; Redgwell *et al.*, 1997).

El tamaño de la fruta es otro de los factores que pudo haber influenciado en los resultados obtenidos, ya que esta generalmente relacionado con la firmeza. En fresa (Ourecky y Bourne, 1968) y arándano (Ballinger et al., 1973), las frutas pequeñas son más firmes que las frutas grandes. Esto puede estar relacionado con el hecho de que el tamaño de la fruta está determinado por el tamaño el celular.

Se observa que lo valores de firmeza decrecen durante la temporada de crecimiento, esta variación entre fechas de cosecha también fue reportada por Correira (2011) y Palha *et al.* (2009) para otras variedades de fresa y puede estar relacionado con el aumento de la temperatura ambiental y de la fruta, llevando a una pérdida de firmeza en los frutos (Olías *et al.*, 1995).

Aunque los resultados anteriores no presentan una tendencia general u homogénea, lo que dificulta atribuir ese comportamiento a un factor en específico, la característica de firmeza es una variable de calidad muy valorada ya que frutos que presentan menor firmeza son más susceptibles a daños durante la selección, empaque, transporte y distribución (Mitchell *et al.*, 1996).

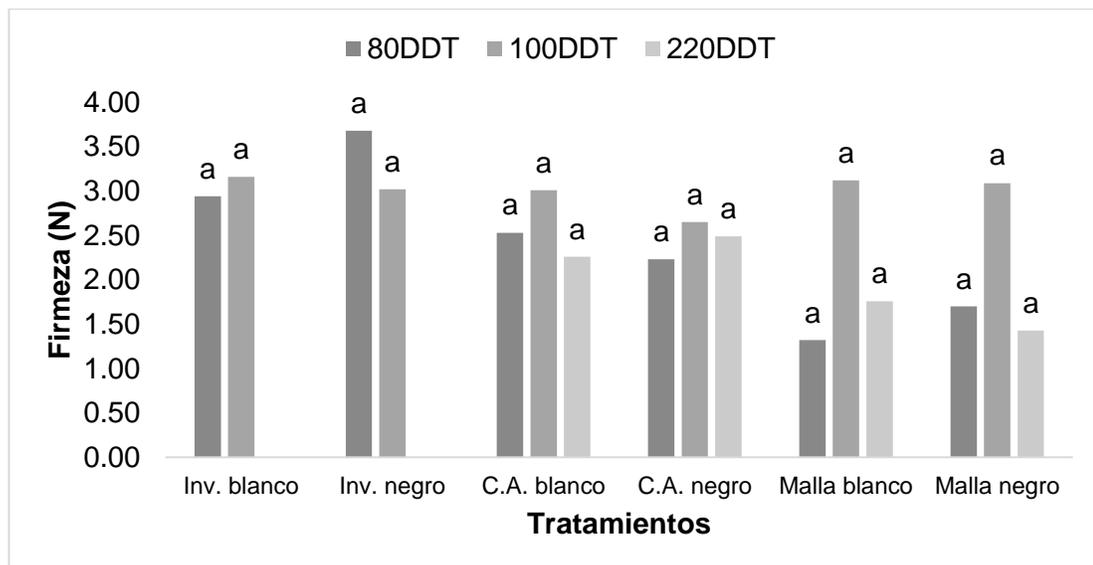


Figura 10 Efecto de tres ambientes diferentes con dos colores de acolchado sobre la firmeza de frutos en fresa cv. San Andreas.

5. CONCLUSIONES

El cambio en los factores ambientales ocasionado por el uso de malla sombra ha resultado en la mejora de las condiciones para el cultivo de fresa obteniendo un incremento en el rendimiento en comparación del invernadero y el campo abierto.

Sin embargo, las variables de calidad poscosecha en frutos de fresa no se mejoraron con los diferentes ambientes.

