

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RESPUESTA AGRONÓMICA Y CALIDAD DE FRESA San Andreas PRODUCIDA
BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE AGRICULTURA PROTEGIDA.

Tesis

Que presenta YESSICA ABIGAIL ALVARADO CEPEDA
como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA PROTEGIDA

Saltillo, Coahuila

Julio 2020

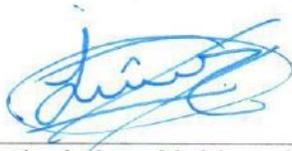
RESPUESTA AGRONÓMICA Y CALIDAD DE FRESA San Andreas
PRODUCIDA BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE AGRICULTURA
PROTEGIDA

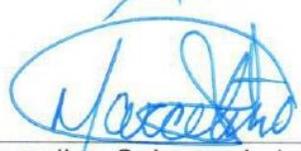
Tesis

Elaborada por YESSICA ABIGAIL ALVARADO CEPEDA como requisito parcial
para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Agricultura Protegida con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor


Dr. Antonio Juárez Maldonado
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente
Asesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” por haberme formado profesionalmente, por ser el principio y el camino de esta carrera que apenas comienza.

Al CONACYT por el otorgamiento del soporte financiero para el desarrollo de esta investigación científica.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por el apoyo brindado para lograr el desarrollo del presente trabajo.

A los Doctores José Antonio González Fuentes, Antonio Juárez Maldonado, Alberto Sandoval Rangel y Marcelino Cabrera de la Fuente por formar parte de mi comité de asesoría.

A la Dra. Xochitl Ruelas Chacón, por todo el apoyo brindado para el análisis postcosecha y sensorial del presente trabajo, y por impulsarme a seguir adelante durante toda mi estancia doctoral y lo sigue haciendo.

Dedicatoria

*A mis amados padres **José Román Alvarado Martínez** (†) y **Juana María Cepeda García** por habernos impulsado a mis hermanos y a mí a comprender que el esfuerzo es el principio del éxito, a aprovechar y disfrutar de los grandes beneficios de la mejor herencia que es la educación. Y a mis hermanos **Paty, Ale, Pepe** y **Rocío** por tanto cariño y por siempre apoyarme incondicionalmente, Pa, deseo hubieras estado en este momento, tu serías el más orgulloso de acompañarme en este logro.*

*A mi amado esposo **Jorge Luis Vega Chávez**, por ser quien me reconforta en todo momento y por compartir conmigo tantas experiencias, tu tiempo y sobre todo tu vida, por todo el apoyo y confianza, pero sobre todo por aguantarme en las buenas y en las malas de este largo camino; a mis pequeños **Regina, María Romina** y **Jorge**, que tan pequeños me han enseñado tantas cosas de la vida, a querer, amar y disfrutar la vida sin condición y en todo momento, sin ustedes tampoco esto sería posible; son el motivo de mi día a día.*

*A Mis sobrinos **Víctor, Sebastián, Elisa, Fer, Max, Axel** y **Mateo** y a mis cuñados **Víctor** y **Fabián**; a todos por siempre estar ahí, por su cariño y apoyo a pesar de la distancia.*

*A mis suegros **Brígida Chávez** y **Oscar Vega**, por ser parte también de este camino y por el apoyo que nos brindan siempre incondicionalmente y a toda la familia **Vega Chávez** por estar siempre con nosotros en todo momento.*

Sin más que decir.

¡Gracias!

CARTA DE ACEPTACIÓN

Artículo aceptado



02 de Marzo de 2020

Estimada **Yessica Alvarado Cepeda**.

Tenemos el agrado de informarle, que derivado de la revisión realizada por los árbitros del Comité Evaluador especializados en el área, que el artículo denominado: **“Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo”**, de los autores: **Alvarado-Cepeda, Y.A., Mendoza-Villarreal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez J.L., Franco-Gaytán, I.** fue **ACEPTADO** y **PUBLICADO** en la Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica (RIIIT) en el área de Artículos IDT, perteneciente al Volumen 8, No. 43 del bimestre Marzo - Abril de 2020.

Se extiende la presente para los fines y usos legales que al interesado convengan.

ATENTAMENTE

Dr. Luis Francisco Ramos De Valle
Director Editorial de la Revista Internacional de
Investigación e Innovación Tecnológica

Buenos Aires No. 102
esquina con Av. México
Col. Latinoamericana. Saltillo,
Coahuila, México.
CP 25270

Tels. 01 (844) 415 62 00,
415 76 06, 416 75 67;
416 34 91; 416 74 61
publicaciones@riiit.com.mx



Artículo Enviado

RV: [ERA] Submission Acknowledgement

De: Dr. Efraín de la Cruz Lázaro <editorera1@ujat.mx>
Enviado: martes, 18 de febrero de 2020 11:06 p. m.
Para: rosalingamendoza@hotmail.com
Asunto: [ERA] Submission Acknowledgement

Dra. Rosalinda Mendoza-Villarreal:

Thank you for submitting the manuscript, "CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS DEL CULTIVO DE FRESA EN TRES AMBIENTES Y DOS TIPOS DE ACOLCHADO" to Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <http://era.ujat.mx/index.php/rera/author/submission/2567>
Username: rmendoza

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro
Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

Ecosistemas y Recursos Agropecuarios
<http://era.ujat.mx>

Email secured by Check Point

Eco

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES ACCEPTED MANUSCRIPT

Home > User > Author > **Active Submissions**

Active Submissions

ID	DATE	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
2490	—	ART		UNTITLED	Incomplete DELETE
2310	05-27	ART	Mendoza-Villarreal, Bigurra-Quintero,...	CINÉTICA DE CRECIMIENTO IN VITRO DE BREVIBACILLUS BREVIS...	IN REVIEW: REVISIONS REQUIRED
2567	02-19	ART	Alvarado-Cepeda, Mendoza-Villarreal,...	CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS DEL CULTIVO DE FRESA EN...	Awaiting assignment
2567	02-19	ART	Alvarado-Cepeda, Mendoza-Villarreal,...	CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS DEL CULTIVO DE FRESA EN...	Awaiting assignment

Start a New Submission

[CLICK HERE](#) to go to step one of the five-step submission process.

ECOSISTEMAS Y RECURSOS AGROPECUARIOS(ECOSYSTEMS AND AGRICULTURAL RESOURCES), Year 6, Issue 18, september-december 2019, is a triannual journal edited, published and distributed by the *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Villahermosa, Centro, Tabasco, CP. 86040, Tel [\(993\) 358 15 00](tel:9933581500), www.ujat.mx, era@ujat.mx, era@ujat.mx. Editor-in-chief: Efraín de la Cruz Lázaro. Copyright No. 04-2013-120514213600-203, ISSN: 2007-901X, both granted by the *Instituto Nacional del Derecho de Autor* (National Institute of Copyright), with certificate of title and content No. 16540 granted by the *Secretaría de Gobernación*(Ministry of the Interior). Individual responsible for the last update of this issue was journal Editorial Assistant Lic. Misael Hernández Martínez, Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Vhsa, Centro, Tabasco, Mex. C.P. 86040; date of last modification, september 1, 2019.

The opinions expressed by the authors do not necessarily reflect the position of the publisher.

INTRODUCCIÓN

La fresa en México, ha tenido un crecimiento importante, obteniendo 458,972 toneladas a nivel nacional en el 2014 (FAO, 2017); ubicándose como el tercer lugar en exportación a nivel mundial. Uno de los principales factores en el desarrollo del cultivo es la nutrición. Los factores ambientales modifican procesos metabólicos del cultivo, como la fotosíntesis, respiración y transpiración, los cuáles repercuten en la calidad interna y externa de los frutos; y por consecuencia en la vida de anaquel de los mismos (Ladaniya, 2008). La tendencia en el consumo de alimentos de calidad ha ido en aumento, la cual depende en gran medida de la variedad, sin embargo también es afectada por las condiciones del cultivo (Akhatou y Fernández, 2013). Fischer *et al.* (2016), mencionan que las propiedades cualitativas de los frutos son afectadas por los cambios climáticos, entre las que se encuentran los carbohidratos, los ácidos orgánicos, el color, la textura y el contenido de antioxidantes. Actualmente el costo y la dificultad en el control de enfermedades que se transmiten del suelo a la planta, la composición, pH y salinidad de los suelos, además de suelos pobres nutricionalmente y la escasez de agua de buena calidad han sido las causas principales para desarrollar sustratos sin suelo (Van Os *et al.*, 2002). El uso de la hidroponía ha resultado exitoso para la producción de cultivos en invernadero para lograr altos rendimientos y buena calidad de productos, debido al control de la nutrición y las condiciones de crecimiento (Adams, 2002.), sin embargo en los últimos años, se ha observado un cambio de los sistemas hidropónicos abiertos a sistemas cerrados en los que se obtienen productos de alta calidad tanto agronómica como nutrimental (De Kreij, 2004). Actualmente, los consumidores han demostrado un alto interés en los productos con propiedades saludables, como los que tienen la capacidad funcional para promover la salud, que no solo proveen nutrientes esenciales, sino que también se promueven la disminución de morbilidad y mortalidad; aumentando la calidad de vida de los consumidores (Jones y Jew, 2007). Aunado a esto la evaluación sensorial juega un papel importante en la calidad de los productos, utilizando la aceptabilidad de los jueces, para determinar la calidad organoléptica de los productos (Hurtado, 2003). Ante estas situaciones se han propuesto alternativas a los productores con el objetivo de

minimizar las pérdidas de rendimiento, sin embargo se ha puesto poca atención a los cambios que ocurren sobre la calidad postcosecha de frutas y hortalizas (Moretti *et al*, 2010). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar características agronómicas, físico-químicas y sensoriales de fresas cultivadas bajo invernadero, campo abierto y malla sombra.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Importancia del cultivo

El cultivo de fresa en México, ha tenido un crecimiento importante, según la FAO (2017), del año 2004 al 2014, aumentó su producción de 162,627 a 458,972 toneladas; en cuanto a la producción mundial total de 8,114,373 toneladas, en 2014, siendo los estados de Michoacán, Baja California y Guanajuato los principales productores de esta fruta a la que se destinan más de 10 mil hectáreas para su cultivo (SIAP- SAGARPA, 2017). Hasta el 2014, México se ubicó como el tercer país productor a nivel mundial, por encima de España y Turquía, y como el cuarto exportador.

