

**Calidad físicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo**

**Physicochemical and sensory quality of strawberries fruits obtained in two cultivation systems**

**Alvarado-Cepeda, Y.A.<sup>a</sup>, Mendoza-Villarreal, R.<sup>a</sup>, Sandoval-Rangel, A.<sup>a</sup>, Vega-Chávez J.L.<sup>b\*</sup>, Franco-Gaytán, I.<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro #1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel: 8444110303.

<sup>b</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Domicilio conocido S/N. Col. El Saucillo, Huichapan, Hidalgo. CP. 42411. Tel: 7617248080.

<sup>c</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdés #1200. Matamoros, Coahuila. C.P. 27440. Tel: 8000882222 ext. 82409

\*Autor para correspondencia: [vegach@live.com.mx](mailto:vegach@live.com.mx); [rosalindamendoza@hotmail.com](mailto:rosalindamendoza@hotmail.com); [vegach@live.com.mx](mailto:vegach@live.com.mx); [asandovalr16@gmail.com](mailto:asandovalr16@gmail.com); [ivanfrancogaytan@gmail.com](mailto:ivanfrancogaytan@gmail.com)

**Innovación tecnológica:** El uso de sistemas protegidos para producción de fresa con malla sombra y acolchado negro en la región de Saltillo, Coahuila.

**Área de aplicación industrial:** Producir frutos de calidad de exportación en la región norte del país.

Enviado: 02 noviembre 2019.

Aceptado: 11 febrero 2020.

### Abstract

Strawberry quality is affected by climatic changes and production system conditions, these characteristics have an impact on commercial quality. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of different production systems on the physicochemical and sensory quality of strawberry fruits, considering each system as a treatment: 1) Open field – white mulch (CAB), 2) Open field – black mulch (CAN), 3) Shadow mesh – white mulch (MAB), 4) Shadow mesh – black mulch (MAN). The evaluations were carried out at 225 days after transplantation (DDT) using five fruits (repetitions) per treatment evaluating the color, firmness, total soluble solids (SST), titratable acidity as physicochemical quality and sensory evaluation of strawberries considering their smell, sweetness, acidity, texture and overall appearance using a hedonic 9-point test, conducted by 25 untrained judges; the data was analyzed in a completely randomized experimental design, the means comparison tests were evaluated with the Fisher LSD test ( $p \leq 0.05$ ). The systems with shade

mesh and black padding presented the firmer fruits (2.43N), and intense red color ( $^{\circ}\text{h} = 2.25$ ) opaque ( $\text{C} = 33.81$ ), while the white padded one presented the strawberries with higher values of solids Total soluble (10.82 °Brix). There were significant differences between the general appearance of the MAN (7.20) with respect to the MAB (6.16) as well as the smell in the MAN (7.28) with respect to the CAB (6.44), the global acceptance was greater than six in all treatments, which indicates a good sensory evaluation and acceptance by consumers. The use of shade mesh and black quilting is recommended for strawberry development by producers as it preserves the physicochemical quality attributes of the fruits.

**Keywords:** Strawberry, (*Fragaria ananassa*), physicochemical, quality, production, environmental conditions.

## Resumen

La calidad de la fresa se ve afectada por los cambios climáticos y las condiciones del sistema de producción, estas características tienen un impacto en la calidad comercial. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de producción en la calidad fisicoquímica y sensorial de los frutos de fresa, considerando cada sistema como un tratamiento: 1) Campo abierto-acolchado blanco (CAB), 2) Campo abierto-acolchado negro (CAN), 3) Malla sombra-acolchado blanco (MAB), 4) Malla sombra-acolchado negro (MAN). Las evaluaciones se realizaron a los 225 días después de trasplante (DDT) utilizando cinco frutos (repeticiones) por tratamiento evaluando el color, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable como calidad fisicoquímica y evaluación sensorial de las fresas considerando su olor, dulzura, acidez, textura y apariencia global utilizando una prueba hedónica de 9 puntos, llevada a cabo por 25 jueces no entrenados; los datos se analizaron en un diseño experimental completamente al azar, las pruebas de comparación de medias se evaluaron con la prueba Fisher LSD ( $p \leq 0.05$ ). Los sistemas con malla sombra y acolchado negro presentó los frutos más firmes (2.43N), y color rojo intenso ( $^{\circ}\text{h}= 2.25$ ) opaco ( $\text{C}=33.81$ ), mientras que el de acolchado blanco presentó las fresas con valores más altos de sólidos solubles totales (10.82 °Brix). Hubo diferencias significativas entre la apariencia general del MAN (7.20) con respecto al MAB (6.16) así como el olor en el MAN (7.28) con respecto al CAB (6.44), la aceptación global fue mayor que seis en todos los tratamientos, lo que indica una buena evaluación sensorial y aceptación por parte de los consumidores. Se recomienda el uso de Malla sombra y acolchado negro para el desarrollo de la fresa por parte de los productores ya que conserva los atributos de calidad fisicoquímica de los frutos.

