

Año  
2019

Efecto de MeJ e iluminación suplementaria  
con LED en un cultivo intensivo de fresa.

Jesús Morales  
García



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería

**Efecto de MeJ e iluminación suplementaria con LED  
en un cultivo intensivo de fresa.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el  
diploma/grado de

Licenciatura en:

Ingeniería Agroindustrial

Presenta

Jesús Morales García

Amealco de Bonfil Noviembre de 2019.



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Lic. Ingeniería Agroindustrial

Efecto de MeJ e iluminación suplementaria con LED en un cultivo intensivo de fresa.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma/grado de

Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial

Presenta:

Jesús Morales García

Dirigido por:

Dr. Luciano Ávila Juárez

**SINODALES**

Presidente

Dr. Luciano Ávila Juárez

Secretaria

M. en C. K. Nicol Hernández Puente

Vocal

Dra. Marcela Vargas Hernández

Suplente

Dr. Juan Manuel Vera Morales

  
Dr. Manuel Toledano Ayala

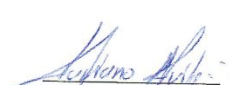
Director de la Facultad

Firma

Firma

Firma

Firma

  
Dr. Luciano Ávila Juárez

Coordinador de Ing. Agroindustrial

Campus Ámealco

Querétaro, México.

Noviembre de 2019

## RESUMEN

En México la mayor producción de fresa se lleva a cabo en suelo, este sistema subutiliza espacios y genera bajos rendimientos por unidad de área con calidad estándar. El objetivo de este trabajo fue de determinar el efecto de la iluminación suplementaria con diodo emisor de luz (LED) y aspersiones foliares de Metil Jasmonato (MeJ) en un cultivo de producción intensivo de fresa. Los tratamientos evaluados fueron: irradiación con LED por 12 horas (T1), irradiación con LED por 4 horas (T2), irradiación con LED por 12 horas + Metil Jasmonato a concentración de 1 mM (T3), irradiación con LED por 4 horas + Metil Jasmonato a concentración de 1 mM (T4), sin irradiación con LED y sin Metil Jasmonato (T5) y sin irradiación con LED + Metil Jasmonato a concentración de 1 mM (T6), contando con 4 repeticiones y 3 unidades experimentales. La estructura de producción intensiva de fresa consto de 4 niveles verticales de tubos de PVC con una separación de 30 cm entre cada nivel y estos fueron montados en perfil tubular rectangular (PTR). El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro campus Amealco en la facultad de Ingeniería con coordenadas 20.175284 Norte, -100.136834 Oeste. Se utilizaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) de la variedad ALBION de día neutro a una densidad de 24 plantas m<sup>-2</sup>, regadas por medio de un sistema de riego por goteo con la solución nutritiva universal de Steiner (1984) al 30% y como sustrato se utilizó fibra y polvo de coco manteniendo una conductividad eléctrica de 1.2 mS cm<sup>-1</sup> y un pH de 5.9. Las variables ambientales evaluadas fueron: humedad relativa (HR%), temperatura (T °C), radiación solar (W m<sup>-2</sup>) e iluminación en cada nivel (Lux), dentro de las variables fisiológicas se evaluó el rendimiento en función de gramos por planta y el contenido de clorofila en hoja (Unidades SPAD), dentro de las variables fisicoquímicas se evaluó: tamaño, firmeza y grados brix. Siendo T1 el tratamiento que mejores resultados mostro en cuanto a rendimiento acumulado y calidad, alcanzando 85.3 g/planta, 3 cm de diámetro ecuatorial, 0.72 kg<sub>f</sub> de firmeza y 9.14% de °Brix. Por lo cual se concluyó que la combinación de LED y MeJ solamente permite incrementar la calidad nutracéutica en fresa. Para incrementar rendimientos y la calidad nutracéutica la irradiación con LED por sí sola, mostró los mejores resultados respecto a la aplicación de MeJ por sí sola.

(Palabras clave: LED; Metil Jasmonato; Calidad; Rendimiento; Fresa.)

## SUMMARY

In Mexico the largest strawberry production takes place in soil, this system underutilized spaces and generates low yields per unit area with standard quality. The aim of this study was to determine the effect of supplemental lighting with light emitting diode (LED) and foliar sprays of Methyl Jasmonate (MeJ) in a culture of intensive strawberry production. The treatments were: LED irradiation for 12 hours (T1), LED irradiation for 4 hours (T2), LED irradiation for 12 hours + Methyl Jasmonate at a concentration of 1 mM (T3), LED irradiation for 4 hours + Methyl Jasmonate at a concentration of 1 mM (T4), without irradiation with LED without Methyl Jasmonate (T5), and without irradiation LED + Methyl Jasmonate at a concentration of 1 mM (T6), with 4 replications and 3 experimental units. The structure of intensive production of strawberry consisted of four vertical levels of PVC pipe with a spacing of 30 cm between each level and these were mounted in rectangular tubular profile (PTR). The experiment was carried out at the premises of the Autonomous University of Queretaro campus Amealco at the Faculty of Engineering with North coordinates 20.175284, -100.136834 West. Plants of strawberry were used (*Fragaria x ananassa* Duch.) of the ALBION variety neutral day at a density of 24 plants m<sup>-2</sup>, watered by a drip irrigation system with universal nutrient solution Steiner (1984) at 30% and as a substrate fiber and coconut powder was used while maintaining an electrical conductivity of 1.2 mS m<sup>-1</sup> and a pH of 5.9. The environmental variables evaluated were: relative humidity (% RH), temperature (T ° C), solar radiation (W m<sup>-2</sup>) and lighting at each level (Lux), of physiological variables yield was evaluated in terms of grams per plant and leaf chlorophyll content (SPAD units) within the physicochemical variables were evaluated: size, firmness and brix. T1 being the treatment that showed the best results in terms of yield and quality, reaching 85.3 g/plant, 3 cm of equatorial diameter, 0.72 kgf of firmness and 9.14% of °Brix. For which it was concluded that the combination of LED and MeJ only allows to increase the nutraceutical quality in strawberry. To increase yields and the nutraceutical quality, irradiation with LED alone showed the best results with respect to the application of MeJ on its own.

(Key words: LED; Methyl Jasmonate; Quality; Yield; Strawberry)

## II ÍNDICE

Resumen	I
Summary	II
Índice	III-IV
Índice de cuadros	V
Índice de figuras	VI-VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1. Generalidades de la fresa .....	2
2.1.1. Compuestos bioactivos.....	3
2.2. Sistemas de producción de fresa.....	4
2.2.1. Producción hidropónica vertical .....	4
2.3. Iluminación Suplementaria.....	5
2.3.1. Iluminación suplementaria con LED .....	6
2.4. Metil Jasmonato como elicitador .....	7
3. PROBLEMÁTICA.....	8
4. JUSTIFICACIÒN.....	9
5. HIPÒTESIS .....	9
5.1. Hipòtesis .....	9
6. OBJETIVO .....	9
6.1. Objetivo .....	9
7. METODOLOGÍA.....	9
7.1. Ubicación geográfica.....	9
7.2. La estructura del sistema vertical .....	10
7.3. El sistema de riego.....	10
7.4. El sistema de Iluminación Suplementaria con LED .....	11
7.5. La planta y el sustrato.....	12
7.6. Preparación de Metil Jasmonato.....	12
7.6.1. Elicitación foliar.....	12
7.7. Diseño experimental .....	13

7.8. Variables evaluadas.....	14
7.8.1. Ambientales.....	14
7.8.2. Fisiológicas.....	15
7.8.3. Fisicoquímicas.....	15
7.9. Análisis estadístico.....	16
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
8.1. Ambientales.....	16
8.1.1. Humedad Relativa (HR%).....	16
8.1.2. Temperatura (T °C).....	17
8.1.3. Radiación solar (W m <sup>-2</sup> ).....	17
8.1.4. Lux (klx).....	17
8.2. Fisiológicos.....	19
8.2.1. Rendimiento acumulado (g planta <sup>-1</sup> ).....	19
8.2.2. Rendimiento promedio (g fresa <sup>-1</sup> ).....	20
8.2.3. Lecturas SPAD.....	21
8.3. Fisicoquímicos.....	22
8.3.1. Tamaño del fruto (cm).....	22
8.3.2. Firmeza kg <sub>f</sub> .....	23
8.3.3. Grados Brix (%).....	24
9. CONCLUSIONES.....	25
10. LITERATURA CITADA.....	26

## ÌNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
7.3.2	Sales comerciales utilizadas en el experimento	11
7.7.1	Diseño de tratamientos utilizados	13
7.8.3.1	Tamaño de frutos según la norma NMX-FF-062-SCFI-2002 para productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – fresa ( <i>Fragaria x ananassa</i> Duch).	15
8.1.1	Porcentaje de humedad relativa	16
8.1.2	Temperatura en Grados Celsius	17
8.1.3	Radiación Solar en watts sobre metro cuadrado	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
7.2.1 Estructura de PTR de 1 ½" con cuatro niveles verticales de tubos de PVC de 4" que contenían la maceta con la planta de fresa y a su vez servían como drenaje.	10
7.4.1 Ubicación de tubos LED para plantas en estructura de PVC.	12
7.7.1. Diseño del experimento, entre tratamientos había una distancia de dos metros, entre tratamientos sin MeJ y con MeJ hubo una distancia de ocho metros (T= Tratamiento).	14
8.1.1.1 Luxes a las 9 a.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	17
8.1.1.2 Luxes a las 1 p.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	18
8.1.1.3 Luxes a las 5 p.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	19
8.2.1.1 Rendimiento acumulado (g planta <sup>-1</sup> ). Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes	20



(Tukey  $P \leq 0.05$ ).  
VI

8.2.2.1 Rendimiento promedio (g fresa <sup>-1</sup> ). Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	21
8.2.2.1 Lecturas SPAD. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	21
8.3.1.1 Diámetro ecuatorial en cm. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	23
8.3.2.1 Firmeza expresada en kgf. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	24
8.3.3.1 Grados Brix expresados en %. Medias con letra (s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$ ).	24

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la fresa depende de su apariencia, tamaño, firmeza y composición química (Gunness *et al.*, 2009). Para producir frutos de fresa de gran calidad, la cantidad plena de luz de sol es un componente clave (Klamkowski y Treder, 2008). Además se ha demostrado que un alto consumo de fresas ha sido asociado con una menor incidencia de enfermedades crónicas como cáncer (Zhang *et al.*, 2008).

Las fresas son una rica fuente de compuestos fitoquímicos principalmente representados por polifenoles (Giampieri *et al.*, 2012). Estos compuestos fenólicos cuentan con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiescleróticas, antiinflamatorias y antineurodegenerativas (Kajdzanoska *et al.*, 2010).

Para la producción de fresa en México, existen tres sistemas de nivel tecnológico (Pimentel, 2008). Los cuales cuentan con un pobre aprovechamiento del espacio. Es por esto que implementamos el sistema de hidroponía vertical debido a que aprovecha las ventajas de la hidroponía horizontal y adiciona otras, especialmente las referentes al mejor aprovechamiento del área de los invernaderos (Furlani y Junior, 2007).

Para la fotosíntesis las plantas solo utilizan la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), y esta corresponde solo a un 48% de la radiación solar total incidente (Jones, 1992). Y en el proceso de la fotosíntesis los picos de mayor absorción de la clorofila están entre los 435 nm y 665 nm (Li *et al.*, 2008).

Comparado con la iluminación ordinaria, el diodo emisor de luz (LED) cuenta con características como: diferentes longitudes de onda, ahorro de energía, larga vida útil, tiempo de respuesta corto, pequeño tamaño, peso ligero, poco calor fácil de dispersar (Zhang *et al.*, 2011). Además usando LED podemos obtener diferentes calidades de luz, control de intensidad luminosa, y la eficiencia energética es de 80 a 90% (Wei *et al.*, 2007).

El Metil Jasmonato (MeJ) es una fitohormona con una distribución ubicua en las plantas y generalmente considerada para modular respuestas de defensa, florecimiento y senescencia (Cheong y Choi, 2003).

Según Jin et al. (2009) muchos investigadores han reportado el uso de MeJ como elicitador para obtener alimentos funcionales con mayor contenido de compuestos que promueven la salud.

En base a lo anterior sabemos que la producción de fresa con los sistemas tradicionales trae consigo un mal aprovechamiento del espacio y por lo tanto bajos rendimientos en comparación con el sistema vertical, se necesita incrementar rendimientos y esto se logra con el uso de LED y para aumentar la calidad de los frutos el uso de MEJ es una solución eficaz.

El objetivo de este trabajo fue el de determinar el efecto de la iluminación suplementaria con diodo emisor de luz (LED) y aspersiones foliares de Metil Jasmonato (MeJ) en un cultivo de producción intensivo de fresa.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de la fresa

La fresa es nativa de las regiones templadas del planeta, es una hierba perenne, sus raíces son fasciculadas; se componen de raíces y raicillas. En condiciones óptimas, la planta pueden alcanzar entre dos y tres metros de longitud, aunque lo normal es que no sobrepasen los cuarenta centímetros; aun en estos casos, la mayor parte de la planta se encuentra en los primeros 25 centímetros. Las flores son blancas y se organizan en cimas. Tienen cáliz de cinco piezas hendidas, cinco pétalos redondeados y numerosos estambres y pistilos. El fruto es el resultado de la agregación de muchos carpelos secos diminutos sobre un receptáculo pulposo de color rojo escarlata. La fresa es la única fruta que tiene las semillas en la piel (SAGARPA-SIAP, 2015) y según Lolaei et al. (2013) la fresa es el cultivo de Berry más importante en el mundo.

El crecimiento de la planta de la fresa depende de las condiciones de luz y la temperatura ambiental. Las altas temperaturas y los días largos, con más de 12 horas de luz, hacen que crezca excesivamente. La baja temperatura y los días cortos inducen la floración. La óptima es de 14 °C, aunque se adapta bien entre los 10 y los 20 °C. La zona más apta para la producción de esta fruta se ubica entre los mil trescientos y dos mil metros sobre el nivel del mar (SAGARPA-SIAP, 2015).

La calidad de la fresa depende de su apariencia, tamaño, firmeza y composición química (Gunnness *et al.*, 2009). Los valores de estos atributos determinan el valor del cultivo y la aceptación por parte del consumidor. El color es tal vez el atributo más importante (Silva *et al.*, 2007).

La disponibilidad de agua y cantidad plena de luz de sol son componentes clave para producir frutos de fresa de gran calidad (Klamkowski y Treder, 2008).

Las fresas son económica y comercialmente importantes y ampliamente consumidas en forma fresca o procesada, tales como mermeladas, jugos y jaleas. Es por eso que se encuentran entre las bayas más estudiadas desde el punto de vista agronómico, genómico y nutricional (Giampieri *et al.*, 2012).

Un alto consumo de fresas ha sido asociado con una menor incidencia de enfermedades crónicas como cáncer (Zhang *et al.*, 2008).

#### 2.1.1. Compuestos bioactivos

Las fresas contienen muchos componentes dietéticos importantes incluyendo vitaminas, minerales, ácido fólico y fibra, y son una rica fuente de compuestos fitoquímicos principalmente representados por polifenoles (Giampieri *et al.*, 2012). Además, los compuestos fenólicos que contiene la fresa cuentan con efectos prometedores para la salud (Battino *et al.*, 2009).

La fresa contiene compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiescleróticas, antiinflamatorias y antineurodegenerativas (Kajdzanoska *et al.*, 2010).

El grupo de compuestos fenólicos que más atención ha recibido son las antocianinas responsables de la coloración roja en las berries, la concentración y composición de estas son importantes para la calidad sensorial de los frutos además de posiblemente contar con efectos benéficos para la salud (Aaby *et al.*, 2012).

Los beneficios resultantes del uso de productos naturales ricos en sustancias bioactivas ha promovido un interés creciente por parte de industrias farmacéuticas, cosméticas y de comida (Panico *et al.*, 2009).

Una mayor comprensión de los mecanismos y factores que rigen la biodisponibilidad de fitoquímicos en fresa será crucial para permitir el desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales y permitirá a los consumidores ganar aún más beneficios para la salud por el consumo de fresa (Giampieri *et al.*, 2012).

## 2.2. Sistemas de producción de fresa

Para la producción de fresa en México, existen tres sistemas de nivel tecnológico. Sistema tradicional; con riego rodado y sin uso de cubiertas plásticas. Sistema de producción de mediana tecnología; utilizando riego por goteo con y sin uso de acolchado y sistema de producción de alta tecnología; con riego por goteo, uso de acolchado y macrotunel (Pimentel, 2008).