Las fresas (*Fragaria ananassa* Duch.) son una de las bayas más consumidas, que además de utilizarse para la elaboración de alimentos a nivel industrial, son consumidas principalmente como fruta fresca (Akhatou y Fernandez- Recamales, 2014). Su consumo ha ido aumentando a través de los años debido a la alta importancia que se le ha dado a la relación entre dietas ricas en frutas y verduras y la disminución en la incidencia de algunas de las principales enfermedades crónicas humanas (Giampieri *et al* , 2012). Debido a su enorme impacto comercial y económico, la fresa puede considerarse como la baya más estudiada desde el punto de vista nutricional, genómico y agronómico. Su alto contenido en vitamina C y folatos (Tabla 1) le da una importante composición nutricional, la cual se ve enriquecida por una gran variedad de compuestos fenólicos (Buendía *et al*, 2010) (Figura 1). Los flavonoides, principalmente las antocianinas, las cuáles además de estar relacionadas a la presencia de pigmentos, representan los compuestos fenólicos de mayor cantidad presentes en fresa y los derivados de la pelargonidina y la cianidina son los más representativos (Alvarez-Suarez, *et al*, 2011).

Figura 1. Composición nutrimental de fresas frescas¹ (USDA, 2010)

Contenido energético		Contenido mineral		Contenido de vitaminas	
	(g)		(mg)		(mg)
Agua	90.95	Calcio	16.00	Vitamina C	58.80
kcal	32.00	Fierro	0.41	Tiamina	0.02
proteína	0.67	Magnesio	13.00	Riboflavina	0.02
cenizas	0.40	Fósforo	24.00	Niacina	0.39
Lípidos	0.30	Potasio	153.00	Ácido pantoténico	0.13
Carbohidratos	7.68	Sodio	1.00	Vitamina B6	0.05
Azúcares	4.89	Zinc	0.14	Colina	5.70
sacarosa	0.47	Cobre	0.05	Vitamina E, α - tocoferol	0.29
glucosa	1.99	Manganeso	0.39		μg
fructosa	2.44	Selenio	0.40	folato	24.00
Fibra	2.00	(μg)		Vitamina A	1.00
				Luteína+ zeaxantina	26.00
				Vitamina K	2.20

¹Cantidad en 100g

2. Absorción mineral en el cultivo de fresa

El crecimiento de las plantas de fresa depende de las condiciones de nutrientes, luz, temperatura, salinidad o agua (Keutgen y Pawelzik 2009)

Uno de los principales factores en el desarrollo del cultivo es la nutrición. Los factores ambientales modifican procesos metabólicos del cultivo, como la fotosíntesis, respiración y transpiración, los cuáles repercuten en la calidad interna y externa de los frutos; y por consecuencia en la vida de anaquel de los mismos (Ladaniya ,2008). Se ha estudiado que en plantas de fresa se tiene una demanda de N y P para la fotosíntesis y crecimiento de la planta (Li et al. 2009a). El nitrógeno es el nutriente que determina el desarrollo vegetativo de las plantas, por lo anterior su concentración adecuada repercute en el rendimiento y la calidad del cultivo (Lea y Azevedo, 2006)

El fósforo asume un papel esencial para las plantas ya que interviene en la propagación, y vigor de las plantas debido a que ayuda a almacenar y transferir energía dentro de las plantas durante el proceso de fotosíntesis (Munera-Velez y Meza-Sepulveda, 2012).

Además del nitrógeno y fósforo, el cultivo requiere de otros elementos minerales como son el K, Ca y Mg (Galindo- López et al, 2018).

El calcio es elemento que constituye importante de las paredes y membranas celulares con movimiento vía corriente transpiratoria (Marschner, 2012). El Mg es forma parte de la molécula de clorofila, molécula de gran importancia en la fotosíntesis y en la producción de fotoasimilados, necesarios en la formación de órganos y de estructuras (Taiz & Zeiger, 2010)

Aunado al abastecimiento de los requerimientos climáticos y nutrimentales, el crecimiento de la planta de fresa y el rendimiento dependen del tipo de contenedor utilizado y la distribución de los mismos, puesto que el volumen y las dimensiones de los contenedores afectan las características físicas como la aireación y la capacidad de retención de agua de los medios sin suelo y el crecimiento de las plantas (Cantliffe et al., 2007).

3. Sistemas de producción

Durante los últimos años los recursos naturales como suelo, agua, clima son cada vez más limitantes para la producción de cultivos y se han deteriorado a lo largo del tiempo a causa de la sobrepoblación. Los recursos naturales y el cambio climático año tras año origina fuertes pérdidas en los cultivos, como consecuencia de altas o bajas temperaturas, vientos y granizadas, que pueden ser evitadas o reducir sus efectos mediante el uso de invernaderos, macrotúneles o uso de mallas plásticas. La agricultura protegida en México es uno de los componentes esenciales de la actividad agrícola de alta tecnología, al igual que en diferentes partes del mundo (Muñoz, 2003).

En los últimos años, los cultivos hortícolas han presentado una tendencia hacia la obtención de productos de manera anticipada o fuera de estación, lo cual se realiza en condiciones diferentes a las de campo abierto, en las cuales se utilizan diferentes cubiertas y materiales para realizarlo mediante agricultura protegida modificando las condiciones del ambiente, hasta el 2010 en México, los invernaderos constituían el 44 % y las mallas sombra el 51% de la superficie total sembrada. (Juárez, et al, 2011). En cuanto al uso de plásticos en la agricultura, se han realizado modificaciones en la tendencia de uso para la producción de frutos, hortalizas y ornamentales (Hallidri, 2001), los cuáles se utilizan para incrementar la eficiencia en el uso de agua de riego y fertilizantes, con el propósito de

incrementar el rendimiento de los cultivos, mejorar la calidad de los frutos y aumentar la precocidad de las cosechas (Fan, et al., 2005), siendo el acolchado un sistema que incrementa la producción por la conservación del agua en el suelo y el control de malezas en el cultivo (Albrechts y Chandler, 1993), Moreno et al (2011) mencionan que la agricultura protegida se utiliza como sistema de producción, realizándolo bajo diversas estructuras para proteger los cultivos de fenómenos climáticos o limitaciones de agua y/o superficie, generando mayores ingresos a los productores (SAGARPA, 2017).

El principal objetivo de los sistemas de producción de cualquier cultivo, es generar altos rendimientos y frutos de mayor calidad, siendo el rendimiento el método más sencillo para evaluar la efectividad de los sistemas de producción (Yuan, *et al*, 2003) y las tecnologías de producción impactan en el rendimiento por hectárea, los costos de producción y la calidad del producto, tanto en presentación como en inocuidad (USDA, 2017).

El uso de la hidroponía ha resultado exitoso para la producción de cultivos en invernadero para lograr altos rendimientos y buena calidad de productos, debido al control de la nutrición y las condiciones de crecimiento (Adams, 2002.), sin embargo, en los últimos años, se ha observado un cambio de los sistemas hidropónicos abiertos a sistemas cerrados (De Kreij, 2004). Wang en 2010, desarrollo un sistema de camas elevadas, como alternativa a la utilización al bromuro de metilo, así como la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes; y Según Takeda (2000), el crecimiento de la cultura del cultivo sin suelo dependerá del desarrollo de sistemas de producción y sustratos que sean competitivos en costos y rendimientos con agricultura convencional.

En agricultura protegida, se ha encontrado que la fresa puede ser cultivada en bolsas de polietileno o en tubos de PVC (Cloruro de Polivinilo) (Paranjpe, 2007). Sin embargo se ha encontrado que en fresas cultivadas en canales en forma lineal horizontal, el rendimiento alcanza hasta 2.51kg m² con una densidad de plantación de 4 a 8 plantas por m², sin embargo el rendimiento se ve afectado, a medida que aumenta la densidad de plantas el rendimiento disminuye (Dijkstra, *et al*, 1993).

Otras investigaciones han demostrado que el acolchado mejora el crecimiento de las plantas, aumenta el peso y tamaño del fruto, así como el rendimiento y mejora la calidad del fruto (Sharma y Shing, 2008)

La Agricultura Protegida tiene una alta vinculación con la industria agroalimentaria nacional y de exportación, y se estima que el 80% de los cultivos bajo estos sistemas son tomate, pimiento y pepino (Castellanos, 2004) que se establecen directamente en suelo y el resto en algún tipo de sustrato distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando un papel de soporte para la planta (Díaz, 2004)

El uso de cubiertas plásticas (mallas, acolchados, y cubiertas para invernadero) modifica tanto la irradiancia como el balance espectral. La malla sombra negra es una excepción, pues se comporta como filtro neutro, la cual modifica muy poco el balance espectral (Benavides, 2011).

La técnica de cultivo bajo mallas se refiere al sombreado de las plantas por redes plásticas para filtrar selectivamente la radiación solar interceptada. Esto se produce gracias a que el material de las mallas absorbe preferentemente la banda luminosa del espectro solar correspondiente a su color complementario, modificando las propiedades de reflexión, absorción y transmitancia de la luz que pasa a través de ellas, además de su función protectora (Shahak, 2008).