**Palabras clave:** Fresa, (*Fragaria ananassa*), físico-química, calidad, producción, condiciones ambientales.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante 2017 en México se cosecharon 658,436 toneladas de fresa, sembradas en 13,858 hectáreas, ubicándolo como el tercer productor mundial de fresa, después de China y Estados Unidos de América. Durante el período de 2015 a 2017, México tuvo un incremento en su producción siendo éste de

379,464 a 658,436 toneladas (FAO, 2019). Según Thakur *et al* (2015), a nivel mundial la fresa ocupa un lugar importante, es principalmente conocida por su color atractivo, alto valor nutritivo, aroma y excelente rentabilidad. La producción de fresa ha tenido gran importancia en el mercado hortofrutícola, por ser un cultivo que

suele diferenciarse y tratarse por separado del resto de frutas, en parte debido a su producción y el tipo de cultivo necesario (Barba, 2015).

El desarrollo del fruto puede verse afectado significativamente por factores ambientales como la temperatura y humedad relativa, perjudicando los procesos metabólicos tales como la fotosíntesis, respiración y transpiración, los cuales modifican la calidad externa e interna del fruto y como consecuencia su vida de anaquel. Ante el cambio climático y el impacto que este ha tenido en la agricultura y en la producción de alimentos, se han propuesto alternativas como la agricultura protegida con el fin de disminuir los efectos antes mencionados y mantener el rendimiento de los cultivos (Ladaniya 2008).

Los carbohidratos que son acumulados en los frutos como almidón, sacarosa o monosacáridos, ácidos orgánicos, color, textura y contenido de antioxidantes en los frutos de fresa se ven afectados por los cambios climáticos y dependen en gran medida de los factores ambientales en los que se desarrolle (Fischer *et al.* 2016; Pallardy, 2010), así mismo la vida postcosecha de los frutos, es dependiente de la cantidad de carbohidratos acumulados en su desarrollo (Lechaudel y Joas, 2007). (Fischer *et al.* 2016 y Parra-Coronado *et al.* 2015) mencionan que temperaturas elevadas por alta radiación es uno de los factores que más repercuten la calidad de los frutos, encontrando frutos blandos.

El uso de acolchado es otra alternativa para disminuir los procesos metabólicos en los frutos ante factores ambientales, sin embargo, se ha puesto poca atención sobre los cambios que ocurren sobre la calidad postcosecha de frutas y hortalizas (Moretti *et al.*, 2010). De acuerdo con Loughrin *et al.*, (2012) mencionan que la calidad de luz que incide

sobre las plantas de fresa afecta directamente la composición química de los frutos, debido a que la radiación reflejada por acolchados de color tiene un efecto en el sistema de fitocromos induciendo a la modificación de genes responsables de la expresión de compuestos químicos presentes en los frutos de fresa. Evaluaron dos colores de acolchado encontrando que las fresas cosechadas de plantas con acolchado rojo durante períodos soleados, tuvieron mayor concentración de compuestos aromáticos en comparación de las plantas sobre acolchado negro en fresas cultivar Sweet Charlie.

Kasperbauer *et al.*, (2001) encontraron que el acolchado blanco a campo abierto en plantas de fresas presentó frutos con un contenido de SST mayor al de los frutos de plantas colocadas en acolchado rojo y plantas sin cobertura, estos autores proponen que la porción de luz que se refleja del acolchado hacia los frutos en ese rango del espectro sería el responsable del incremento en el contenido de azúcares en los frutos, debido a un aumento en la actividad de la enzima sacarosa-fosfato sintetasa.

La protección con malla sombra se requiere en las regiones semiáridas para producir una alta calidad del fruto, evitando quemaduras de sol y ahorrando agua. Algunos estudios realizados en Israel, compararon la malla sombra negra tradicional contra mallas rojas, azules, amarillas y perlas, reportaron un incremento significativo en la productividad, resaltando que el número de frutos producidos por planta y rendimiento en toda la temporada de cultivo fue 30 a 40 % superior y de 20 a 30 % superior bajo las mallas respectivamente (Shahak, 2008).