### 2.2.1. Producción hidropónica vertical

La hidroponía vertical aprovecha las ventajas de la hidroponía horizontal y adiciona otras, especialmente las referentes al mejor aprovechamiento del área de los invernaderos (Furlani y Junior, 2007).

El sistema vertical de cultivos hidropónicos contribuye a una mejor utilización de la energía, y a un uso más eficiente del espacio en invernaderos lo que resulta en mayores rendimientos por unidad de área (Paraskevopoulou *et al.*, 1995). Las fresas que crecen en tales condiciones presentan un menor

consumo de agua, requieren menos herbicidas, el fruto se mantiene limpio, se aumenta el tamaño del fruto, y se gana precocidad y calidad en el fruto (Yuan y Sun, 2004).

Con los sistemas verticales de cuatro tubos y vertical con macetas hidropónicas se obtienen los frutos de fresa de mejor calidad (tamaño y grados de calidad) (Gómez, 2011).

Furlani y Junior (2007) observaron al comparar tres sistemas de producción de fresa (NFT, Suelo y Vertical) una disminución en la producción de frutos, peso medio y estolones por planta en los niveles inferiores del sistema vertical, esto debido a que la radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue menor en estos debido al efecto de autosombra; sin embargo obtuvieron resultados positivos con el sistema vertical en el rendimiento por área y contaron con una mayor facilidad en la manipulación del cultivo.

### 2.3. Iluminación Suplementaria

Para la fotosíntesis las plantas solo utilizan la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), y esta corresponde solo a un 48% de la radiación solar total incidente (Jones, 1992).

En uvas (*Vitis vinifera* L.), la exposición de luz puede tener un gran efecto en la calidad de la fruta y el valor comercial; sin embargo los mecanismos de acción de la luz aun no son bien entendidos (González *et al.*, 2015).

La insuficiencia de luz en un invernadero conlleva a que se desarrollen plagas y enfermedades, es por esto que la iluminación se ha convertido en un factor clave que restringe el desarrollo de la agricultura (Li *et al.*, 2008).

Según Hidaka *et al.* (2014) la luz es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento de la plantas, e influencia directamente la fotosíntesis y el rendimiento en fresa, por lo tanto inadecuados niveles de iluminación frecuentemente llevan a un decremento de la productividad en invernaderos, consecuentemente un sistema de iluminación suplementaria es una técnica que es importante para obtener grandes rendimientos en la producción de fresa.

La luz es una de las variables más importantes que afectan las concentraciones de fitoquímicos en las plantas (Samuolienė *et al.*, 2012).

En el proceso de la fotosíntesis en plantas los picos de mayor absorción de la clorofila *a* son cerca de 435 nm y 665 nm, y de la clorofila *b* son cerca de 465 nm y 640 nm (Li *et al.*, 2008).

La luz roja y azul tienen el mayor impacto en el crecimiento de las plantas y la biosíntesis de metabolitos secundarios, debido a que son la mayor fuente de energía para la asimilación fotosintética de CO<sub>2</sub> (Lin *et al.*, 2013). Además Xu *et al.* (2014) encontraron que el tratamiento con luz azul podría mantener la calidad y mejorar el valor nutricional en fruto de fresa.

En el cultivo tradicional generalmente son usadas lámparas fluorescentes, de halogenuros metálicos, vapor de sodio de alta presión e incandescentes, pero debido al pobre espectro de luz que aportan su efecto promotor de crecimiento y desarrollo en las plantas es muy deficiente (Kim *et al.*, 2004).

### 2.3.1. Iluminación suplementaria con LED

Comparado con la iluminación ordinaria, el diodo emisor de luz (LED) cuenta con características como: diferentes longitudes de onda, ahorro de energía, larga vida útil, tiempo de respuesta corto, pequeño tamaño, peso ligero, poco calor fácil de dispersar (Zhang *et al.*, 2011). Además usando LED podemos obtener diferentes calidades de luz, control de intensidad luminosa, y la eficiencia energética es de 80 a 90% (Wei *et al.*, 2007).

Hidaka *et al.* (2013) compararon el efecto en plantas de fresa irradiadas por dos tipos de fuentes de iluminación comercial: LED's y lámparas fluorescentes con un fotoperiodo de 12 horas (6:00 a 18:00) y observaron que se logró aumentar significativamente más la tasa fotosintética obteniendo una mejor calidad de fruto y un incremento en el rendimiento en aquellas irradiadas con LED's.



Li et al. (2008) encontraron que no hubo diferencia en número flores y frutos en plantas de fresa irradiadas con LED por 4 horas a diario de 6:00 am a 8:00 am y de 6:00 pm a 8:00 pm y las sometidas a luz natural, pero en aquellas irradiadas con LED aumentó significativamente el crecimiento vegetativo, también encontraron que la intensidad de los LED`s está directamente relacionada con el crecimiento vegetativo de la fresa.

En base a lo anterior se podría decir que el tiempo óptimo a ser irradiadas con LED`s plantas de fresa es de 12 horas, sin embargo si se cuenta con una iluminación natural suficiente y no existe mucho efecto de sombra debido a las nubes o a la propia estructura del cultivo bastaría con irradiar con LED`s en la mañana y por la tarde cuando la iluminación natural se encuentra en niveles bajos esto claro sin sobrepasar el fotoperiodo óptimo de 12 horas.

#### 2.4. Metil Jasmonato como elicitor

El Jasmonato es el mayor derivado de la hormona ácido jasmónico presente en la planta y tiene un papel crítico en inducir la resistencia a hongos patógenos (Lolaei *et al.*, 2013).

El Metil Jasmonato (MeJ) es una fitohormona con una distribución ubicua en las plantas y generalmente considerada para modular respuestas de defensa, florecimiento y senescencia (Cheong y Choi, 2003). Por otro lado Mukkun y Singh (2009) concluyeron que el MeJ modula la maduración de la fresa. Algunas otras de las características que modula el MeJ son la degradación de la clorofila, la formación de antocianinas (Pèrez *et al.*, 1997) y el desarrollo de aroma (Olias *et al.*, 1992).

Según Jin et al. (2009) muchos investigadores han reportado el uso de MeJ como elicitor para obtener alimentos funcionales con mayor contenido de compuestos que promueven la salud. En adición algunos investigadores han reportado la mejora en la actividad antioxidante en berries tratadas con MeJ (Chanjirakul *et al.*, 2007).

El MeJ juega un papel importante promoviendo la biosíntesis de metabolitos secundarios (Creelman y Mullet, 1997). Estos últimos promueven no solamente la resistencia a enfermedades en las plantas sino también incrementan el valor comercial debido a los beneficios que aportan a nuestra salud (Flores *et al.*, 2013).

Se ha reportado que la aplicación exógena de MeJ en moras, arándanos y fresas resulta en un incremento en el contenido de flavonoides (de la Peña Moreno *et al.*, 2010). También por otro lado Flores *et al.* (2013) encontraron que el Metil Jasmonato promueve una capacidad antioxidante y antiinflamatoria en la fresa por medio de la estimulación y producción de compuestos fenólicos y antocianinas.

Lolaei *et al.* (2013) concluyeron que realizando tres veces una aspersión foliar cada cinco días de MeJ a una concentración de 1 mM en plantas de fresa en estado temprano de color rosa en precosecha, afecto positivamente la cantidad de ácido ascórbico, antocianinas y el total de sólidos solubles durante su desarrollo, redujo todos los rasgos de crecimiento vegetativo y número de hojas, además el número de frutos por planta se redujo pero el peso del fruto se incrementó.

### 3. PROBLEMÁTICA

Podemos incrementar los rendimientos si intensificamos los cultivos bajo invernadero, esto es incrementando la densidad de plantación. Sin embargo lo anterior nos lleva a pensar en una mejor distribución no solo de las plantas sino de la luz adecuada para incrementar los rendimientos.

La producción a campo abierto y en macrotunel son los métodos que mayormente se utilizan para la fresa y la producción de esta bajo el sistema de producción vertical puede en lugar de incrementar disminuir los rendimientos debido al efecto de sombra que ocasiona la estructura misma. Por otro lado, la calidad puede verse afectada en fruto de fresa debido a la disminución de luz recibida por la planta.