Castellano *et al* (2008), han estudiado que en arándano, el uso de mallas genera una modificación espectral que promueve respuestas fisiológicas reguladas por la luz, tales como el aumento de tamaño del fruto y desfase del período de cosecha, lo cual puede ser aprovechado como una alternativa de anejo en los huertos. Los principales colores de malla son: rojo, verde, azul, amarillo, naranja, perla, blanco y negro, además de las mallas aluminizadas que se caracterizan por modificar el espectro de transmitancia de la luz, dependiendo de la textura, pigmentación, densidad y porosidad del tejido (Abdel-Ghany y Al-Helal, 2010).

Algunas investigaciones en frutales cultivados bajo mallas sombras, han reportado mayores rendimientos (Ganelevin, 2008; Shahak *et al.*, 2008), sin embargo, otras observan rendimientos menores, lo cual atribuyen principalmente al color rojo y a la efectividad de la malla, a la latitud e intensidad luminosa del sitio geográfico y a la especie investigada (Basile *et al.*, 2008; Blanke, 2009).

Rodríguez y Morales, encontraron que el sombreado de las mallas altera el desarrollo fenológico de las plantas, extendiendo la duración de sus etapas, especialmente la fase de fruto verde en crecimiento y en consecuencia provoca que los frutos cultivados bajo estas mallas maduren y se cosechen más tarde respecto del control, encontrando que el mayor retraso en la cosecha se produjo en frutos crecidos bajo malla aluminizada 40%.

Los frutos producidos bajo mallas, en general, presentaron un descenso en el contenido de sólidos solubles, siendo menor en malla negra 35%. El mayor peso de bayas se observó en frutos sin malla y en frutos bajo sombra de malla roja 40%. Asimismo, el mayor tamaño de frutos y rendimiento se produjo con malla roja 40%.

4. Factores que intervienen en la calidad del fruto

Entre los principales factores que intervienen en la calidad del fruto se encuentran, el cultivo, la variedad, así como las condiciones meteorológicas, el tiempo de muestreos, cosecha y el grado de madurez, los cuales repercuten de manera importante en la calidad y valor nutrimental de los frutos de fresa (Haffner, *et al.*, 1998).

El contenido de vitamina C, está regulado por el estado de madurez, la variedad, el riego y la fertilización. Por ejemplo, la intensidad de luz aumenta la producción de azúcar, por tanto la síntesis de ácido ascórbico (Lee y Kader, 2000). Por otro lado, temperaturas altas, provocan disminución en la síntesis de azúcar y ácido ascórbico (Wang y Camp, 2000).

Además de la variedad, otro de los factores que intervienen en la calidad, es la época de cosecha (Gady *et al.*, 2006). El momento de cosecha determina la maduración de los frutos y por tanto la calidad de los mismos (Sturm *et al.*, 2003).

5. Calidad de fruto

La fresa es un fruto no climatérico y debe ser cosechada en plena madurez para lograr la máxima calidad en relación con el sabor y el color. Los principales cambios en la composición de los frutos que se asocian con la maduración, se producen cuando el fruto todavía está unido a la planta. Para lo que las fresas deben cosecharse casi listas para el consumo, implicando esto un corto período de vida de anaquel. Debido a que no se permite el uso de fungicidas, las bajas temperaturas y las atmósferas modificadas evitan en cierta medida el crecimiento de hongos y bacterias así como la senescencia de los frutos, alargando su vida de anaquel (Manning, 1996).

La calidad en postcosecha no puede ser mejorada, sin embargo puede conservarse, obteniendo la mejor calidad cuando el fruto se cosecha en el estado de madurez apropiado (Gossiger, 2009). Una fresa cosechada en plena maduración y almacenado a temperatura ambiente se deteriora en un 80% en solo cuestión de horas (Harris, 2010). La calidad de fresa depende principalmente de la apariencia (tamaño, color, forma y ausencia de defectos), firmeza la cual se determina por la concentración de N, Ca y K, al no suministrarlos de manera adecuada se producen frutos blandos que se dañan fácilmente en la cosecha y postcosecha, además del sabor que se determina por el contenido de azúcares y ácidos orgánicos (Chow et al., 2004), siendo uno de los principales atributos de calidad, sin embargo se ha puesto poco interés en mejorar o al menos preservar el sabor característico del cultivo, Mellado et al (2012), encontraron que frutos de mango tratados bajo producción forzada presentaban valores de potasio de 14 mg mientras que su contenido normal es de 168mg (USDA, 2017), además los frutos tienen períodos cortos de vida de anaquel (Yahia e Higuera, 1992), por lo tanto, la calidad de fresa es resultado del manejo del cultivo durante el desarrollo, en el cual intervienen la variedad, nutrición del cultivo y condiciones del ambiente (Mitcham, 1996), siendo la temperatura el factor principal que afecta el desarrollo de la planta, de acuerdo con lo reportado por Taylor (2002), quien realizó experimentos en los que midió el efecto de la temperatura sobre la iniciación floral y encontró que altas temperaturas durante el período de floración (mayores a 30 °C) inhiben la floración, de igual manera las bajas temperaturas (menores a 10 °C) impiden y reducen la floración.

5.1 Color

Las fresas pueden acumular pigmentos de antocianina después de la cosecha. Sin embargo, los frutos que se cosechan con el 25% de color rojo se vuelven completamente rojos cuando se almacenan durante 3-4 días a 21°C (Smith y Heinze 1958.). El 3-glucósido de pelargonidina (Pg 3-gl) y el 3-glucósido de cianidina (Cy 3-gl), son los mayormente responsables del color rojo de las fresas (Timberlake y Bridle 1982). La proporción de Pg 3-gl a Cy 3-gl puede variar entre los diferentes genotipos de fresas maduras, pero es generalmente de aproximadamente 88% de Pg 3-gl (Wrolstad et al. 1970).

La norma NMX-FF-062-SCFI-2002, establece que los frutos de fresa deben cosecharse cuando presenten como máximo en el 50 % de su superficie un color rojo tenue o rosa (Figura 3) o considerar los requisitos del mercado de destino.

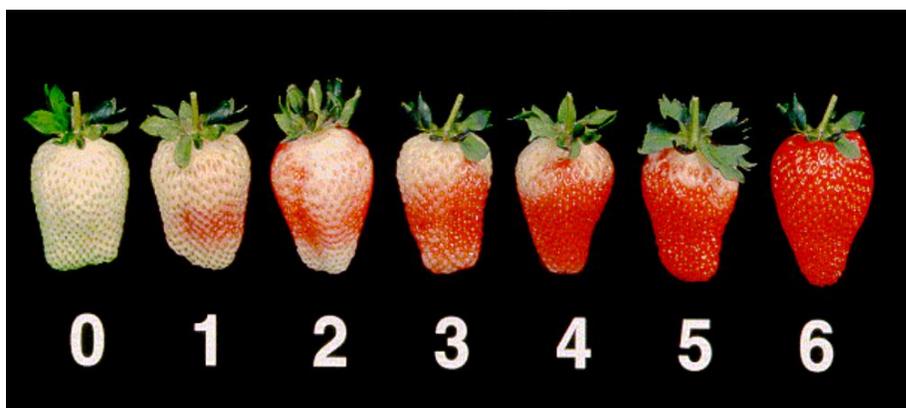


Figura 3. Tabla de color de acuerdo a la norma NMX- FF- 062- SCFI- 2002.

Cuadro 1. Descripción de la tabla de colores de la NMX- FF- 062- SCFI- 2002.

Color	Descripción
0	Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado (Madurez fisiológica)
1	El fruto es aún de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical

- 2 Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical
- 3 El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y la zona de cáliz presenta visos rosados
- 4 Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz
- 5 El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz
- 6 El color rojo intenso cubre todo el fruto

Fuente: NMX- FF- 062- SCFI- 2002.

5.2 Firmeza

Uno de los factores que determinan la firmeza, es la temperatura. La firmeza ésta puede disminuir conforme el tiempo y temperatura de almacenamiento (Ayala- Zavala, *et al*, 2004). La humedad relativa también es otro factor determinante de la firmeza de los frutos. Se ha estudiado que frutos de fresa almacenados a 5°C durante 8 días, presentan una pérdida de peso del 33.7% (Mitchell, *et al*, 1964). Sin embargo la firmeza también está influenciada por la variedad y la época de cosecha (Redgwell *et al*, 1997).

5.3 Sólidos Solubles Totales

Los azúcares son los principales sólidos solubles en el jugo de las frutas y pueden usarse como una medida de referencia del contenido de azúcares, sin embargo parte de estos sólidos forman parte de los ácidos orgánicos, los aminoácidos, los compuestos fenólicos y las pectinas solubles (Mitcham *et al*, 1996). En las fresas, los azúcares se acumulan en mayor medida durante la maduración. Así la medición de azúcares en la fruta refleja un índice de la madurez de la fruta, lo que se traduce de manera exacta en la dulzura del fruto (Thompson, 1996). Las fresas no acumulan almidón durante su desarrollo y su sabor dulce se debe al rompimiento de la sacarosa acumulada durante el desarrollo del fruto. Motivo por el cual, las fresas deben cosecharse en madurez fisiológica, para que al alcanzar la madurez de consumo su sabor sea aceptable por el consumidor (Marty, 2002).

5.4 Acidez titulable

La acidez representa el contenido de ácidos y en la mayoría de las frutas ésta cambia durante la maduración. Una medida general de la acidez de las frutas se obtiene titulando el jugo de las mismas contra una solución estándar alcalina, generalmente hidróxido de sodio. Es importante medir la acidez por titulación y no por el pH de la fruta debido a la considerable capacidad reguladora de los jugos de las frutas (Alcántara, 2009).