Se ha demostrado que el uso de mallas sombras afectan la calidad externa e interna de frutos, específicamente en frutos de tomate, se ha reportado que el nivel de azúcares transportados hacia los frutos

depende de la tasa fotosintética, la cual está en función de la calidad de luz y temperatura del ambiente protegido, lo cual se deriva del efecto de la intensidad luminosa en el contenido de fenoles de los tomates, y en la inducción a la acumulación de azúcares (García, 2017). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad fisicoquímica y sensoriales de fresas frescas cultivadas bajo malla sombra y campo abierto.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en Saltillo, Coahuila, México en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN), ubicada entre las coordenadas geográficas 25° 22' 41" de latitud norte y 101° 02' 25" longitud oeste, a una altitud de 1742 msnm, lugar con clima semiárido cálido según la clasificación de Köppen- Geiger(BSh).

### Establecimiento de las plantas de fresa

Se utilizaron plantas de la variedad San Andreas, obtenidas por medio de estolones de plantas adultas, de 20 días de enraizado el estolón. Las plantas se establecieron bajo dos sistemas de cultivo: campo abierto y malla sombra (Negra. 30 % de sombreo), y a su vez en cada ambiente se estableció un sistema de camas elevadas conocido como RaBeT (Raise-bed trough) (Wang, 2010), el sistema RaBeT se construyó con camas de suelo de 1.45 x .70m con dos canaletas de .20m x .20m, a .70m de distancia entre camas, tal como se muestra en la Figura 1, las cuales se forraron con plástico de polietileno y se instaló una canaleta como drenaje, se llenaron 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; estableciendo cada cama a doble hilera, a 30 cm de distancia entre planta, teniendo un total de 8 plantas por cama. El trasplante se realizó el 13 de septiembre de 2015.

### Manejo de la plantación y Cosecha de la fresa

Al inicio del experimento se humedeció el sustrato a capacidad de campo y posteriormente los riegos se suministraron tres veces al día, a las 8:00, 12:00 y 18:00 con intervalos de 5 minutos por riego, para los cuales se utilizó una solución Steiner (1961) a diferente concentración dependiendo de la etapa fenológica del cultivo. Se tomó registro de las temperaturas de los ambientes durante el ciclo de cultivo para obtener máximas y mínimas promedio de cada ambiente, el registro se muestra en la (Tabla 1). Durante la etapa de producción se evaluaron los frutos a los 225 Días Despues de Trasplante (DDT), realizando la cosecha a las 7:00h en el nivel 5 de coloración rojiza de acuerdo a la NMX-FF-062-SCFI-2002, recolectando frutos limpios y sin defectos de cada tratamiento.

### Tratamientos

Los tratamientos fueron los diferentes entornos de producción quedando de la siguiente manera: 1) Campo abierto-acolchado blanco, 2) Campo abierto-acolchado negro, 3) Malla sombra-acolchado blanco, 4) Malla sombra-acolchado negro.

### Variables

**Color externo** de los frutos se midió en 5 frutos por tratamiento, realizando la lectura en la zona media ecuatorial de dos lados opuestos de los frutos con un colorímetro Konica Minolta modelo CR-400 (Sensing Americas), registrando los parámetros L\*a\* y b\*, con los cuales se calcularon el ángulo de

tono [ $^{\circ}h = \text{atan}(b^*/a^*)$ ] y el índice de saturación (Chroma (C)=[(a<sub>2</sub> +b<sub>2</sub>)  $\frac{1}{2}$ ], Chroma indica la intensidad y pureza del color y  $^{\circ}\text{Hue}$  constituye el ángulo que ubica el color en el espectro visible (McGuire, 1992).

**Sólidos Solubles Totales (SST)**, se determinó mediante la metodología de la AOAC 932.12 (1990), colocando unas gotas de jugo de cada fruto en el refractómetro, reportando los valores como  $^{\circ}\text{Brix}$  utilizando un refractómetro digital Atago modelo Pal-1.

**Acidez titulable (AT)** se determinó con base al contenido de ácido cítrico (%) según el método volumétrico de la AOAC 935.57 (1990), en una muestra de 5 frutos por tratamiento, de manera individual se pesaron 20g de pulpa, homogeneizando con 100 mL de agua destilada, posteriormente la mezcla se filtró y se tomó una alícuota de 5 mL, la cual se tituló con NaOH 0.1N, utilizando como indicador 2 gotas de fenolftaleína en solución alcohólica al 1 %, expresando el resultado como % de ácido cítrico.

**Firmeza** de la pulpa se determinó en una muestra de 5 frutos por tratamiento, de manera individual en los lados opuestos del diámetro medio, utilizando un texturómetro EXTECH® Fruit Hardness tester modelo FTH200 con puntal cónico de 2 mm, reportando los datos obtenidos en Newton (N).