#### 4. JUSTIFICACIÒN

La producción de fresa a campo abierto y en macrotunel trae consigo un mal aprovechamiento del espacio y por lo tanto bajos rendimientos con calidad estándar en comparación con el sistema vertical, se necesita incrementar rendimientos y esto se logra con el uso de LED y para aumentar la calidad de los frutos el uso de MEJ es una solución eficaz.

#### 5. HIPÒTESIS

##### 5.1. Hipótesis

La combinación de LED y MeJ incrementa los rendimientos y la calidad nutracéutica en fresa.

#### 6. OBJETIVO

##### 6.1. Objetivo

Determinar el efecto de la iluminación suplementaria con diodo emisor de luz (LED) y aspersiones foliares de Metil Jasmonato (MeJ) en rendimiento, tamaño, firmeza y grados brix en un cultivo de producción intensivo de fresa.

#### 7. METODOLOGÍA

##### 7.1. Ubicación geográfica

La presente se llevó a cabo en el periodo del 12 de Octubre de 2015 al 9 de Enero del 2016 en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro campus Amealco en la facultad de Ingeniería con coordenadas 20.175284 Norte, -100.136834 Oeste.

## 7.2. La estructura del sistema vertical

El sistema de producción intensiva vertical consto de una base formada de perfil tubular rectangular (PTR) de 1 ½" con una altura de 2.50 m de los cuales 40 cm se enterraron y hubo una separación de 2.40 m entre ellos, en esta estructura se colocaron cuatro niveles verticales de tubos de PVC de 4" con una longitud total de 44 m, con separación del suelo al primer nivel de 45 cm y de 30 cm entre niveles, estos a su vez sirvieron como drenaje y contenían la maceta con la planta de fresa.



Figura 7.2.1 Estructura de PTR de 1 ½" con cuatro niveles verticales de tubos de PVC de 4" que contenían la maceta con la planta de fresa y a su vez servían como drenaje.

## 7.3. El sistema de riego

Por medio de un sistema de riego por goteo (riego localizado) se nutrieron las plantas con la solución nutritiva universal de Steiner (1984) al 30%.

Cuadro 7.3.2 Sales comerciales utilizadas en el experimento.

Fuente		Cantidad (g 2800 <sup>L-1</sup> )
1	Nitrato de calcio	882.53
2	Nitrato de potasio	237.00
3	Fosfato monopotásico	114.40
4	Sulfato de potasio	241.01
5	Sulfato de magnesio	417.37
6	Sulfato de manganeso	1.60
7	Quelato de Fe al 13.2%	8.41
8	Molibdato de amonio	0.074
9	Sulfato de zinc	0.25
10	Sulfato de cobre pentahidratado	0.065
11	BORAX	3.259
12	Ácido sulfúrico 98%	70 mL

Se mantuvo una conductividad eléctrica de 1.2 mS m<sup>-1</sup>, se ajustó el pH a 5.9 con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se realizaron 22 riegos por día, teniendo un consumo total por planta de 0.9 L día<sup>-1</sup>.

#### 7.4. El sistema de Iluminación Suplementaria con LED

La iluminación consto de 16 tubos de LED de 120 cm de longitud, con una potencia de 18 Watts, marca LED México, que aportan longitudes de onda de 630 nm (rojo) y 450 nm (azul) y vienen con una relación de color rojo:azul 7:1.

Se colocó un tubo de LED sobre la base de cada nivel de tubo de PVC, a una distancia de 30 cm sobre la planta de fresa.

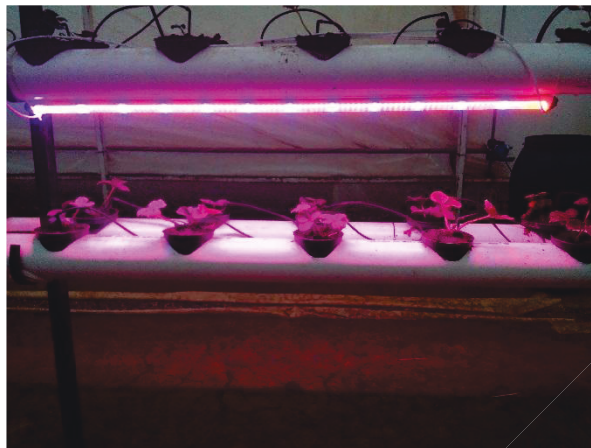


Figura 7.4.1 Ubicación de tubos LED para plantas en estructura de PVC.

#### 7.5. La planta y el sustrato

Se realizó la siembra de 72 plántulas de fresa día neutro de la variedad Florida Festival en macetas negras plásticas de 4" de diámetro con una separación entre planta y planta de 30 cm, como sustrato se utilizó fibra y polvo de coco.

#### 7.6. Preparación de Metil Jasmonato

Se realizó la mezcla de 5.20 mL de Alcohol Etilico 96° (Contenedores y Químicos de México, S.A. de C.V.) con 45 mL de agua bidestilada (J.T. Baker, México), de esta mezcla se separaron 25 mL a los cuales se les agrego 5.73 mL de MeJ (Sigma-Aldrich®, USA) luego se incorporó en un garrafón de 5 L de agua bidestilada.

##### 7.6.1. Elicitación foliar.

La primer aspersión foliar se realizó cuando la fresa se encontraba en estado temprano de color rosa en precosecha y el tratamiento que se realizó fue: una aspersión foliar en el haz y envés hasta punto de goteo cada cinco días por tres ocasiones.

### 7.7. Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos contando con seis tratamientos con cuatro repeticiones y tres unidades experimentales.

Cuadro 7.7.1 Diseño de tratamientos utilizados.

Tratamiento	Horas LED	Metil Jasmonato 1 mM
1	12 h (6 am a 6 pm)	No
2	4 h (6 am a 8 am y 4 pm a 6 pm)	No
3	12 h (6 am a 6 pm)	Si
4	4 h (6 am a 8 am y 4 pm a 6 pm)	Si
5 (Control)	0 h	No
6 (Control)	0 h	Si



Figura 7.7.1 Diseño del experimento, entre tratamientos había una distancia de dos metros y entre tratamientos sin MeJ y con MeJ existió una distancia de ocho metros (T= Tratamiento).

### 7.8. Variables evaluadas

La cosecha se realizó cuando los frutos presentaron un indicador de color entre 5 y 6 según la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002, y posteriormente se realizó una medición de rendimiento ( $\text{gr planta}^{-1}$ ), calidad de fruto (tamaño, firmeza y grados brix). Se analizaron 5 fresas por planta.

#### 7.8.1. Ambientales

La humedad relativa (HR%), temperatura ( $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y radiación solar ( $\text{W m}^{-2}$ ) dentro del invernadero se monitoreó con un data logger marca Watchdog, modelo series 1600 de la Spectrum Technology Inc., donde se almacenaron los datos cada 15 minutos durante el ciclo de cultivo. La iluminación en cada nivel (Lux) se midió



los lunes, miércoles y viernes a las 9:00, 13:00 y 17:00 horas con un luxómetro portable marca Hanna Instruments, modelo HI 97500.

### 7.8.2. Fisiológicas

Se realizó la medición del rendimiento total acumulado para cada tratamiento en función de gramos por planta. Esto fue llevado a cabo gracias a una báscula digital marca Velab modelo VE-204, México.

Las unidades SPAD se determinaron gracias al medidor portátil SPAD-502 Minolta, estas se realizaron todos los lunes a las 4:30 pm tomando tres lecturas de diferentes hojas en una misma planta y obteniendo el promedio de estas.

### 7.8.3. Físicoquímicas

La determinación de la calidad del fruto (tamaño, firmeza y grados brix) se llevó a cabo luego de evaluar el rendimiento y fue de la siguiente manera:

- 1) El tamaño del fruto se determinó con base en la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002 Cuadro 7.8.3.1, tomando en cuenta el diámetro ecuatorial (valor más alto del fruto medido horizontalmente). Las mediciones se realizaron con un vernier TRUPER digital estándar y milimétrico de 6" (150 mm).

Cuadro 7.8.3.1 Tamaño de frutos según la norma NMX-FF-062-SCFI-2002 para productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – fresa (*Fragaria x ananassa* Duch).