6. Atributos sensoriales y nutrimentales

El análisis sensorial, depende de las señales que todos los órganos de los sentidos transmiten al cerebro a través del sistema nervioso central, estas señales ingresan al sistema nervioso por medio de sensores presentes en la piel, la nariz, la lengua, los músculos, los ojos y los oídos. La realización de esta clase de pruebas debe tener en cuenta aspectos ambientales, prácticos y humanos, con el fin de evitar inferencias y lograr minimizar la subjetividad propia de este tipo de evaluación; dentro de los factores ambientales a considerar, se encuentran el efecto causado por la luz, el ruido, el olor y la comodidad; los factores prácticos como la cantidad

de muestra, la hora, el orden de presentación y la temperatura; y los factores humanos asociados a la información dada a la persona que realiza la evaluación y los posibles problemas de carácter fisiológico que puedan presentarse en ésta, como enfermedades asociadas a los órganos de los sentidos (Hollingsworth, 1996).

La tendencia al consumo de alimentos dietéticos con alguna función antioxidante, ha mostrado gran interés en frutas como fuente natural de estos compuestos, en este sentido, la fresa es una buena fuente de ácido ascórbico y compuestos flavonoides (Wang, Cao, & Prior, 1996). Debido a la tendencia de que las frutas ya no son sólo "alimentos atractivos", se de comprender el valor nutritivo que contiene cada alimento, varias investigaciones han tenido como objetivo, el alargar la vida de anaquel de los productos, así como mantener el valor nutricional, sin embargo en atmósferas modificadas, que pueden producirse aumentando el nivel de CO₂ mientras se reduce el O₂, ha dado buenos resultados con respecto a la conservación de las fresas, a pesar de ello, el color de los frutos cambio, esto como consecuencia de la inhibición de la producción de enzimas relacionadas con la síntesis de antocianinas; de la misma manera también se generó una reducción en el contenido de ácido ascórbico durante el tiempo observado (Wills, Ku y Leshem, 2000).

Literatura citada

Abdel-Ghany, A.M.; Al-Helal, I.M. 2010. Characterization of solar radiation transmission through plastic shading nets. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 94: 1371-1378.

Adams P. 2002. Nutrition Control in Hydroponics. In: *Hydroponic production of Vegetables and ornamentals*. Savvas, D. and H. Passam (Eds). Embryo Publications, Athens Greece. ISBN: 9789608002128

Adams, P., 2002. Nutrition Control in Hydroponics. In: *Hydroponic production of Vegetables and ornamentals*. Savvas, D. and H. Passam (Eds). Embryo Publications, Athens Greece. ISBN: 9789608002128

Akhatou I. and Fernandez-Recamales, A. 2014. Nutritional and Nutraceutical Quality of Strawberries in Relation to Harvest Time and Crop Conditions. *J. Agric. Food Chem.* 62: 5749–5760.

Albregts, E.E. and C.K. Chandler. 1993. Effect of polyethylene mulch color on the fruiting response of strawberry. *Soil and Crop Science Society of Florida* 52: 40-43.

Alcántara 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. Tesis.

Alvarez-Suarez, J. M., Dekanski, D., Ristic, S., Radonjic, N. V., Petronijevic, N. D, Giampieri, F., Astolfi, P., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., Tulipani, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B., and Battino, M. 2011 Strawberry polyphenols attenuate ethanol-induced gastric lesion in rats by activation of antioxidant enzymes and attenuation of MDA increase. *PLoS One.* 6(10).

Ayala- Zavala J., Wang S., Wang C., an González –Aguilar G. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruits. *Food Science and Technology.* 37: 687- 695.

Basile, B.; Romano, R.; Giaccone, M.; Barlotti, E.; Colonna, V.; Cirillo, C.; Shahak, Y.; Forlani, M. 2008. Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy. *Acta Horticulturae* 70: 185-192.

Benavides M.A. 2011. Importancia de la temperatura en la productividad de hortalizas en invernadero. Apuntes del curso de fisiología de plantas en ambientes protegidos. Departamento de horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila

Blanke, M.M. 2009. The structure of coloured hail nets affects light transmission, light spectrum, phytochrome and apple fruit colouration. *Acta Horticulturae* 817: 177-184.

Buendía, B., Gil, M. I., Tudela, J. A., Gady, A. L., Medina, J. J., Soria, C., Lopez, J. M., and Tomás-Barberán, F. A. 2010. HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 58: 3916–3926.

Cantliffe D.J., Paranjpe A.V., Stoffella P.J., Lamb E.M. and Powell C.A. (2007). Influence of soilless media, growing containers, and plug transplants on vegetative growth and fruit yield of ‘Sweet Charlie’ strawberry grown under protected culture. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 120: 142-150.

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* 24(6): 799-808.

Castellanos, J. Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en el suelo. En: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. J. Z. Castellanos, 2da ed. INTAGRI. México. 103-123pp.

Chow, K. K., T. V. Price and B. C. Hanger. 2004. Effect of nitrogen, potassium, calcium concentrations and solution temperatures on the growth and yield of strawberry cv. Red gauntlet in a nutrient film (NFT) hydroponic system. *Acta Horticulturae* 633: 315-327.

De Kreij C., Runia W.T. and Van der Burg A.M.M. 2004. Metabolites, their decomposition, production of tomato and bioassays from open and closed rockwool systems. *Acta Hortic.* 644, 425-432

De Kreij, C., Runia, W.T. and van der Burg, A.M.M. 2004. Metabolites, their decomposition, production of tomato and bioassays from open and closed rockwool systems. *Acta Hortic.* 644, 425-432

Díaz, S.F.R.2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero: Invernaderos, Diseño, Manejo y Producción. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura: Torreón, Coahuila, México, 25pp

Dijkstra J., De Bruijn A.,Scholtens and Wijsmuller J.M., 1993. Effects of plantings distance and peat volume on strawberry production in bag and bucket culture. *Acta Hortic.* 348: 180-184.

FAO.2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en : <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017.

Fischer, G.; Ramirez 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.

Gady A. L., J. Tudela, L. Gil., C. Soria y T. Barberán. 2006. Efecto del cultivo hidropónico y convencional en la calidad de cinco variedades de fresa en tres épocas de recolección. Departamento de Ciencia y tecnología de Alimentos, CEBAS- CSIC. 101- 104.

Galindo-López, F., Pinzón-Sandoval, E.H., Quintana-Blanco W.A., Serrano P.A, y Galán M. 2018. Evaluación de un termofosfato en el crecimiento y producción de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. ‘Albión’. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 61-69.

Ganelevin, R. 2008. World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770: 199-203.

Giampieri F., Tulipani S., Álvarez-Suárez J., Quiles J., Mezzetti B. and Battino D. 2012. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition.* 28(1):9-19.

Giampieri, F., Tulipani, S., Álvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., and Battino, M. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28: 9–19.

Gossiger, M., S. Moritz, M. Hermes, S. Wedelin, H Scherbichier, H. Halbwirth, K. Stich and E. Berg Hofer. 2009. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering* 90:171- 178.

Haffner K, and S. Vestrheim. 1998. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae*. 439(1): 325- 332

Hallidri, M. 2001. Comparison of the different mulching materials on the growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Horticulturae (ISHI)* 559(2): 49-54.

Hurtado, M. 2003. Un panel de cata para Chile. En: Primer Encuentro Nacional de “Aceite de Oliva Futuro exportador del aceite de oliva Chileno”.

Jones,P and Jew, S. 2007. Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science & Technology* 18: 387- 390.

Juárez L.P., Bugarín M. R., Castro B. R., Sánchez M. A. L., Cruz C. E., Juárez R. C., Juárez-Rosete, C. R.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Sandoval-Villa, M.; Muratalla- Lúa, A. 2011. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Terra Latinoamericana* 25 (1): 17-23

Keutgen A.J. and Pawelzik E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental & Experimental Botany* 65, 170-176.

Khoshnevisan B., Rafiee S., Mousazedh H. 2013. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *Eur. J. Agron.* 50:29-37.

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.

Lea P.J., Azevedo R.A. 2006. Nitrogen use efficiency. I: Uptake of nitrogen from the soil. *Annals of Applied Biology* 149, 243-247.

Lee S. and A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural Crops. *Postharvest Biological Technology*. 20: 207- 220.

Li H., Li T., Gordon R.J. and Asiedu S. 2009a Relationships of strawberry nursery plant propagation with soil phosphorus, iron and water variation. In 'Proc. 16th International Plant Nutrition Colloquium. Functions, Interactions and Diagnosis of Nutrient Status'. p. 17-19.

Manning, K. (1996). Soft fruits. In G. B. Seymour, J. E. Taylor, & G. A. Tucker (Eds.), *Biochemistry of fruit ripening* (pp. 347–377). London: Chapman & Hall

Marschner, P. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. 3rd. Ed. Elsevier. Oxford, UK. 645p

Marty, I. 2002. The secret of fruit ripening. INRA. France. www.inra.fr/presse/juin02/gb/nb3.htm.

Mitcham, E. J., y F.G. Mitchell. 2002. Strawberries and cranberries. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 364-370. A.A. Kader, ed. Publication No. 3311. Oakland, Cal. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.

Mitchell F.C., Axie C., and Greahe S. 1964. *Handling Strawberries for fresh market*. Davies. University of California. 16p

Molina, E., R. Salas, y A. Castro. 1993. Curvas de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17(1):67-73.

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

Munera-Velez G.A. y Meza-Sepulveda D.C. 2012. El fosforo elemento indispensable para la vida vegetal. *Universidad Tecnológica de Pereira*. 52p.

Paranjpe, 2007. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. *Proceedings of the Florida State for Horticultural Science*, 116: 98- 105.

Redgwell R.J. E. Mac Rae, I. Hallet., M. Fischer and R. Harker. 1997. In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening.

Paquete tecnológico para la producción de fresa. Fundación PRODUCE Sinaloa A.C

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.

Sharma R.R., and R. Shing. 2008. Fruit nutrient contents and lipoxygenase activity in relation to the production of malformed and button berries in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Scientia Horticulturae*. 119: 28- 31.