**Evaluación sensorial** se llevó a cabo por medio de una prueba hedónica de 9 puntos realizada por 25 jueces no entrenados, todos ellos estudiantes de la UAAAN. En la evaluación se determinaron 6 atributos: apariencia global, olor, dulzor, acidez, textura y aceptación global, en los cuales se usaron

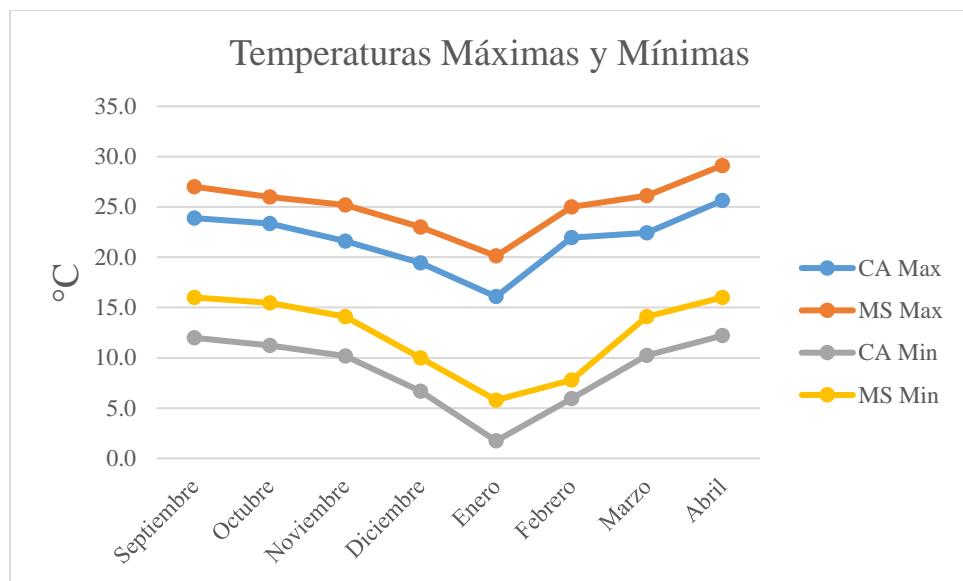
los sentidos, de acuerdo con la metodología de Jones *et al.* (1955) y Peryam *et al.* (1957). A cada juez se le brindaron doce frutos, tres de cada tratamiento, en charolas extendidas de unicel y colocados de manera aleatoria, con números de tres cifras al azar correspondientes a los tratamientos y se procedió a la evaluación sensorial, solicitando que indicaran cuánto les gustaba utilizando una escala hedónica estructurada de 9 puntos con los extremos “extremadamente desagradable” (1) y “extremadamente agradable” (9).

### Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de LSD Fischer ( $p \leq 0.05$ ), utilizando 5 frutos por tratamiento para el análisis físico químico y para el análisis sensorial se utilizaron 3 frutos por juez (25 jueces) en el programa InfoStat, 2015.



**Figura 1.** Sistema de camas elevadas RaBeT (Raise-bed trough) de 1.45 x .70m con dos canaletas de .20m x .20m, a .70m de distancia entre camas para plantas de fresa “San Andreas” en Saltillo, Coahuila.



**Figura 2.** Registros de temperaturas máximas y mínimas promedios mensuales presentadas en los sistemas de producción durante el período de cultivo de fresa. Campo abierto temperatura máxima (CA Max), Campo abierto temperatura mínima (CA Min), Malla sombra temperatura máxima (MS Max), Malla sombra temperatura mínima (MS Min).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Color de fruto

Los sistemas de producción presentaron diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ), siendo los de campo abierto los que presentaron frutos de fresa más brillantes (L) con 37.96 y 35.13 para CAB y CAN respectivamente, mientras que la utilización de malla sombra generó un color rojo más intenso en los frutos con acolchado negro ( $\text{Ch} = 1.25$ ) y un color rojo más opaco en los frutos con acolchado blanco de acuerdo al índice de saturación reportado ( $C=33.81$ ) (Tabla 1).

Entre los principales atributos a considerar para determinar la calidad de la fresa además de la firmeza, sabor, apariencia. El color del fruto es uno de los más relevantes, debido a que este variable sirve para determinar el grado de madurez e índice de cosecha de los mismos (Martínez *et al.* 2008). El color es una variable sensible a la radiación solar, pudiéndose incrementar o disminuir con la intensidad de la misma (Agüero *et al.* 2015),

como sucedió con las fresas que estuvieron bajo el sistema a campo abierto. La intensidad del color rojo de los frutos se ve afectada por cambios en la síntesis y degradación de antocianinas o por modificaciones en el tipo de antocianinas debido a cambios externos que afectan su metabolismo (Pelayo *et al.* 2003, Bodelón *et al.* 2010, Franco-Gaytán *et al.*, 2018), en el estudio la intensidad de radiación solar tuvo un efecto en la intensidad (ángulo de tono °hue) y opacidad (índice de saturación Chroma) del color rojo de las fresas, siendo más evidente en los frutos que estuvieron con el sistema de malla sombra con ambos acolchados.