6. LITERATURA CITADA

- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., & Skrede, G. (2012). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132(1), 86–97.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.037>
- Agricultural Marketing Service, U. (2006). United States Standards for Grades of Strawberries. Retrieved October 25, 2017,
from <https://www.federalregister.gov/documents/2006/01/24/E6-781/united-states-standards-for-grades-of-strawberries>
- Al-Helal, I. M. (2007). Effects of Ventilation Rate on the Environment of a Fan-Pad Evaporatively Cooled, Shaded Greenhouse in Extreme Arid Climates. *Applied Engineering in Agriculture*.
- Al-Helal, I. M., & Abdel-Ghany, A. M. (2011). Measuring and evaluating solar radiative properties of plastic shading nets. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95(2), 677–683.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2010.09.039>
- Alcantara G, M. L. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. Universidad Politécnica de Valencia (España) y de Guanajuato (México). Retrieved from
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6473/tesisUPV3131.pdf>
- Ayesha, R., Fatima, N., Ruqayya, M., Faheem, H., Qureshi, K. M., Hafiz, I. A., ... Kamal, A. (2011). Influence of different growth media on the fruit quality and reproductive growth parameters of strawberry (*Fragaria ananassa*). *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(26), 6224–6232.
<https://doi.org/10.5897/JMPR11.1059>
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J. L., Villettaz, J.-C., & Amadò, R. (2003).

- Quality Assessment of Strawberries (*Fragaria* Species). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 715–721.
<https://doi.org/10.1021/jf0200467>
- Ballinger, W.E., Kushman, L.J, and. Hamann, D.D., 1973. Factors affecting the firmness of highbush blueberries. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 98, 583–587.
- Barrera, G., & Sánchez, C. (2003). Programa Nacional Estratégico de Necesidades de Investigación y de Transferencia de Tecnología. Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustria nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. Fundación PRODUCE Michoacán. Retrieved from
<http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit26.pdf>
- Bianchi, P. G. (1999). *Guía completa del cultivo de fresa*. España: Editorial de Vecchi.
- Bodelón, O. G., Blanch, M., Sanchez, M. T., Escribano, M. I., & Merodio, C. (2010). The effects of high CO₂ levels on anthocyanin composition, antioxidant activity and soluble sugar content of strawberries stored at low non-freezing temperature. *Food Chemistry*, 122(3), 673–678.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.029>
- Bonet, J. (2010). *Tesis doctoral: Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en fragaria diploide para la mejora del cultivo de fresa*. Universidad Autónoma de Barcelona. Retrieved from
https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2010/hdl_10803_42009/jbg1de1.pdf
- Carmona, R. A. (2009). Fresa. Retrieved from
<https://www.cropscience.bayer.co>
- Castellano, S., Scarascia, G., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S., & Waaijenberg, D. (2008). Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications. *Applied Engineering in Agriculture*.
- Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e

manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

Clavijo, R., Castillo, A. B., Llauger Riverón, R. E., Dopazo, A. R., Armanteros, E. F., Eugenia, M., ... Rubial, M. R. (2010). Apuntes sobre el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista CitriFrut*, 27(2). Retrieved from http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus_2_2010/RCA10_27_2_2010.pdf

CONAFRE. (2011). Sistema Producto Fresa. Plan Rector Nacional 2012. Retrieved from http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNPS_FRESA/PLAN_RECTOR_QUE_CONTIENE_PROGRAMA_DE_TRABAJO_2012/PR_CNPS_FRESA_2012.pdf

CONAFRE. (2012). SISTEMA PRODUCTO FRESA. Retrieved from http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNPS_FRESA/PLAN_RECTOR_QUE_CONTIENE_PROGRAMA_DE_TRABAJO_2012/PR_CNPS_FRESA_2012.pdf

Correia, P. J., Pestana, M., Martinez, F., Ribeiro, E., Gama, F., Saavedra, T., & Palencia, P. (2011). Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Scientia horticultrae*, 130(2), 398-403.

Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura substrates in horticulture. *Revista Biociencias*, 2(2), 17–26. Retrieved from <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf>

da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107(4), 1629–1635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038>

Davalos, P. A., Aguilar, R., Jofre, A. estela, Hernández, A. R., & Vázquez, M. N. (2011). Tecnología para sembrar viveros de fresa. Retrieved from <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3593?show=fu>