Smith, W. L. and Heinze, P. H. 1958. Effect of color development at harvest on quality of postharvest ripened strawberries. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 72: 207 -211.

Sturm K., D. Koron and F. Stampar.2003. The composition of fruit of diferent strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*. 83:417- 422.

Taiz L. y Zeiger E. 2010. *Plant. Physiology*. 5th ed. Sinauer Associates Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A. 778p.

Takeda F. 2000. Out-of-season greenhouse strawberry production in soilless substrate. *Adv. Strawberry Res.*, 18:4-15.

Taylor, D. R. 2002. The physiology of flowering in strawberry. *Acta Horticulturae*. 567: 245-251.

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.

Thompson, A. K. 1996. Harvest Maturity and Methods (Chapter 2 and Postharvest Treatments (Chapter 4). En: *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*. Blackwell Science Ltd. Gran Bretaña. pp. 35-37, 95.

Timberlake, C. F. and Bridle, P. 1982. Distribution of anthocyanins in food plants. Page 137 in P. Markakis, ed. *Anthocyanins as food colors*. Academic Press, New York, NY.

USDA. 2017. United States Department of agriculture. United States Standards for grades of Starberries. Disponible en: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Strawberry_Standard%5B1%5D.pdf

Van Os, E. A., Th. H. Gieling, and M. N. A. Ruijs. 2002. Equipment for hydroponic installations, pp. 103–141. In: D. Savvas and H.C. Passam (eds). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece. ISBN: 9789608002128

Wang S, and J. Camp. 2000. Temperature after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 85: 183- 199.

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.

Wang, H., Cao, G., and Prior, R. L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 701–705.

Wills, R. B., H. Ku, and Y. Leshem. 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 18, 75–79.

Wrolstad, R. E., Putnam, T. P. and Varseveld' G. W. 1970. Color quality of frozen strawberries: Effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. *J. Food Sci.* 35: 448-452.

Yahia, E. M. e Higuera, C. I. 1992. *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. Editorial Limusa. México. 303 p.

Yuan J., Sadilova E., and Chen F. 2003. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Food research international*. 42: 1023- 1033

ARTÍCULO

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

Calidad fisicoquímica 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.^a, Mendoza-Villarreal, R.^a, Sandoval-Rangel, A.^a, Vega-Chávez J.L.^{b*}, Franco-Gaytán, I.^c

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

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

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

*Autor para correspondencia: vegach@live.com.mx

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.

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 were 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 ($^{\circ}h = 2.25$) opaque ($C = 33.81$), while the white padded one presented the strawberries with higher values of solids Total soluble (10.82 $^{\circ}$ 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 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 ($^{\circ}h = 2.25$) opaco ($C = 33.81$), 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 desarrollen (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 periodos 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 sensorial 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 (UAAAN), 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, a .70m de distancia entre camas, tal como se muestra en la Figura 1, 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; estableciendo cada cama a doble hilera, a 30cm de distancia entre planta, teniendo un total de 8 plantas por cama. El trasplante se realizó el 13 de septiembre de 2015.



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

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 Después 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 [$h = \text{atan}(b^*/a^*)$] y el índice de saturación (Chroma (C) = $[(a^2 + b^2)^{1/2}]$), Chroma indica la intensidad y pureza del color y h 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 $^{\circ}$ 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 100mL de agua destilada, posteriormente la mezcla se filtró y se tomó una alícuota de 5mL, 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 2mm, 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.

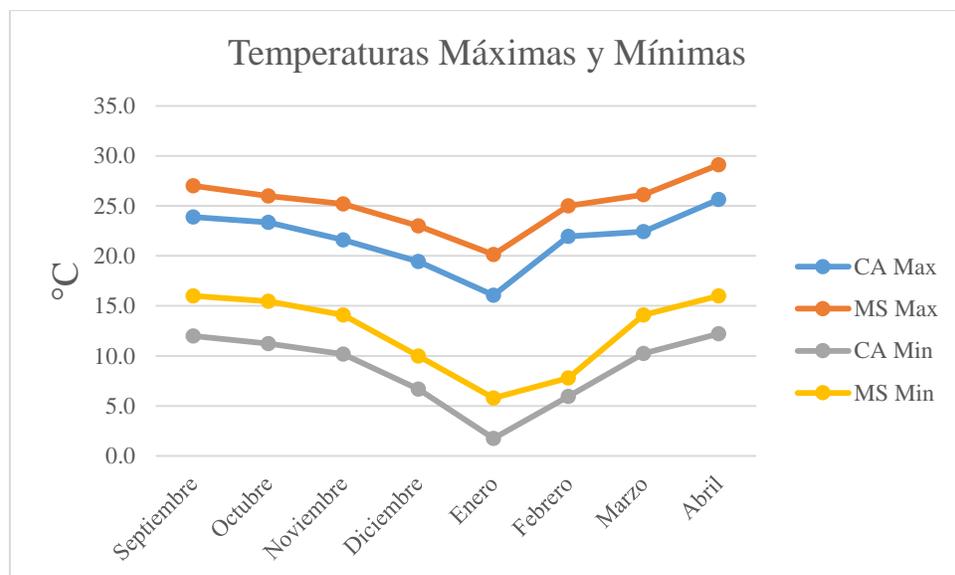


Figura 2. Registros de temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales presentadas en los sistemas de producción durante el período de cultivo de fresa. Campo abierto temperatura máxima (CA Max), Campo abierto temperatura mínima (CA Min), Malla sombra temperatura máxima (MS Max), Malla sombra temperatura 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 ($^{\circ}h= 1.25$) 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 $^{\circ}hue$) 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 indico 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	Variable				
	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 ($^{\circ}$ 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 $^{\circ}$ 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).

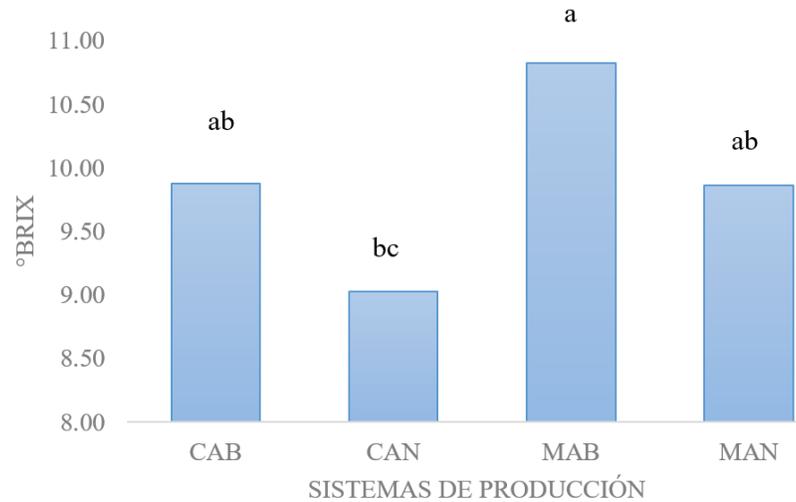


Figura 3. Resultados del análisis de varianza para la variable sólidos Solubles Totales. Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (LSD Fisher $p \leq 0.05$). Campo abierto acolchado blanco (CAB), Campo abierto colchado negro (CAN), Malla sombra acolchado blanco (MAB), Malla sombra acolchado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

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (LSD Fisher $p \leq 0.05$).

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

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 conservo 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. Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) 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 CO₂ 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., Ramirez 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 CO₂ 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:LRFRTM%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., Manzoni, 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. 3rd 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 a CO₂-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. 4th 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

ARTÍCULO 2

**Contenido de macronutrientes del cultivo de fresa en
tres ambientes y dos tipos de acolchado**

MACROMINERALES EN CULTIVO DE FRESA

CONTENIDO DE MACRONUTRIMENTOS DEL CULTIVO DE FRESA EN TRES AMBIENTES Y DOS TIPOS DE ACOLCHADO

CONTENT OF MACRONUTRIMENTS OF FRESA CULTURE IN THREE ENVIRONMENTS AND TWO TYPES OF PADDING

Yessica Abigail Alvarado Cepeda¹, Rosalinda Mendoza Villarreal^{2*}, Jorge Luis Vega Chávez³, Alberto Sandoval Rangel².

¹Estudiante de Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315. Tel: 01 844 411 0215. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ³Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Domicilio conocido s/n El saucillo. Huichapan Hidalgo, México. CP. 442411. *Autor para correspondencia: rosalindamendoza@hotmail.com.

Resumen

Con el objetivo de determinar el contenido de macronutrientes y la respuesta de la fresa a tres ambientes y dos tipos de acolchado, se trasplantaron plántulas del Cultivar "San Andreas" en "camas de plantación", en tres ambientes y dos tipos de acolchado: Invernadero con acolchado blanco (IB), Invernadero con acolchado negro (IN), Campo abierto con acolchado blanco (CAB), Campo abierto con acolchado negro (CAN), Malla sombra con acolchado blanco (MB) y Malla sombra con acolchado negro (MN). Se utilizó solución Steiner para el aporte de nutrientes, Las variables medidas fueron: área foliar (AF), peso fresco y seco de hoja (PFH y PSH), de raíz (PFR y PSR) y fruto (PFF y PSF) y el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Se encontró el superior valor de AF fue 1300 cm² en MB. En relación al peso

fresco y seco de hojas, raíz y fruto de fresa, la mayor influencia se produjo con la malla sombra y campo abierto con acolchados negro y blanco, y el área foliar y nitrógeno con la malla sombra y acolchado blanco. Los macrominerales como N, P, K, Ca y Mg mostraron la mejor respuesta en raíz con el ambiente de campo abierto y acolchado negro, y en fruto, la malla sombra con acolchado blanco los minerales N, K, Ca y Mg a excepción del fósforo.