Diversas investigaciones confirman los resultados obtenidos Voca *et al.* (2009) encontraron los mayores valores de luminosidad (L) e índice de saturación (C) durante el período de maduración de la fresa cv. Diamante en los días largos con mayores temperaturas, mientras que Krüger *et al.* (2012) señalaron que el incremento de las temperaturas día/noche tiene un efecto en el color del fruto.

## Firmeza del fruto

En general los sistemas con malla sombra aplicados presentaron los valores más altos de firmeza en los frutos, el análisis estadístico indica que además al utilizar el acolchado negro (MAN) los fresas alcanzaron hasta 2.43 N (Tabla 1), lo que representa hasta 42 % y 26 % de mayor firmeza con respecto a los frutos de los sistemas CAN Y CAB respectivamente. Cuando aumenta la temperatura por la alta radiación los frutos son más blandos, pudiéndose presentar la precipitación de las pectinas y disminución de la adhesión célula a célula a nivel de la lámina media de la pared celular (Harker *et al.* 2000., Parra-Coronado *et al.* 2015., Fischer *et al.* 2016) por tanto, el uso de sistemas con malla disminuye la radiación solar evitando afectar esta característica de calidad y mantiene los

rangos de temperatura en los meses de cosecha (enero a marzo) entre 9 °C a 23 °C en promedio (Figura 2), valores promedio muy cercanos a la temperatura ideal de fructificación de 15 °C a 20 °C en donde los frutos desarrollan sus características de calidad (Márquez. 2008).

Se ha mencionado que las condiciones en las que se desarrolla el cultivo como son la temperatura ambiente y radiación solar, entre otras, influyen en el crecimiento y desarrollo de la fresa (Dióssy, 2008., Moretti *et al.* 2010), por lo que lograr mejorar esas condiciones con el uso de sistemas con malla sombra y acolchado negro, tiene un efecto positivo al mantener la calidad física de la fresa, confiriéndoles una mejor resistencia durante la manipulación del fruto durante su cosecha y manejo postcosecha (Franco-Gaytán, *et al.* 2018).

**Tabla 1.** Características físico químicas de Fresa “San Andreas” cultivadas bajo diferentes sistemas de producción.

Tratamiento	AT %	FIRMEZA	L	°h	C
CAB	3.94a	1.81cd	37.96a	1.08c	29.97b
CAN	4.02a	1.39d	35.13b	1.16b	29.68b
MAB	3.26a	2.28ab	33.24c	1.18b	33.81a
MAN	3.58a	2.43a	33.46c	1.25a	31.08ab
cv (%)	24.71	16.31	1.81	2.27	6.85

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (LSD Fisher  $p \leq 0.05$ ). Campo abierto acolchado blanco (CAB), Campo abierto colchado negro (CAN), Malla sombra acolchado blanco (MAB), Malla sombra acolchado negro (MAN), Acidez titulable (AT), Luminosidad o brillo (L), Ángulo de tono (°h), Índice de saturación (C).

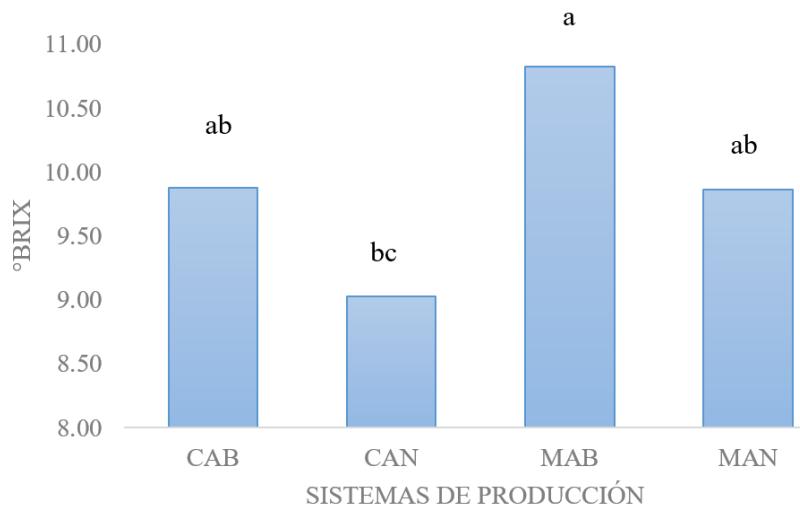
## Sólidos Solubles Totales

Los sistemas de producción presentaron diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los sólidos solubles totales de los frutos, siendo la malla sombra con acolchado negro la que alcanzó el valor más alto con 10.82 °Brix, sobresaliendo en más del 10 % en el dulzor del fruto con respecto a los demás sistemas evaluados (Figura 3).