Tamaño	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)		
A	3.2	O	Mayor
B	2.6	A	3.1
C	2.0	A	2.5
D	1.6	A	1.9

- 2) La firmeza se determinó como la fuerza requerida para penetrar el fruto y se expresó en kilogramos fuerza (kgf). La determinación se realizó en la zona ecuatorial tomando 2 lecturas, una frente a la otra y obteniendo el promedio de estas. Se utilizó un penetrometro marca Wagner, modelo FT 327.
- 3) La medición de °Brix fue hecha usando un refractómetro digital (Modelo 96801 Hanna HI Inc., EE.UU.) y se expresó como el porcentaje de azúcar, esto se llevó a cabo obteniendo unas gotas de jugo extraído del ápice del fruto recién cosechado.

#### 7.9. Análisis estadístico

Los datos experimentales obtenidos se analizaron utilizando un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), con el programa Origin Pro 8.0.

### 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 8.1. Ambientales

##### 8.1.1. Humedad Relativa (HR%)

Cuadro 8.1.1 Porcentaje de humedad relativa

%HR				
Máxima	Mínima	Promedio	Moda	
100	29	74	83	

### 8.1.2. Temperatura (T °C)

Cuadro 8.1.2 Temperatura en Grados Celsius

T °C			
Máxima	Mínima	Promedio	Moda
37	0	15	10

### 8.1.3. Radiación solar (W m<sup>-2</sup>)

Cuadro 8.1.3 Radiación Solar en watts sobre metro cuadrado

Watts/m2			
Máxima	Mínima	Promedio	Moda
893	0	117	0

### 8.1.4. Lux (klx)

So observo que no hubo diferencia significativa en los diferentes tratamientos y horas de día.

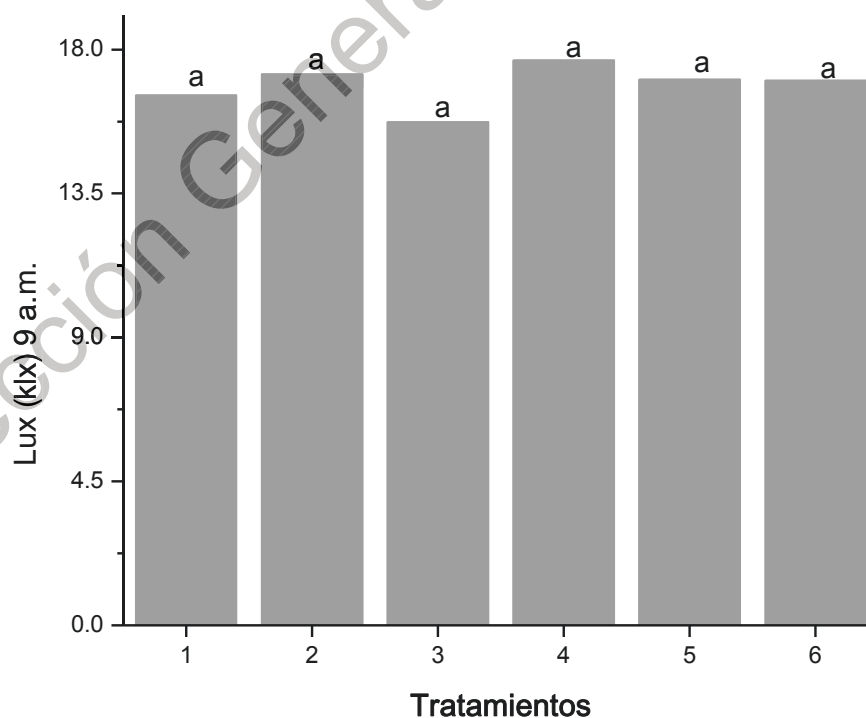


Figura 8.1.4.1 Luxes a las 9 a.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

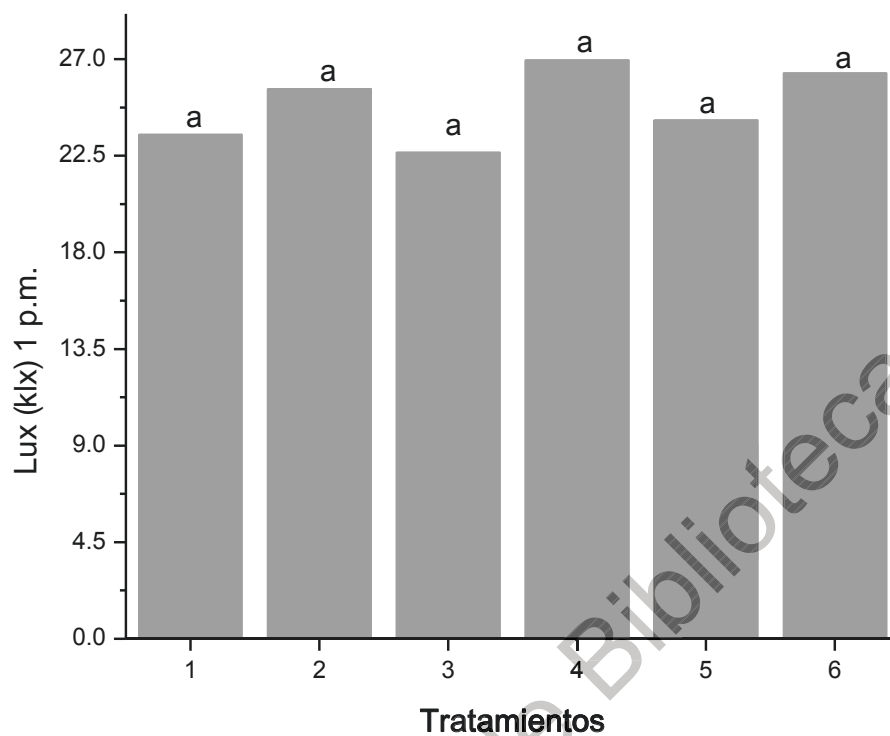


Figura 8.1.4.2 Luxes a la 1 p.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

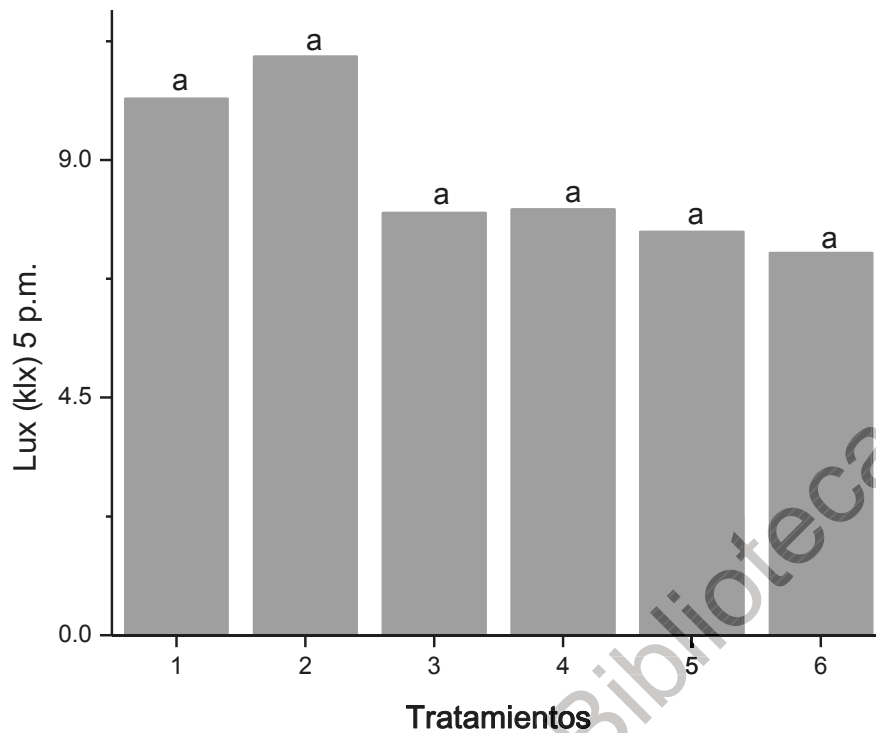


Figura 8.1.4.3 Luxes a las 5 p.m. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## 8.2. Fisiológicos

### 8.2.1. Rendimiento acumulado ( $\text{g planta}^{-1}$ )

Se observó una diferencia significativa en el T1 con respecto a T6, siendo T1 el que mejores resultados mostro en rendimiento acumulado (Figura 8.2.1.1). De acuerdo a Hidaka et al. (2013) al irradiar plantas de fresa con iluminación suplementaria LED se obtiene el mayor rendimiento y esto se pudo corroborar en nuestra investigación, también menciona que el fotoperiodo óptimo para alcanzar los mayores niveles de rendimiento es de 12 horas, esto último coincidió con nuestra investigación debido a que el tratamiento con un fotoperiodo de 12 horas fue el que mostro los mejores resultados.