Palabras clave: fresa, minerales, acolchado, invernadero, malla sombra.

ABSTRACT

In order to determine the macro-nutrient content and the strawberry response to three environments and two types of padding, seedlings of the Cultivar "San Andreas" were transplanted into "planting beds", in three environments and two types of padding: Greenhouse with white padding (IB), Greenhouse with black padding (IN), Open field with white padding (CAB), Open field with black padding (CAN), Shadow mesh with white padding (MB) and Shadow mesh with black padding (MN). Steiner solution was used for nutrient input, Measured variables were: foliar area (AF), fresh and dry leaf weight (DLW and FLW), root (WFR and WSR) and fruit (WFF and WSF) and nitrogen content (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). The higher AF value was found to be 1300 cm² in MB. In relation to the fresh and dry weight of leaves, root and strawberry fruit, the greatest influence occurred with the shadow mesh and open field with black and white padding, and the foliar and nitrogen area with the shadow mesh and white padding. Macrominerals such as N, P, K, Ca and Mg showed the best response at the root with the open field environment and black padding, and in fruit, the shadow mesh with white padding minerals N, K, Ca and Mg with the exception of phosphorus.

Key words: strawberry, minerals, padding, greenhouse, shadow mesh.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una planta perenne, herbácea, con tallo comprimido que se denomina corona y de éste se originan las hojas, flores y estolones. Los frutos son de los más reconocidos en el mundo por su sabor, aroma, color, textura, contenido de vitamina C y minerales; es decir, tienen alto valor nutricional y medicinal (Mouhu *et al.* 2013). La versatilidad del fruto en fresco y procesado, forma parte importante en el papel en la adopción de dietas alimenticias humanas y de acuerdo con la Organización Americana de Alimentos (FAO, 2017), México ocupa el tercer lugar en producción a nivel mundial con 13,858 has⁻¹ plantadas y la producción de 658,436 toneladas; además, de ser un cultivo de excelente rentabilidad.

El uso de plásticos en la Agricultura (Plasticultura), ha sido de gran ayuda para los productores, porque con ellos se pueden controlar factores del suelo como la temperatura y la humedad. En la Agricultura, se han empleado una gran diversidad de materiales para lograr controlar los factores del suelo que intervienen en la producción y se les han denominado “acolchados”. De acuerdo con la Agencia de Protección Medioambiental (EPA, 2019) y Maughan y Drost (2016), hay “acolchados” orgánicos y sintéticos, ambos con sus ventajas y desventajas, pero los más usados son los “acolchados” de plástico, que son hojas de muy diversos materiales, colores, dimensiones y densidades.

Para Adekalu *et al.* (2006) los “acolchados” ofrecen numerosas ventajas para la producción de cultivos, porque ellos minimizan el uso de agua al reducir la evaporación, los “acolchados” orgánicos mejoran la calidad de los suelos y el contenido de nutrientes cuando se descomponen; también, estos autores coinciden en que la temperatura del suelo, puede ser ajustada con el uso de “acolchados”. Investigadores como Arun (2016), dice que al cubrir la superficie del suelo con “acolchados” orgánicos tienen influencia en el crecimiento de las plantas y la producción al reducir la evaporación, incrementar la infiltración del agua, controlan la erosión y mejoran la estructura del suelo. Este mismo autor, encontró que el método para incrementar el uso eficiente del agua entre “acolchados” orgánico e inorgánico es diferente. El principal factor, que hay que prevenir es la temperatura del suelo para así reducir la evaporación y los “acolchados” orgánicos no lo realizan, pero los “acolchados” inorgánicos sí, lo que se traduce en una producción menos eficiente cuando se emplean los primeros.

Para Kasperbauer (2000), los “acolchados” más usados son los de plástico negro, porque promueven un mejor crecimiento de raíz, uso eficiente del agua y disponibilidad de nutrientes, en comparación con los “acolchados” transparentes y orgánicos. Por ejemplo, Aprodisia y Maina

(2018), comentan que los “acolchados” de plástico que cubren a la superficie del suelo, proveen un microclima favorable para las plantas, al influir en su crecimiento general y por consecuencia en la producción al reducir la evaporación. Una gran cantidad de trabajos de investigación en gran variedad de cultivos, alrededor del mundo, han sido efectuados con el uso de “acolchados” de plástico; sin embargo, muy pocos en fresa. Por ejemplo, en tomate en Egipto Helaly *et al.* (2017), emplearon dos “acolchados” de plástico: uno negro y otro bicapa (blanco y negro) y encontraron que la altura de planta, el diámetro de tallo, el número de ramas por planta, el área foliar, fueron superiores con el acolchado bicapa; es decir, con el de color negro y blanco que con solo el de color negro.

En zarzamora en el sur de Estonia, Karp *et al.* (2006), estudiaron el efecto de varios acolchados como aserrín de madera, un compost, plástico y un suelo mejorado con compost y cubierto con compost y plástico y sin “acolchado” como control; encontraron que, la más baja producción fue en el control y la más alta donde “acolcharon” el suelo mejorado con el compost y con el plástico, sobrepasando al control en 40 por ciento. También, con este “acolchado” se disminuyó el pH de los primeros 10 cm de espesor de la superficie del suelo.

En área semiáridas, conservar el agua para una buena producción en fresa es un gran reto, ya que en estas áreas por la falta de agua el crecimiento es malo y la producción por consecuencia es baja. Así que, Aprodisia y Maina (2018) en Kenya realizaron un estudio en fresa, con el objetivo de determinar el efecto de diversos “acolchados” para conservar la humedad e incrementar el crecimiento y producción. Ellos colocaron como tratamientos “acolchado” de plástico claro y negro, “acolchado” de pasto seco y como control no “acolcharon” y emplearon la Variedad “Chandler” para su experimento. Concluyen que los “acolchados” ayudan en la conservación de agua y que los “acolchados” de plástico promueven incremento en el crecimiento de las plantas, lo cual se refleja en la producción.

También en tomate, Nawaz *et al.* (2002), emplearon “acolchado” de plástico color negro, rojo y verde, con el objetivo de determinar su efecto en el contenido de nutrientes, crecimiento y producción y determinaron que los valores más altos de estas variables de respuesta se presentaron en el tejido vegetal de follaje, los valores superiores de nitrógeno total (NT), fueron con el “acolchado” verde y en los contenidos de fósforo (P) y potasio (K) con el “acolchado” negro;

mientras que en el fruto, para los contenidos de NT, P y K, no encontraron significancia de los tratamientos; pero, en la producción el “acolchado” que ejerció el efecto mayor fue el de color verde.

El crecimiento de las plantas de fresa depende de las condiciones de luz, temperatura, salinidad o agua de riego (Keutgen y Pawelzik 2009). Uno de los principales factores en el desarrollo del cultivo es la nutrición. Los factores ambientales modifican procesos metabólicos del cultivo, como la fotosíntesis, respiración y transpiración, los cuáles repercuten en la calidad interna y externa de los frutos; y por consecuencia en la vida de anaquel de los mismos (Ladaniya 2008). Se ha estudiado que en plantas de fresa se tiene una demanda de N y P para la fotosíntesis y crecimiento de la planta (Li *et al.*, 2009a). El nitrógeno es el nutriente que determina el desarrollo vegetativo de las plantas, por lo anterior su concentración adecuada repercute en el rendimiento y la calidad del fruto (Lea y Azevedo 2006) La presencia del nitrógeno guarda una relación directa con la cantidad de hojas, tallos, brotes y macollos debido a que es necesario para la síntesis de clorofila y por lo tanto, para el proceso de fotosíntesis. Además, forma parte de proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas. (Díaz *et al.*2017). El fósforo asume un papel esencial para las plantas ya que interviene en la propagación, y vigor debido a que ayuda a almacenar y transferir energía dentro de las plantas durante el proceso de fotosíntesis (Munera-Velez y Meza-Sepulveda 2012). La calidad de la fresa depende de una adecuada fertilización, y los nutrientes requeridos, en mayor medida, son: nitrógeno, potasio, calcio y fósforo, este último, con gran importancia en la fase de establecimiento y de floración (Gaskell 2014). Las plantas toman el fósforo como fosfato inorgánico; sin embargo, es uno de los macronutrientes menos disponibles en el suelo, ya que su disponibilidad se ve limitada, debido a su alta reactividad con los metales, junto con factores, tales como el pH y la composición del suelo (Plaxton & Lambers 2015). Por otro lado, encontraron que la aplicación de nitrógeno y de fósforo en diferentes dosis aumentó el número de frutos, respuesta que asociaron a que el fósforo es uno de los nutrientes que más requieren las plantas para su desarrollo, formando

compuestos relacionados a la base genética de la planta y componentes energéticos del metabolismo vegetal, como ATP y ADP, necesarios como fuente de energía, en procesos metabólicos para la formación de frutos (Li *et al.*, 2014). Además del nitrógeno y fósforo, el cultivo requiere de otros elementos minerales como son el K, Ca y Mg (Galindo- López *et al.*, 2018). El calcio es elemento que constituye las paredes y membranas celulares con movimiento vía corriente transpiratoria (Marschner, 2012). El Mg forma parte de la molécula de clorofila, molécula de gran importancia en la fotosíntesis y en la producción de fotoasimilados, necesarios en la formación de órganos y de estructuras (Taiz & Zeiger 2010).

Por lo comentado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de macrominerales del cultivo de fresa en tres ambientes y dos tipos de acolchado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Trabajo

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el área experimental del Departamento de Horticultura del *Campus* Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, ubicada a los 25° 22" de latitud norte, 101° 02" longitud oeste y la altitud de 1742 msnm, lugar con clima semiárido-cálido según la clasificación de Köppen-Geiger (BSh).