La implementación del sistema con malla sombra tiene un efecto en la calidad química de la fresa, debido a que el nivel de azúcares transportados hacia los frutos depende de la tasa fotosintética, la cual a su vez depende de la calidad de luz y temperatura que haya dentro del ambiente protegido (García, 2017). La calidad de luz que incide sobre las plantas de fresa afecta directamente la composición química de los frutos, dependiendo de los rangos de radiación que se refleje por los

acolchados, es capturada por los pigmentos fotorreceptores o fitocromos, los cuales desencadenan una serie de alteraciones bioquímicas en los frutos que permiten la

acumulación de azúcares debido a un aumento en la actividad de la enzima sacarosa-fosfato sintetasa (Casierra-Posada *et al.* 2011).



**Figura 3.** Resultados del análisis de varianza para la variable sólidos Solubles Totales. Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (LSD Fisher  $p \leq 0.05$ ). Campo abierto acolchado blanco (CAB), Campo abierto colchado negro (CAN), Malla sombra acolchado blanco (MAB), Malla sombra acolchado negro (MAN).

### Acidez Titulable

Ningún sistema de producción tuvo un efecto significativo sobre la acidez titulable del fruto al momento de las evaluaciones, esto se debe a que la fresa es un fruto no climaterio, por tanto, los cambios bioquímicos que se desarrollan se presentan durante su madurez fisiológica, a partir de que el fruto de fresa se torna color blanco y hasta el momento de la cosecha, los azúcares se incrementan con rapidez y la acidez se reduce (Avigdori. 1986., Franco-Gaytán *et al.* 2018), esto puede explicar por qué no se encontró algún cambio importante. De acuerdo con Lado *et al.* (2012) el momento de cosecha durante el ciclo de cultivo determina modificaciones en la calidad interna y externa de los frutos, siendo la firmeza, el color interno, los sólidos solubles y la acidez las variables más afectadas por las condiciones de cosecha. Al respecto, Cordenunsi *et al.* (2005) mencionaron que uno de los factores que

influye en el contenido de los sólidos solubles y el pH de frutos de fresa es la temperatura, por lo que es importante su control durante la cosecha.

### Evaluación sensorial

De acuerdo con Stone *et al* (2012) la prueba hedónica es una técnica fácil de utilizar, siendo de gran utilidad para evaluar los gustos y disgustos de los productos para todos los tipos de alimentos, además de utilizarse a nivel mundial. Para la evaluación sensorial (Tabla 3), solamente la apariencia global mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), siendo los frutos obtenidos de la malla sombra y acolchado negro los que mostraron la mayor preferencia en cuanto a apariencia global de acuerdo a la escala hedónica, seguidos de los cultivados en campo abierto y acolchado blanco; cabe destacar que valores por encima de 6 son

aceptables por los consumidores en cuanto a la apariencia global.

Sin embargo, no mostraron preferencia por ninguno de los demás atributos, por lo cual no existió diferencia estadística significativa, aceptando de la misma manera los frutos de los cuatro tratamientos, a pesar de ello los frutos de todos los tratamientos, presentan valores por encima de 6, el cual indica agrado por parte de los consumidores (6 en la escala hedónica de 9 puntos utilizada) (Lado *et al*,

2012). Dichos valores indican que los frutos cultivados se encuentran dentro de los parámetros de calidad comercial, establecida por la USDA (2006) y CCE (2002). Al respecto Martínez-Bolaños *et al.* (2008), reportan que la evaluación sensorial de frutos de tres cultivares de fresa estadounidenses obtenidos y tres mexicanos cultivados en un sistema de mediana tecnología, los panelistas no tuvieron preferencia sobre los parámetros aroma externo, interno y sabor del fruto entre cultivares.

**Tabla 3.** Atributos sensoriales de frutos de Fresa “San Andreas” cultivados bajo diferentes sistemas de producción.

Tratamiento	Apariencia global	Olor	Dulzura	Acidez	Textura	Aceptación global
CAB	6.72ab	6.44b	6.12a	5.76a	7.04a	6.56a
CAN	6.56ab	6.60ab	6.12a	6.36a	6.44a	6.92a
MAB	6.16b	6.60ab	6.88a	6.32a	6.72a	6.72a
MAN	7.20a	7.28a	6.08a	6.12a	6.52a	6.68a

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (LSD Fisher  $p \leq 0.05$ ). Campo abierto acolchado blanco (CAB), Campo abierto colchado negro (CAN), Malla sombra acolchado blanco (MAB), Malla sombra acolchado negro (MAN).