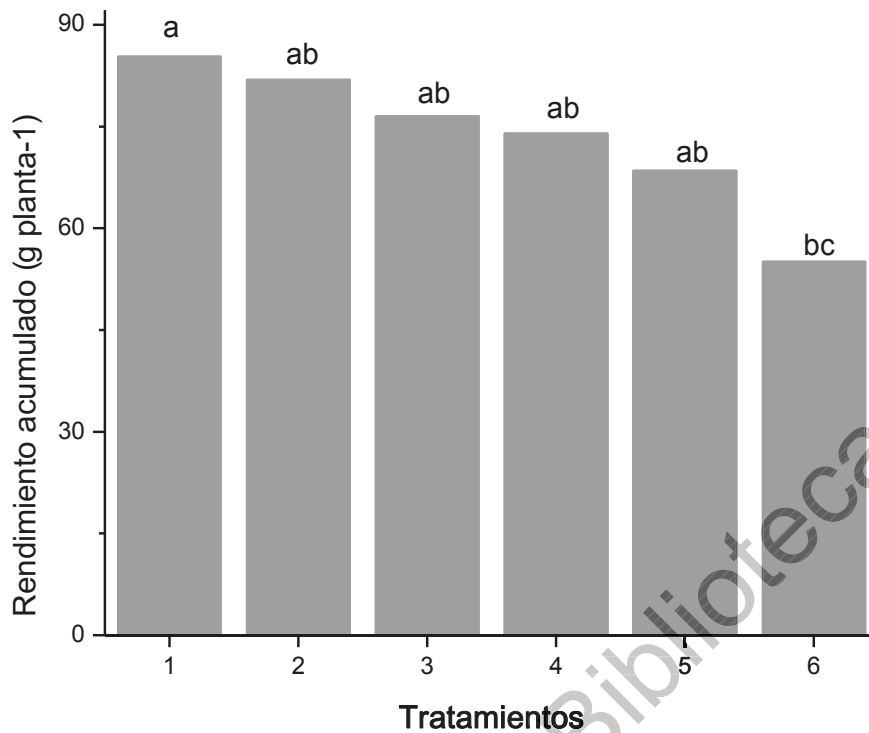


Figura 8.2.1.1 Rendimiento acumulado (g planta<sup>-1</sup>). Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### 8.2.2. Rendimiento promedio (g fresa<sup>-1</sup>)

Se observó una diferencia significativa en el T1 con respecto a T6, siendo T1 el que mejores resultados mostro en rendimiento promedio (Figura 8.2.2.1) lo cual lo convierte en un producto de mayor atractivo y con mayor facilidad para exportación.

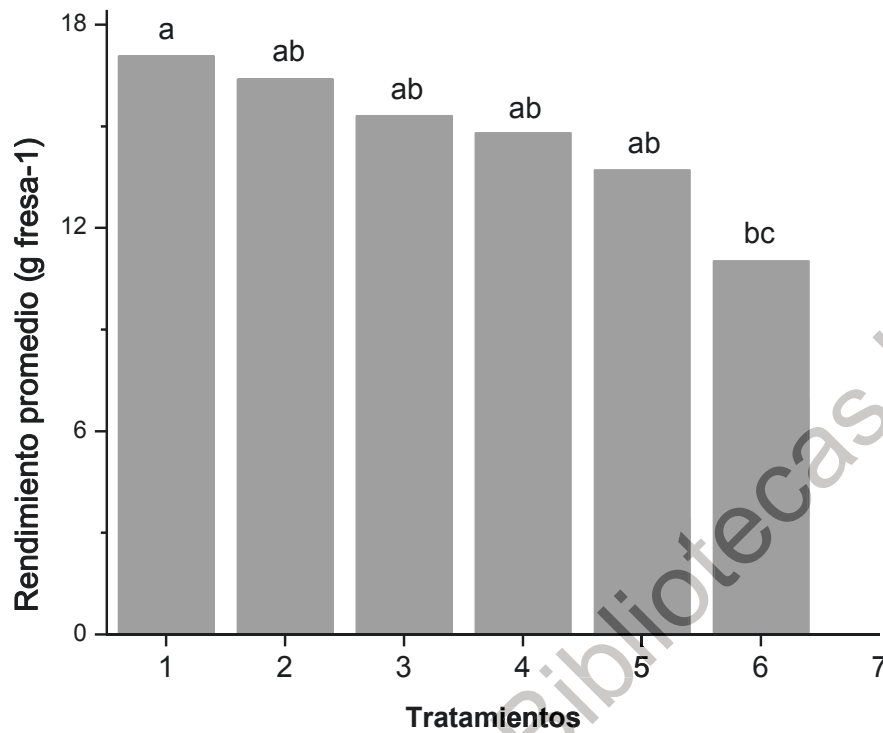


Figura 8.2.2.1 Rendimiento promedio (g fresa<sup>-1</sup>). Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### 8.2.3. Lecturas SPAD

Las lecturas SPAD mostraron que T6 y T5 fueron superiores que T3 esto probablemente debido a un estrés generado a la planta con la sinergia de 12h LED + Metil Jasmonato 1mM (Figura 8.2.3.1) lo cual concuerda con Pèrez *et al.* (1997) quienes descubrieron que el MeJ modula la degradación de la clorofila entre otras características.

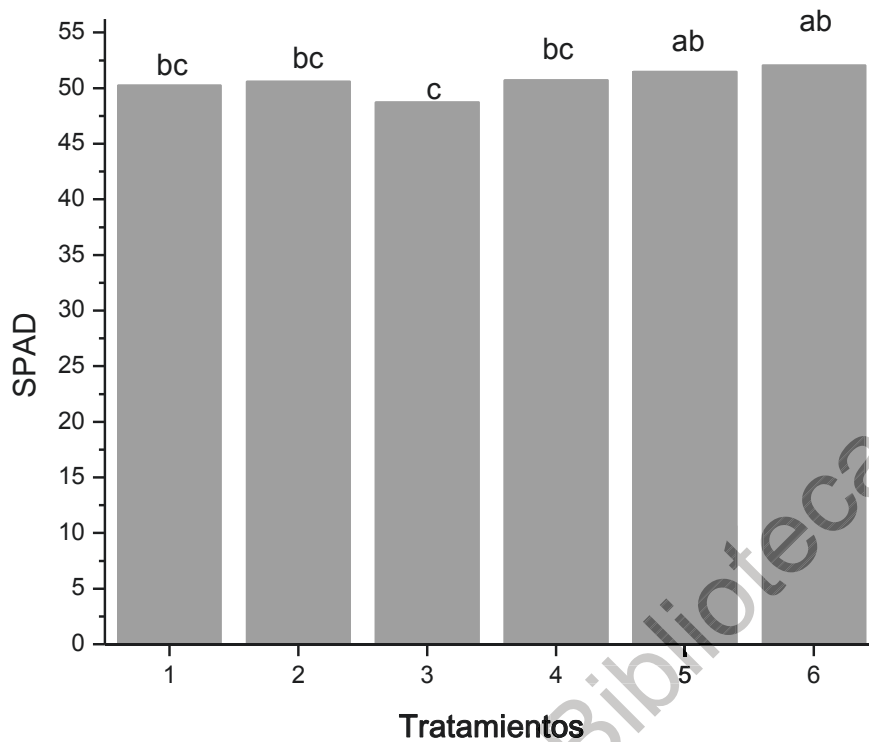


Figura 8.2.3.1 Lecturas SPAD. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### 8.3. Físicoquímicos

#### 8.3.1. Tamaño del fruto (cm)

Se observó una diferencia significativa en el T6 con respecto a T1, T2, T3 y T4 de tal manera que con base en la Norma NMX-FF-062-SCFI-2002 Cuadro 7.8.3.1 se contó con una calidad superior en estos tratamientos. Siendo T6 y T5 los tratamientos con los diámetros ecuatoriales (cm) más bajos (Figura 8.3.1.1). Lo cual coincidió con Hidaka et al. (2013) quienes observaron que se logró aumentar significativamente más la tasa fotosintética obteniendo una mejor calidad de fruto y un incremento en el rendimiento en plantas de fresa irradiadas con LED's.