Establecimiento del Experimento

En el suelo, fueron construidas "camas de siembra" de 1.45m x 70cm; a éstas, se les colocaron dos canaletas PVC de 20cm x 20cm a 10 cm de distancia entre ellas, fueron forradas con plástico de polietileno en la base y se instaló en la parte inferior de cada canaleta, un tubo de PVC de 2" de diámetro, cortado por la mitad, perforado y que sirvió de drenaje. Las "camas" fueron llenadas con la mezcla del sustrato de "peat moss" con "perlita" (relación 70:30 p/p); posterior a ello, se instaló el sistema de riego por goteo a 25cm de distancia entre gotero y se acolcharon con plástico blanco

y negro. Con el fin de eliminar las sales del sustrato, se realizaron tres lavados con agua acidificada a pH 5.0 con ácido sulfúrico (H_2SO_4 diluido al 2%).

El experimento se estableció en tres ambientes: Invernadero de polietileno calibre 6000 blanco lechoso, con una altura cenital de 6m y de tecnología media. Malla sombra, tipo Rashel, con tamaño de orificio de 6x8mm (30% de sombreado) y Campo abierto (sin cubierta) y dos tipos de acolchado: Blanco y Negro. La combinación de los tres ambientes y los dos tipos de acolchado, generaron los siguientes tratamientos: Invernadero con acolchado blanco (IB), Invernadero con acolchado negro (IN), Campo abierto con acolchado blanco (CAB), Campo abierto con acolchado negro (CAN), Malla sombra con acolchado blanco (MB) y Malla sombra con acolchado negro (MN).

Se utilizaron plántulas del Cultivar "San Andreas", obtenidas de estolones de plantas adultas producidas en el período Junio- Septiembre de 2015 en macetas de poliestireno que contenían 30 g de la mezcla de "peat moss" con "perlita (relación 70:30 p/p). La distancia de plantación fue de 25 cm entre plantas y 70 cm entre "camas", lo que produjo una densidad de plantación de 40000 plantas/ha. Los riegos se aplicaron intercalados con solución nutritiva Steiner a diferente concentración (pH=5.5 y CE=1.3 dS m^{-1}) que contiene 12 de NO_3^{-1} , 1 de H_3PO_4 , 7 de SO_4^{-2} , 7 de K^+ , 9 de Ca^{+2} y 12 de Mg^{+2} (meq L^{-1}). Dicha solución se aplicó en un 50 % de trasplante a floración y el 100 % de esta etapa hasta cosecha de frutos. Además, se registraron las temperaturas máximas y mínimas diarias de cada uno de los ambientes durante el ciclo de cultivo.

A los 220 días después del trasplante (ddt), se midieron las variables: área foliar (AF) con un integrador de área foliar LI-3100C (LI-COR Biosciences, USA), al tejido vegetal de follaje, raíz y fruto, el peso fresco y seco (Balanza analítica- AND HR-200) y los contenidos de Nitrógeno total (NT) con MicroKjeldahl, (Rapid Destillation Unit , marca Labconco), el Fósforo (P) con espectrofotómetro UV-VIS (Thermo electron corporation, Biomate 5), el Potasio (K), el Calcio (Ca) y el Magnesio (Mg) con Espectrofotómetro de Absorción Atómica (GBC Scientific Equipment, Australia). Para conocer las cantidades adecuadas de los nutrimentos mencionados en el tejido vegetal de follaje, se emplearon los niveles propuestos Reuter y Robinson (1997) (Cuadro 1). Para la obtención de las muestras de los órganos vegetales, se colocaron en una estufa eléctrica de secado con aire forzado (Marca Mapsa, modeloHDP-334), a 70°C durante 72 h y se molieron hasta obtener polvo.

El experimento se distribuyó de acuerdo a un diseño experimental en bloques al azar, en cada ambiente con dos tipos de acolchado con tres repeticiones por tratamiento. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias LSD ($p \leq 0.05$) con el paquete estadístico InfoStat (2015), para Windows.

RESULTADOS

En el Cuadro 2, se puede observar que bajo condiciones de invernadero las temperaturas máxima y mínima son muy extremas; mientras que en los otros dos ambientes de producción no se presenta tanta variación. Lo anterior afecta el desarrollo de la fresa, porque este cultivo requiere de temperaturas entre 15 y 30 ° C.

En el Cuadro 3. En relación a los contenidos de materia fresca y seca de hojas, se puede establecer de manera general que los valores mayores se encontraron en malla sombra con los acolchados blanco (MB) y negro (MN) siendo estadísticamente iguales. El MB en comparación con IB se incrementa un 41.42 % y con campo abierto un 20% (CAB). En la materia fresca y seca de fruto los tratamientos que ejercieron el efecto superior fueron los ambientes de malla sombra (MB y MN) y en materia seca se añade CAB. El peso fresco de la raíz en MB, MN, CAB y CAN son estadísticamente iguales, para peso fresco y seco. Solo el MN no es igual, para el peso seco. Al comparar CAB con IA, se incrementa el peso fresco en 51.2 %, y CAN con IN el incremento es de 40.7%. En relación del peso seco de raíz fue para los tratamientos de campo abierto CAN, CAB y malla con acolchado blanco (MB).

Para la interacción de tres ambientes y dos tipos de acolchado de macronutrientes presentes en el tejido vegetal de hoja, raíz y fruto se presentan en el Cuadro 4. En hojas de plantas de fresa, todos

los valores encontrados están por encima del valor máximo, de tal forma que el mayor valor de nitrógeno fue en el ambiente de campo abierto con acolchado negro (CAN) ya que superó en 57.5 % a las plantas con acolchado blanco en invernadero (IB) y al IN con 19.5%, también para P el CAN produjo 49 % mayor cantidad comparado con IN. En potasio el MN supera en 72% al MB. El mayor valor para calcio fue para MN y supera 28 % a MB, Para magnesio fue CAN el que incrementó el 67% a diferencia de las plantas en invernadero con acolchado negro (IN). En la raíz (Cuadro 4) se observa que el ambiente CAN se encontraron los mayores valores de todos los macrominerales y en MB, el P, K y Mg. Para el fruto de fresa (Cuadro 4) el ambiente CAB solo incrementó el P, el MB el N, K, Ca y Mg; y el CAN solo el magnesio.

En la Figura 1, se observa que el área foliar de la fresa en campo abierto con los dos tipos de acolchado (CAB y CAN) presenta los valores inferiores, los valores medios de ésta variable se presentaron en el invernadero (IB y IN) y el área foliar mayor fue para la malla sombra con ambos acolchados (MB y MN) y aunque estadísticamente son iguales, la que predomina es la MB, que comparada con el IB se incrementa en 54.86 % y con CAB el 76.75%.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede establecer que las plantas bajo malla sombra y acolchado blanco fueron las que tuvieron la mayor área foliar aunado a un buen suplemento de nutrientes como el nitrógeno, quizá el acolchado blanco promueva el crecimiento de la raíz, mantenga en equilibrio la temperatura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. Al respecto, Aprodisia y Maina (2018) encontraron en fresa con acolchados de plástico que promueven el crecimiento de las plantas, lo cual se refleja en la producción.

Lo anterior concuerda con lo propuesto por Sharma *et al.* (2008) al sostener que las condiciones anteriores tienen efecto en la fisiología de la planta y el incremento del AF, además de que el nitrógeno tiene una relación directa con la producción de hojas interviniendo junto con el magnesio

en la síntesis de clorofila y fotosíntesis (Díaz *et al.*, 2017). Similar situación se presentó con los valores de materia fresca y seca en hoja, raíz y fruto. De acuerdo con Chu *et al.* (2016), cambios en la temperatura de la zona radicular pueden afectar la disponibilidad y traslocación de nutrientes y esto afecta a los diferentes órganos de la planta. En este experimento al comparar malla sombra (con temperaturas no tan variantes y valores medios) con el invernadero (temperaturas más altas), quizá esto produjo una disminución en el área foliar de la planta, así como la materia fresca y seca. Sin embargo, de acuerdo a Kumar *et al.* (2018) el acolchado negro en campo abierto logró el máximo crecimiento, con un peso de fruto de 21.13 g y calidad de fresa, además de la disminución de maleza. Aunque en esta investigación se encontró que en raíz el acolchado negro fue el que influyó en la disponibilidad de los macrominerales (N, P, K, Ca, y Mg) bajo condiciones de campo abierto. En fruto, la malla sombra con acolchado blanco (MB) incrementó la mayor disponibilidad de nutrientes como el N, K, Ca y Mg. En tomate, Nawaz *et al.* (2002), en follaje reportaron incrementos en los contenidos de fósforo (P) y potasio (K) con el “acolchado” negro.

CONCLUSIONES

En relación al peso fresco y seco de hojas, raíz y fruto de fresa, la mayor influencia se produjo con la malla sombra y campo abierto con acolchados negro y blanco, y el área foliar y nitrógeno con la malla sombra y acolchado blanco.

Los macrominerales como N, P, K, Ca y Mg mostraron la mejor respuesta en raíz con el ambiente de campo abierto y acolchado negro, y en fruto, la malla sombra con acolchado blanco los minerales anteriores a excepción del fósforo.

LITERATURA CITADA

Adakalú, K O, Okunade, D A, and Osunbitan, J A. 2006. Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils, *Geoderma*. 137:226-230.

Arun, T. 2016. Effect of different mulching practices on growth, yield and weed control in tomato (*Solanum lycopersicon* L.) Doctoral dissertation, college of horticulture, Rajendranagar

Hyderabad-500 030, Dr.Ysr Horticultural University. Aprodia, K and Maina, M. 2018. Effects of Grass and Plastic Mulch on Growth and Yield of Strawberries (*Fragaria x ananassa*) in Kiambu County, Kenya. Journal of Animal and Plant Science. 38(1): 6129-6137.