#### IV. CONCLUSIONES

Los sistemas de producción afectaron la calidad fisicoquímica de los frutos, los sistemas de producción que mejores atributos de calidad conservó en los frutos fue el de malla sombra con acolchado negro, encontrando al momento de cosecha las fresas con mejor firmeza, dulzor y color rojo intenso opaco, lo que les confiere características adecuadas para su manipulación en el empaque y manejo postcosecha, con respecto a la evaluación sensorial de los frutos se sugiere realizar esta metodología con paneles entrenados para obtener resultados significativos, debido que aunque en general la apreciación fue del agrado de los evaluadores, no se puede concluir que esto fuera por efecto de los sistemas de producción en los que estuvieron establecidos los frutos y se recomienda el uso de malla sombra y acolchado negro para el desarrollo de la fresa por parte de los productores ya que conserva los atributos de calidad fisicoquímica de los frutos.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del trabajo de tesis doctoral titulado del primer autor. Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero para realizar esta investigación.

#### VI. REFERENCIAS

- Agüero, J. J., M. Salazar, D. S. Kirschbaum y E. F. Jerez. 2015. “Factors affecting fruit quality in strawberries grown in a subtropical environment”. *International Journal of Fruit Science* 15: 223-234. Doi: 10.1080/15538362.2015.1017427.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemistries. Official Methods of Analysis. 15th ed. Vol II., Washington, D.C. 918-919.

Avigdori, H. 1986. Monselise, S. P (ed). Handbood of fruit set and development. CRC Press, Boca Raton, Florida. 578p. DOI: 10.1201/9781351073042.

Barba Q. R. 2015. Producción de fresa sin suelo: Situación actual y perspectivas. Tesis. Unidad politécnica de Madrid.

Bodelón, O. G., Blanch, M., Sánchez-Ballesta M.T., Escribano, M. I., Merodio C. 2010. “The effects of high CO<sub>2</sub> levels on anthocyanin composition, antioxidant activity and soluble sugar content of strawberries stored at low non-freezing temperature”. *Food Chemistry* 122:673-678. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.03.029.

Comisión De Las Comunidades Europeas (CCE). (2002). Reglamento (CE) Núm. 843/2002 de la Comisión de 21 de mayo de 2002 por el que se establecen las normas de comercialización de las fresas y se modifica el Reglamento (CEE) Núm. 899/ 87. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

Cordenunsi, B., Genovese, M., Oliveira, N., Aymoto, N., Dos Santos, J., Lajolo, M. 2005. “Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars”. *Journal of Food Chemistry. Atlanta.* p. 113-121. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.05.054.

Dióssy, L. 2008. “The influence of global climate change on air and soil temperatures in maize canopy”. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 112:125-139.

FAO 2019. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2019. FAOStat.fao.org. Fecha de consulta 2 de octubre de 2019.

Fischer, G., Ramírez F. and Casierra-Posada, F. 2016. “Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change”. A review.

*Agron. Colomb.* 34(2): 190-199. DOI: 10.15446/agron.colomb.v34n2.56799.

Franco-Gaytán. I., Saucedo-Veloz, C., Calderón-Zavala, G., Cruz-Huerta, N., Teliz-Ortiz, D., Galicia-Cabrera, R. M. 2018. “Calidad y vida de anaquel de tres cultivares de fresa (*Fragaria ananassa*) tratadas con concentraciones altas de CO<sub>2</sub> por periodo corto”. *Agrociencia*. 52(3):393-406.

García M.S.G. 2017. Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate. Tesis de maestría. Centro de investigación en química aplicada.

InfoStat. 2015. InfoStat versión 2015I.

Jones, L.V., Peryam, D.R. and Thurstone, L.L. 1955. “Development of a scale for measuring soldiers’ food preferences”. *Food Research* 20: 512–520. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1955.tb16862.x.

Harker, R. F., Elgar, J. H., Warkins, C. B., Jackson P. J., Hallet, I. C. 2000. “Physical and mechanical changes in strawberries after high carbon dioxide treatments”. *Postharvest Biology and Technology* 19:139-146. DOI: 10.1016/S0925-5214(00)00090-9.

Kasperbauer, M. J., Loughrin. L., Wang. S. 2001. “Light reflected from red mulch to ripening strawberries affects aroma, sugar and organic acid concentrations”. *Photochemistry and Photobiology Sciences*. 74(1):103-107. DOI: 10.1562/0031-8655(2001)074%3C0103:LRFRMT%3E2.0.CO;2.

Krüger, E., M. Josuttis, R. Nestby, T. Toldam, C. Carlen y B. Mezzetti. 2012. “Influence of growing conditions at different latitudes of Europe on strawberry growth performance, yield and quality”. *Journal of Berry Research* 2:143-157. 19. DOI: 10.3233/JBR-2012-036.