- Díaz, T. (2001). *Los filmes plásticos en la producción agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa. Retrieved from <https://mx.casadellibro.com/libro-los-filmes-plasticos-en-la-produccion-agricola/9788484760047/796152>
- Domínguez, P. (2012). *TESIS DOCTORAL. Evaluación agronómica de selecciones avanzadas del Programa Nacional de Mejora Genética de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.), en diferentes sistemas de cultivo y valoración de parámetros de calidad del fruto*. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Retrieved from <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/8275/2012000000639.pdf?seq>
- Dunn, J. L., & Able, A. J. (2006). Pre-harvest calcium effects on sensory quality and calcium mobility in strawberry fruit. *Acta Horticulturae*, 708, 307–312.
- FAOSTAT. (2014). FAOSTAT. Retrieved May 8, 2017, from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Fischer, G. (2011). La relación hoja/fruto en especies frutícolas. Memorias IV Congreso Colombiano de Horticultura: Aportes de la Investigación al Desarrollo de la Horticultura Colombiana en el Siglo XXI.
- Flores, E. A. (2008). Comportamiento fisiológico, rendimiento y calida de fruto de fresa cultivada en el modelo de produccion intensivo Raices-150. Colegio de postgraduados. Retrieved from http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1344/Flores_Martinez_EA_MC_Fisiologia_Vegetal_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=
- González, M. A. (2012). *Bacillus subtilis como promotora del rendimiento y calidad de fresa*. Instituto politecnico nacional , centro de interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad michoacan. Retrieved from [http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12272/GONZÁLEZ_URÍAS_MARÍA_ALEJANDRA - B101506.pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12272/GONZÁLEZ_URÍAS_MARÍA_ALEJANDRA_-_B101506.pdf?sequence=1)

- Hakala, M., Tahvonen, R., Huopalahti, R., & Lapveteläinen, A. (2002). QUALITY FACTORS OF FINNISH STRAWBERRIES. In *Acta Horticulturae* (pp. 727–730). International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
- Hancock, J. F. (1999). *Strawberries: Crop Production Science in Horticulture* (Vol. 19). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00100-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00100-9)
- Handley, D. T. (2003). The strawberry plant: what you should know. In *The New England fruit and vegetable conference*. Retrieved from http://www.newenglandvfc.org/2003_conference/proceedings_03/strawberry2/strawberry_plant_what_you_should_know.pdf
- Hannum, S. M. (2004). Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 44(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408690490263756>
- Hernández, A. S. (2006). Evaluación de la actividad enzimática peroxidasa y polifenoloxida en dos variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* var. Chandler y Sweet Charlie) durante estrés por bajas temperaturas. Retrieved from <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis78.pdf>
- Juárez López, P., Bugarín Montoya, R., Castro Brindis, R., Ana Luisa Sánchez-Monteón, M., Elia Cruz-Crespo, D., Cecilia Rocío Juárez Rosete, D., ... Balois Morales, R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente Año*, 3(8). Retrieved from <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>
- Kadir, S., Sidhu, G., & Al-Khatib, K. (2006). Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. *HortScience*, 41, 1423–1430.
- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., & Başer, K. H. C. (2007). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100(3), 1229–1236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.005>

- Kasperbauer, M. J. (2000). Strawberry Yield over Red versus Black Plastic Mulch
Mention of a trademark or product does not constitute a guarantee or warranty of the product by the USDA and does not imply its approval to the exclusion of other products or vendors that may also be su. *Crop Science*, 40, 171–174. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401171x>
- Krüger, E., Schmidt, G., & Rasim, S. (2002). Effect of irrigation on yield, fruit size and firmness Of strawberry cv. Elsanta. *Acta Horticulturae*, (567), 471–474. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.99>
- Larson, D. K. (2000). Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en México. In J. Z. Castellanos, F. Guerra, & O. Hart (Eds.), *Memoria del simposio internacional de fresa*. Zamora, Michoacan, Mexico.
- Ledesma, N. A., Nakata, M., & Sugiyama, N. (2008). Effect of high teperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. Nyoho and Toyonoka. *Scientia Horticulturae*, 116, 186–193.
- Legard, D. (2010). Development and Evaluation of a Raised Bed Trough Production System to Produce Strawberry Fruit Without the Need for Fumigants. *Adv. Strawberry Production Proc. Fla. State Hort. Soc.* ASHS Press. Retrieved from http://www.cdpr.ca.gov/docs/pestmgmt/strawberry/proj_summary.pdf
- López-Medina, J; Medina, J. J., & Palencia, P. (2005). Uso de plásticos agrícolas en el cultivo de la fresa en Huelva (España). *Plasticulture*, N° 124, 22–37.
- Marchena, X. F. (2010). Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. *Revista CitriFrut*, 27(3005), 72–74. Retrieved from http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus_2_2010/RCA11_27_2_2010.pdf
- Martinez-Bolaños, M., Nieto-Angel, D., Teliz-Ortiz, D., Rodriguez-Alcazar, J., Martinez-Damian, M. T., Vaquera-Huerta, H., & Carrillo Mendoza, O. (2008). Comparacion cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares

- mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14, 113–119. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200003&nrm=iso
- Mitcham, E. J., Crisosto, C. H., & Kader, A. A. (2002). Fruit Spanish - Postharvest Technology Center - UC Davis. Retrieved May 16, 2017, from http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_Spanish/?uid=18&ds=802
- Mitchell, F. G., Mitcham, E., Thompson, J. F., & Welch, N. (1996). *Handling strawberries for fresh market*. Oakland, CA.: Division of Agricultural Sciences, University of California.
- Morgan, L. (2002). Produccion intensiva de fresa. *Productores de Hortalizas*.
- Ojeda, R., L. A., Cárdenas N., R., Lobit., P., Grageda C., O., Valencia C., E., & L. Macías R. (1994). Efecto de la nutrición nítrica y el sistema de riego en el sabor de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14(1), 61–70. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100009
- Olías, J.M., Sanz, C., Pérez, A.G., 1995. Acondicionamiento post-recolección del fresón de Huelva para consumo en fresco. Caja Rural de Huelva. 47 pp.
- Ourecky, D.K., Bourne, M.C., 1968. Measurement of strawberry texture with an Instron Machine. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 93, 317–325.
- Palha, M.G., Campo, J.L., Reis, L., Curado, T., Sousa, M.B., Andrade, C.S., 2009. Solarization and chemical preplanting soil disinfections effects on strawberry production. *Acta Hort.* 842, 949–952.
- Ragaert, P., Verbeke, W., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference*, 15(3), 259–270.

[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00066-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00066-1)

Redgwell, R. J., MacRae, E., Hallett, I., Fischer, M., Perry, J., & Harker, R. (1997). In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta*, 203(2), 162–173. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/23385027>

Resh, H. (2001). *Cultivos hidropónicos* (Quinta edición). Madrid.

Rodrigo, D., van Loey, A., & Hendrickx, M. (2007). Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 79(2), 553–560.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.015>

Rodríguez, G. S., Hernández, D. L., Flores, I. C., Escobedo, H., Quintero, A., Santana, V., & Rodríguez, S. M. (2009). Cascarrilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico. *Tecnociencia Chihuahua*, 160–165.

Roudeillac, P., & Trajkovski, K. (2004). Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Horticulturae*, (649), 55–60.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.649.7>

SAGARPA. (2017). Aumentan exportaciones de fresa “Hecho en México” 21.2 por ciento | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación | Gobierno | gob.mx. Retrieved May 8, 2017, from <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/aumentan-exportaciones-de-fresa-hecho-en-mexico-21-2-por-ciento>

Sams, C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 249-254.

Sharma, G., Thakur, M. S., & Parmar, Y. S. (2008). Evaluation of different strawberry cultivars for yield and quality characters in Himachal Pradesh.

Simirgiotis, M. J., & Schmeda-Hirschmann, G. (2010). Determination of phenolic composition and antioxidant activity in fruits, rhizomes and leaves of the white strawberry (*Fragaria chiloensis* spp. *chiloensis* form *chiloensis*) using HPLC-

- DAD–ESI-MS and free radical quenching techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 545–553.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.020>
- Sturm, K., Koron, D., & Stampar, F. (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83(3), 417–422. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00124-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00124-9)
- Tarara, J. M. (2000). Microclimate Modification with Plastic Mulch. 169 *HORTSCIENCE*, 35(2). Retrieved from <http://hortsci.ashspublications.org/content/35/2/169.full.pdf>
- Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Busco, F., Bompadre, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2011). Strawberry consumption improves plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidative haemolysis in humans. *Food Chemistry*, 128(1), 180–186.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.025>
- Urrutia, S. G., & Buzeta, A. (1986). Capítulo 3:Descripción de Especies y Requerimientos de los Cultivos. In *Mercado y cultivo de Berries* (p. 25). Santiago de Chile: Departamento Agroindustrial. Fundación Chile.
- Wang, D., Gartung, J., Vaughan, P., Ayars, J., Garik, J., Gabriel, M. Z., & Gonzales, M. (2010). *Design of a field raised-bed trough system using soilless substrates for strawberry production in California*. California.
- Wang, S. Y., & Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10691606>
- Zhang, J., Wang, X., Yu, O., Tang, J., Gu, X., Wan, X., & Fang, C. (2011). Metabolic profiling of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) during fruit development and maturation. *Journal of Experimental Botany*, 62(3), 1103–1118. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq343>