Chu, Q, Sha, Z, Nakamura, T. Oka, N. Osaki, M. and Watanabe, T. 2016. Differential responses of soybean and sorghum growth, nitrogen uptake, and microbial metabolism in the rizosphere to cattle manure application: A rhizobox study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64(43):8084-8094.

Díaz E L F, Dávalos G P A, Jofre y G A E, Martínez M T O. 2017. Fresa, Deficiencias y Síntomas. "Una Guía visual para fertilizar. INIFAP. Guanajuato, México. Folleto técnico 36. Primera edición. 34 p. ISBN: 978-607-37-0775-6

FAO, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Galindo-López, F. Pinzón-Sandoval, E H, Quintana-Blanco W A, Serrano P A, y Galán M. 2018. Evaluación de un termofosfato en el crecimiento y producción de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. 'Albión'. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(1):61-69.

Helaly, A A, Goda, Y, Abd El-Rehim, A.S., Mohamed, A.A., El-Zeiny, O.A.H. 2017. Effect of polyethylene mulching type on the growth, yield and fruits quality of *physalis pubescens*. Advances in Plants and Agriculture Research. 6(5):154–160.

Karp, K, Noormets, M, Paal, T. and Starast, M. 2006. The Influence of Mulching on Nutrition and Yield of "Northblue" Blueberry. Proc. VIIIth on Vaccinium Culture. Eds. L. Lopes da Fonseca et al. Acta Horticulturae 715. ISHS 2006.

Kasperbauer. M J. 2000. Strawberry yield over red versus black plastic mulch crop. Sci. 40:171- 174.

Keutgen A J and Pawelzik E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental & Experimental Botany* 65:170-176.

Ladaniya M S. 2008. *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. Elsevier Inc., Atlanta. 558p.

Lea P J, and Azevedo R A. 2006. Nitrogen use efficiency. Uptake of nitrogen from the soil. *Annals of*

Applied Biology 149, 243-247.

Li H, Li T, Gordon R J and Asiedu S. 2009a. Relationships of strawberry nursery plant propagation with soil phosphorus, iron and water variation. In 'Proc. 16th International Plant Nutrition Colloquium. Functions, Interactions and Diagnosis of Nutrient Status'. p. 17-19.

Marschner, P. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. 3rd. Ed. Elsevier. Oxford, UK. 645p

Maughan, T. and Drost, D. 2016. *Use of Plastic Mulch for Vegetable Production*. Extension Department of Utah State.

Mouhu, K, Kurokura, T, Koskela, E A, Albert, V A, Elomaa, P, and Hytonen, T. 2013. The *Fragaria vesca* homolog of suppressor of overexpression of constans 1 represses flowering and promotes vegetative growth. *Plant Cell*. 25:3296-3310.

Munera-Velez G A y Meza-Sepulveda D C. 2012. *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Universidad Tecnológica de Pereira. 52p.

Nawaz, ACH., Alí, S., Hassan, I. 2002. Effect of Different Colored Plastic Mulches on the Yield and Nutrient Contents of Tomato Plant. *Asian Journal of Plant Science*. 1(4): 388-389. ISSN 1682-3974.

Reuter, D and Robinson, J B. 1997. *Plant analysis: An interpretation manual*. Second edition. Ed Kobo. eBook. 800p. ISBN: 9780643101265

Sharma, R., Singh, R.D. and Gupta, R.K. 2008. Influence of row covers and mulching interaction on leaf physiology, fruit yield and albinism incidence in sweet charlie strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Fruits*. 63:103-110.

Taiz L y Zeiger E. 2010. *Plant. Physiology*. 5th ed. Sinauer Associates Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A. 778p.

Unite States Environmental Protection Agency. EPA. 2019. *Effects of Plastics in Agriculture in the Jordan Valley: Utility, Impact and Alternative Approaches*. Agosto del 2019. Departament of State. U.S.A.

Cuadro 1. Niveles de macronutrientes del tejido vegetal de follaje de la fresa (Reuter y Robinson ,1997).

Elemento	Cantidades (%)
N	2.0 – 2.5
P	0.3 – 0.5
K	2.0 – 3.0
Ca	1.5 – 2.0
Mg	0.4 – 0.6

Cuadro 2. Comportamiento de la temperatura de los ambientes durante el desarrollo del cultivo de fresa (Septiembre- Abril 2016).

Ambiente	Máxima	Mínima
	°C	
Invernadero	47.56	5.09
Campo abierto	21.80	8.78
Malla sombra	25.20	12.41

Cuadro 3. Contenido de materia fresca y seca de hojas, frutos y raíz de fresa en tres ambientes y dos acolchados a 220 ddt

Tratamiento	Materia fresca (g)	Materia seca (g)
Hojas		
IB	55.09 bc	10.70 abc
IN	32.97c	5.67c
CAB	75.32b	6.21bc
CAN	76.49ab	6.29bc
MB	94.05a	13.24ab
MN	73.87ab	15.49a
Fruto		
IB	24.04c	3.37b
IN	29.05c	3.75b
CAB	46.59b	5.19a
CAN	31.94c	3.03b
MB	53.11ab	5.33a
MN	59.06a	5.31a
Raíz		
IB	21.62bc	3.78bc
IN	15.27c	2.37c
CAB	42.20 ^a	7.51ab
CAN	37.49 ^a	6.75ab
MB	39.60a	9.65a
MN	35.53ab	5.66bc

Dónde: IB: Invernadero con acolchado blanco, IN: Invernadero con acolchado negro, CAB: Campo abierto con acolchado blanco, CAN: Campo abierto con acolchado negro, MB: Malla sombra con acolchado blanco, MN: Malla sombra con acolchado negro. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

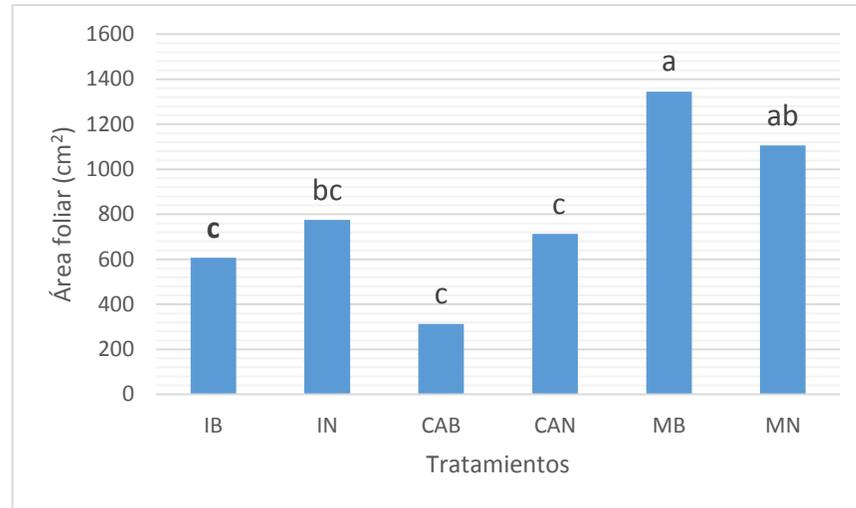
Cuadro 4. Contenido mineral en hojas, raíz y frutos de fresa, por efecto de tres ambientes y dos acolchados a 220 ddt

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(mg/100 g)				
Hojas					
IB	2.57c	3.60d	23.43d	1.93d	5.70b
IN	3.60b	2.17e	27.43c	2.50c	4.27d
CAB	4.03ab	4.57c	28.57bc	3.40b	5.73b
CAN	4.47a	7.33a	23.23 d	3.53b	6.33 a
MB	2.67c	5.47b	22.87d	3.33b	4.70c
MN	4.07ab	3.60d	31.77 a	4.23a	4.37cd
Raíz					
IB	1.27d	5.33b	1.73c	0.33d	0.67bc
IN	1.20d	5.00b	1.60cd	0.41c	0.44c
CAB	1.80b	4.33bc	2.57b	0.45bc	0.75ab
CAN	2.47a	7.33a	3.50a	0.56a	0.96a
MB	1.47c	8.33a	3.63a	0.33d	0.74ab
MN	1.57c	3.00c	1.23d	0.47b	0.53bc
Fruto					
IB	0.94c	1.77d	14.77d	0.35d	3.57c

IN	0.75d	2.57b	13.73d	0.35d	3.10d
CAB	0.96c	3.63a	15.57cd	0.38c	4.30b
CAN	1.07b	2.23c	19.47c	0.42b	4.77a
MB	1.50a	2.83b	26.63a	0.48 a	4.80a
MN	0.75d	1.83d	13.87d	0.33d	3.17d

Dónde: IB: Invernadero con acolchado blanco, IN: Invernadero con acolchado negro, CAB: Campo abierto con acolchado blanco, CAN: Campo abierto con acolchado negro, MB: Malla sombra con acolchado blanco, MN: Malla sombra con acolchado negro. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Figura 1. Área foliar en plantas de fresa por efecto de tratamientos en tres ambientes y acolchados a 220 ddt.



Dónde: IB: Invernadero con acolchado blanco, IN: Invernadero con acolchado negro, CAB: Campo abierto con acolchado blanco, CAN: Campo abierto con acolchado negro, MB: Malla sombra con acolchado blanco, MN: Malla sombra con acolchado negro. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES GENERALES

Los sistemas de producción afectaron la calidad fisicoquímica de los frutos, los sistemas de producción que mejores atributos de calidad conservo 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.

En relación al peso fresco y seco de hojas, raíz y fruto de fresa, la mayor influencia se produjo con la malla sombra y campo abierto con acolchados negro y blanco, y el área foliar y nitrógeno en la malla sombra y acolchado blanco.

Los macrominerales como N, P, K, Ca y Mg mostraron la mejor respuesta en raíz en campo abierto y acolchado negro, y en fruto, la malla sombra con acolchado blanco los minerales anteriores a excepción del fósforo.