Ladaniya, M.S. 2008. "Preharvest factors affecting fruit quality and postharvest life. Ladaniya, M.S. ed. Citrus fruit, biology, technology and evaluation". Elsevier, Oxford, U.K. pp. 79-102. DOI: 10.1016/B978-012374130-1.50003-6.

Lado, J., Vicente, E., Manzzioni, A., Ghelfi, B. y Ares G. 2012. "Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de Frutilla". *Agrociencia Uruguay* 16 (1):51-58.

Lechaudel, M, and Joas, J. 2007. "An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior". *Braz. J. Plant Physiol.* 19(4): 287-298. DOI: 10.1590/S1677-04202007000400004.

Loughrin, J. H., Kasperbauer, M. J. 2002. "of fresh strawberries is enhanced by ripening over red versus black mulch". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(1):161-165. DOI: 10.1021/jf010950j.

Márquez, J.A. 2008. "The geographical setting of strawberry fields". p. 47-100. In: Junta de Andalucía (ed.). The strawberry crop at Huelva.

Martínez-Bolaños M., Nieto-Ángel D., Téliz-Ortiz, D., Rodríguez-Alcazar J., Martínez-Damian M. T., Vaquera-Huerta H. y Carrillo M.O. 2008. "Comparación cualitativa de fresas (Fragaria x ananassa duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses". *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 113-119.

Martinez, G., Mercado, J., López, M., Prieto, B. Z., 2008. "Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (*Fragaria ananassa*) que se cultivan en Guanajuato". *Revista Salud Pública y Nutrición*, 8:211-219.

McGuire, R. G. 1992. "Reporting of Objective Color Measurements".

*HortScience* 27(12): 1254-1255. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.12.1254.

Moretti, C.L., Mattos, L.M., Calbo A.G. and Sargent S.A. 2010. "Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review". *Food Research International* 43(7): 1824-1832. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.10.013.

NMX-FF-062-SCFI-2002. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca. Fresa (Fragaria X Ananassa, Dutch). Especificaciones y método de prueba.

Pallardy, S.G. 2010. Physiology of woody plants. 3<sup>rd</sup> edition. Elsevier, Amsterdam, London. 454 p. ISBN: 9780080568713.

Parra-Coronado, A.; Fischer, G. and Camacho-Tamayo, J.H. 2015. "Development and quality of pineapple guava fruit in two locations with different altitudes in Cundinamarca". *Colombia. Bragantia* 74(3): 359-366. DOI: 10.1590/1678-4499.0459.

Pelayo, Z. C., Abda, J. B., Ebeler, S. E., Kader, A. A. 2007. "Quality and chemical changes associated with flavor of 'Camarosa' strawberries in response to CO<sub>2</sub>-enriched atmosphere". *Hortsciense*. 42:299-303. DOI: 10.21273/HORTSCI.42.2.299.

Peryam, D.R. and Pilgrim, F.J., 1957. "Hedonic scale method of measuring food preferences". *Food Technology* 11(9): 9–14. DOI: 10.12691/ajfn-4-4-3.

Shahak, Y. 2008. "Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel". *Acta Horticulturae* 770: 161-168. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.770.18.

Steiner, B. 1961. "A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition". *Plant and Soil.* 16 (2):134- 154.

Stone, H., Bleibaum, R. and Thomas H. A. 2012. Sensory evaluation practices.4<sup>th</sup> edition. Academic Press. California USA. 446p. ISBN: 9780123820877.

Thakur, S., Mehta, K., Sekhar, R.S. 2015. "Effect of GA3 and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, yield and fruit quality of strawberry, *Fragaria x ananassa* Duch cv Chandler". *International Journal of Advanced Research* 3(11): 312-317.

USDA. 2006. United States Standards for Grades of Strawberries. Washington DC. USA. 4 p.

Voca, S., N. Dobricevic, J. Druzic, B. Duralija, M. Skendrovic, D. Dermisek y Z. Cmelik. 2009. "The change of fruit quality parameters in day-neutral strawberries cv. Diamante grown out of season". *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60(3): 248-254. DOI: 10.1080/09637480701706331.

Wang, D. 2010. "Evaluation of a Raised-Bed Trough (RaBet) System for Strawberry Production in California. Annual Production Research Report 2010- 2011". California Strawberry Commission. California USA. 125- 131p.

Watson, R., Wright, C.J., Mc Burney, T., Taylor, A.J. and Linforth, R.S.T. 2002. "Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavor compounds". *Journal of Experimental Botany*, 53(377): 2121 – 2129. DOI:10.1093/jxb/erf088.