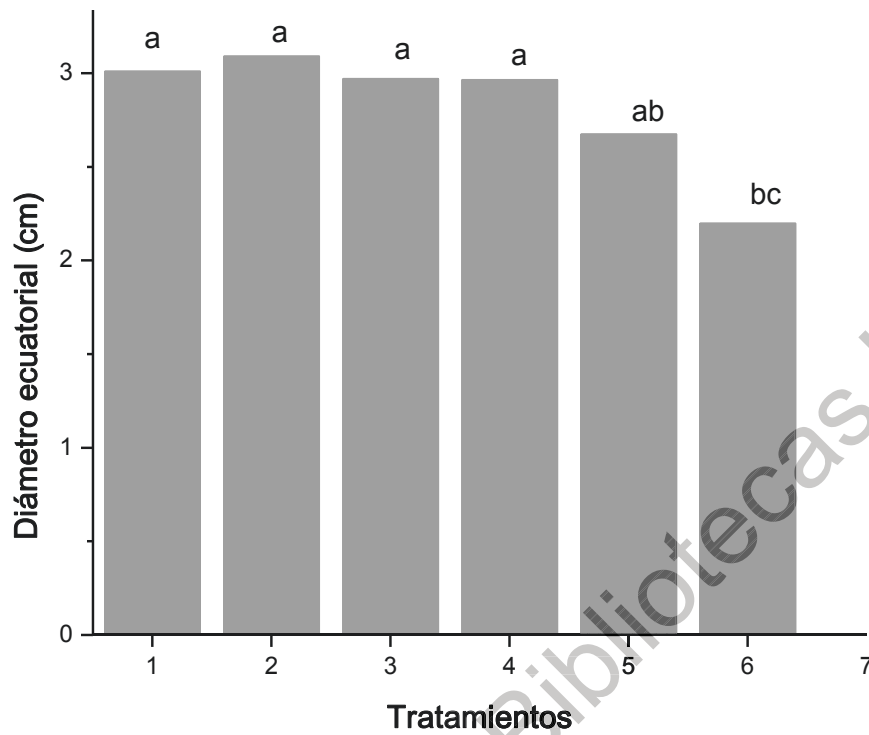


Figura 8.3.1.1 Diámetro ecuatorial en cm. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### 8.3.2. Firmeza kg<sub>f</sub>

Se observó una diferencia significativa en el T4 con respecto a T2, T5 y T6. Siendo T4, T3 y T1 los tratamientos con los mejores resultados en cuanto a firmeza (kg<sub>f</sub>) (Figura 8.3.2.1).

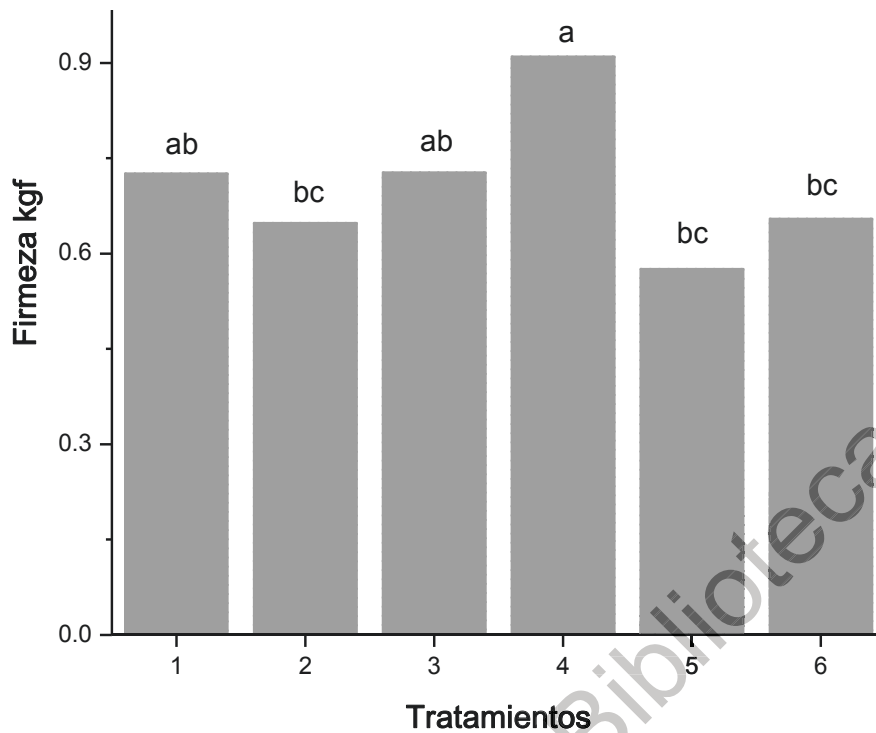


Figura 8.3.2.1 Firmeza expresada en kgf. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### 8.3.3. Grados Brix (%)

Se observó una diferencia significativa en el T6 con respecto los demás tratamientos. Siendo T6 el tratamiento con el porcentaje de grados brix más bajo (Figura 8.3.3.1).

Lolaei et al. (2013) encontraron que al realizar tres aplicaciones foliares de MeJ cada cinco días en precosecha a una concentración de 1mM se obtenían las fresas con mayor contenido de sólidos solubles lo cual no coincidió con nuestra investigación, sin embargo el rendimiento se veía afectado negativamente lo cual corroboramos al tener los rendimientos más bajos en aquellos tratamientos con MeJ.

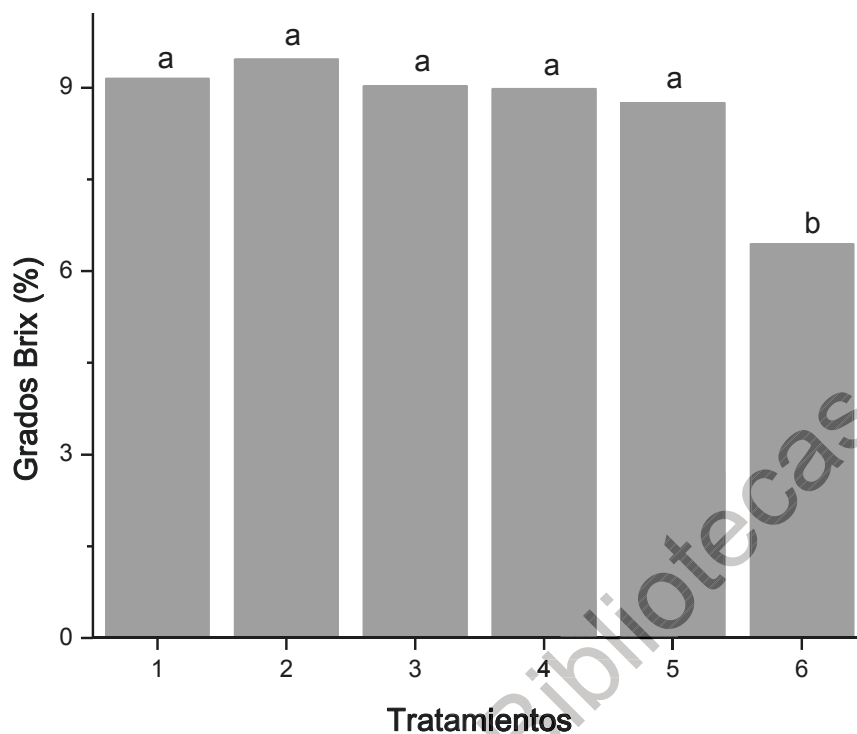


Figura 8.3.3.1 Grados Brix expresados en %. Medias con letra(s) distinta(s) son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## 9. CONCLUSIONES

La combinación de LED y MeJ solamente permite incrementar la calidad nutracéutica en fresa. Para incrementar rendimientos y la calidad nutracéutica la irradiación con LED por si sola, mostro los mejores resultados respecto a la aplicación de MeJ por si sola.

Concluimos que el fotoperiodo óptimo para irradiar con LED a las plantas de fresa para estimular la fotosíntesis, obtener el mayor rendimiento y calidad nutracéutica es por 12 horas, siendo T1 el tratamiento que mostro los mejores resultados respecto a T6 en cuanto a rendimiento y el tamaño del fruto lo cual lo hace más apto para exportación además de mostrar los mejores resultados en grados brix lo cual lo hace un producto más aceptable por el consumidor.

Además al combinar el LED por 12h o 4h más el MeJ a 1mM se obtienen los mejores resultados en cuanto a calidad nutracéutica, siendo T4 el que mejores

resultados mostro frente a T2, T5 y T6 en firmeza convirtiéndolo en buena opción para mejorar la manipulación del producto y evitar daños mecánicos así como alargar la vida de anaquel.

La aplicación por si sola de MeJ mostro los resultados más bajos en cuanto a rendimiento y calidad nutracéutica.

## 10. LITERATURA CITADA

- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., & Skrede, G. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132: 86-97.
- Battino, M., Beekwilder, J., Denoyes-Rothan, B., Laimer, M., McDougall, G. J., & Mezzetti, B. 2009. Bioactive Compounds in Berries Relevant to Human Health. *Nutrition Reviews*, 67: S145-S150.
- Chanjirakul, K., Wang, S. Y., Wang, C. Y., & Siriphanich, J. 2007. Natural Volatile Treatments Increase Free-radical Scavenging Capacity of Strawberries and Blackberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 1463-1472.
- Cheong, J. J., & Choi, Y. D. 2003. Methyl Jasmonate as a Vital Substance in Plants. *Trends in Genetics*, 19: 409-413.
- Creelman, R. A., & Mullet, J. E. 1997. Biosynthesis and Action of Jasmonates in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 355-381.
- de la Peña Moreno, F., Blanch, G. P., & Ruiz del Castillo, M. L. 2010. (+)-Methyl Jasmonate-induced Bioformation of Myricetin, Quercetin and Kaempferol in Red Raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 11639-11644.

- Flores, G., Pérez, C., Gil, C., Blanch, G. P., & Ruiz, C. M. L. Methyl Jasmonate Treatment of Strawberry Fruits Enhances Antioxidant Activity and the Inhibition of Nitrite Production in LPS-stimulated Raw 264.7 Cells. 2013. *Journal of Functional Foods*, 5: 1803-1809.
- Furlani, R. P., y Junior, F. F. 2007. Hidroponía Vertical Para la Producción de Fresa. Instituto Agronómico/Conplant, Campinas, SP, Brasil. *Red Hidroponía*, Boletín No. 36, Lima-Perú.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. 2012. The strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition*, 28: 9-19.
- Gómez, R. H. 2011. Tesis. Sistemas de Producción de Fresa de Altas Densidades. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Tèxcoco, Estado de México.
- González, C. V., Fanzone, M. L., Cortés, L. E., Bottini, R., Lijavetzky, D. C., Ballarè, C. L., & Boccalandro, H. E. 2015. Fruit-localized photoreceptors increase phenolic compounds in Berry skins of field-grown *Vitis vinifera* L. cv. Malbec. *Phytochemistry*, 110: 46-57.
- Gunness, P., Kravchuk, O., Nottingham, S. M., D'Arcy, B. R., & Gidley, M. J. 2009. Sensory Analysis of Individual Strawberry Fruit and Comparison with Instrumental Analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 164-172.
- Hidaka, K., Dan, K., Imamura, H., Miyoshi, Y., Takayama, T., Sameshima, K., Kitano, M., & Okimura, M. 2013. Effect of Supplemental Lighting from Different Light Sources on Growth and Yield of Strawberry. *Environmental Control in Biology*, 51: 41-47.
- Hidaka, K., Okamoto, A., Araki, T., Miyoshi, Y., Dan, K., Imamura, H., Kitano, M., Sameshima, K., & Okimura, M. 2014. Effect of Photoperiod of Supplemental Lighting-emitting Diodes on Growth and Yield of Strawberry. *Environmental Control in Biology*, 52: 63-71.

- Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H., & Wang, C. Y. 2009. Enhancing Disease Resistance in Peach Fruit with Methyl Jasmonate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 802-808.
- Jones, G. H. 1992. *Plants and Microclimate, A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 428 p.
- Kajdzanoska, M., Gjamovski, V., & Stefova, M. 2010. HPLC-DAD-ESI-MS Identification of Phenolic Compounds in Cultivated Strawberries from Macedonia. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 2: 181-184.
- Kim, S. J., Hahn, E. J., Heo, J. H., & Paek, K. Y. 2004. Effects of LEDs on Net Photosynthetic Rate, Growth and Leaf Stomata of Chrysanthemum Plantlets in Vitro. *Scientia Horticulturae*, 101: 143-151.
- Klamkowski, K., & Treder, W. 2008. Response to Drought Stress of Three Strawberry Cultivars Grown Under Greenhouse Conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16: 179-188.
- Li, Y., Chen, H., Ji, H., Wang, S., Zhu, Z., & Wang, X. 2008. Effect of LED Supplemental Illumination on the Growth of Strawberry Plants. Project of Ningbo Science and Technology. China. 4 p.
- Lin, K. H., Huang, M. Y., Huang, W. D., Hsu, M. H., Yang, Z. W., & Yang, C. M. 2013. The Effects of Red, Blue, and White Light-emitting Diodes on the Growth, Development, and Edible Quality of Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Scientia Horticulturae*, 150: 86-91.
- Lolaei, A., Zamani, S., Ahmadian, E., & Mobasheri, S. 2013. Effect of Methyl Jasmonate on the Composition of Yield and Growth of Strawberry (Selva and Queen Elisa). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5: 200-206.
- Mukkun, L., & Singh, Z. 2009. Methyl jasmonate plays a role in fruit ripening of 'Pajaro' strawberry through stimulation of ethylene biosynthesis. *Scientia Horticulturae*, 123: 5-10.

- Olias, J. M., Sanz, L. C., Rios, J. J., & Perez, A. G. 1992. Inhibitory Effect of Methyl Jasmonate on the Volatile Ester-forming Enzyme System in Golden Delicious Apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 266-270.
- Panico, A. M., Garufi, F., Nitto, S., Di Mauro, R., Longhitano, R.C., Magrì, G., Catalfo, A., Serrentino, E. M., & De Guidi, G. 2009. Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. *Pharmaceutical Biology*, 47: 203-208.
- Paraskevopoulou, P. G., Grafiadellis, M., & Paroussis, E. 1995. Precocity, Plant Productivity and Fruit Quality of Strawberry Plants Grown in Soil and Soilless Culture. *International Society for Horticultural Science Acta Horticulturae*, 408: 109-117.
- Pèrez, A. G., Sanz, C., Olias, R., & Olias, J. M. 1997. Effect of Methyl Jasmonate on in Vitro Strawberry Ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3733-3737.
- Pimentel, E. J. L. 2008. Impacto Socioeconómico de las Aguas Superficiales y Subterráneas en la Cuenca del Río Duero y su Importancia en la Producción de Fresa. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Zamora, Michoacán. México.
- SAGARPA-SIAP: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- Samuolienė, G., Sirtautas, R., Brazaitytė, A., & Duchovskis, P. 2012. LED lighting And Seasonality Effects Antioxidant Properties of Baby Leaf Lettuce. *Food Chemistry*, 134: 1494-1499.
- Silva, L. F., Escribano-Bailón, M. T., Pérez, J. J., Rivas-Gonzalo, J. C., & Santos-Buelga, C. 2007. Anthocyanin Pigments in Strawberry. *LWT - Food Science and Technology*, 40: 374-382.
- Wei, L., Yang, Q., & Liu, S. 2007. Review on Research and Developing Trends of Light-Emitting Diode in Plant Factory. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23: 408-411.

- Xu, F., Shi, L., Chen, W., Cao, S., Su, X., & Yang, Z. 2014. Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 175: 181-186.
- Yuan, B. Z., & Sun, S. N. 2004. Effect of Drip Irrigation on Strawberry Growth and Yield inside a Plastic Greenhouse. *Biosystems Engineering*, 87: 237-245.
- Zhang, H., Yang, Q., Hu, J., Fan, H., Dai, J., & Zhao, B. 2011. Self-adaptive and Precise Supplementary Lighting System for Plant with Controllable LED Intensity. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 27: 153-158.
- Zhang, Y. Seeram, N. P., Lee, R., Feng, L., & Heber, D. 2008. Isolation and Identification of Strawberry Phenolics with Antioxidant and Human Cancer Cell Antiproliferative Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 670-675.

Dirección General de Bibliotecas UNQ