

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta Afectan el Crecimiento Vegetativo y Contenido Relativo de Clorofila en Plantas de Fresa

POR:

JESUS SAMUEL JIMENEZ CANSECO

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

(Ciencias del Suelo y Producción de Cultivo)

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta Afectan el Crecimiento Vegetativo y Contenido Relativo de Clorofila en Plantas de Fresa

Por:

JESUS SAMUEL JIMENEZ CANSECO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría

En el presente trabajo de investigación el M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala presidente del jurado, reconoce al Dr. Armando Hernández Pérez como Director de la tesis y como Coasesores a la Dra. Juana Cruz García Santiago y como Coasesor. Vocal Suplente al M.C. Fidel Maximino Peña Ramos Del Estudiante Jesús Samuel Jiménez Canseco.



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Presidente

Saltillo, Coahuila México. Noviembre 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta Afectan el Crecimiento Vegetativo y Contenido Relativo de Clorofila en Plantas de Fresa

Por:

JESUS SAMUEL JIMENEZ CANSECO

TESIS

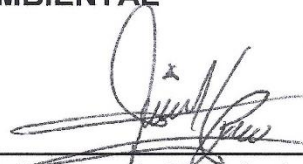
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL


Aprobada por:



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Presidente



Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor



Dr. Juana Cruz García Santiago
Coasesor.



M. C. Fidel Maximino Peña Ramos
Coasesor. Vocal Suplente





M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2019

La tierra es nuestro refugio, ayudemos a protegerla y cuidarla ya que de ello depende el futuro de muchas generaciones.

Luis A. Márquez

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

Por bendecirme, y permitirme la oportunidad de concluir mis estudios profesionales, el haber permitido conocer a tantas personas maravillosas al salir de casa y guiarme por buen camino, durante el cumplimiento de mis sueños y objetivos en cada paso.

A mi Alma Mater:

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por todas las oportunidades que me brindaste para hacer mis sueños realidad. Las enseñanzas académicas, deportivas ya que gracias a esto me he dado cuenta que siempre hay cosas nuevas por aprender y que tenemos que vivirlas por nuestra propia experiencia, espero ponerlas cada día en práctica para poder servirle al campo mexicano y en todos los ámbitos de la vida diaria y ser una persona de bien, gracias por dejarme formar parte de tu historia.

Asesores de tesis:

A los profesores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que con sus conocimientos y consejos aportaron a mi formación académica.

Dr. Armando Hernández Pérez. Por su confianza en mí y motivación, quien me brindo todo su apoyo y conocimiento para terminar con éxito la presente investigación.

Dra. Juana de la Cruz García Santiago. Que con su amistad, confianza y conocimientos apoyo constantemente durante la etapa final de mi formación profesional y en el desarrollo del presente trabajo de investigación, infinitas gracias.

Al Ing. M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala. Que con sus consejos y gran apoyo incondicional a lo largo de la trayectoria de mi formación académica siempre tuvo a disposición y aportando conocimientos en la culminación del presente proyecto de investigación.

M.C. Maximiliano Fidel Peña. A usted maestro que siempre estuvo a disposición y gracias por sus ánimos y confiar en mí que somos capaces gracias por el apoyo incondicional.

Entre muchos otros Profesores que compartieron conocimientos y experiencias en mi trayectoria de estudiante.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a los que les brindo gran agradecimiento por sus: consejos, apoyo, ánimo y por todas sus críticas constructivas y personas que no creían en mí, **ellos fueron mi mayor motivación a seguir.** Si alguien te corta las alas y te dice eres muy deficiente o jamás vas a lograrlo, es porque ellos no fueron capaces, demuéstrole de lo que estas hecho y hasta dónde eres capaz. Con la fe en Dios y esfuerzo todo es posible.

A mis Padres

Eustaquio Jiménez Hernández

Paulina Canseco Pérez

A mis hermanos:

Adrián, Héctor, Edith, Gema, Fabiola, Jazmín y Damara. Que me brindaron su apoyo incondicional, motivación y confianza, durante este camino que a la distancia iniciamos juntos, entre llamadas, mensajes y video llamadas, llenas de sonrisas, enojos y uno que otro regaño a ustedes las personas más importantes de mi vida en las que siempre sabré que están para mí de igual forma que estaré para ustedes, sin importar donde nos encontremos., consejos y en momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante, anhelando a que

siempre me preparara para enfrentarme a la vida, hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos y mis deseos, iniciando así una etapa en mi vida en la que siempre estarán agradecido de corazón. Por ello, a DIOS y ustedes, gracias.

A Mis Abuelos (Leonardo y Lucia. Juventino y Carmen) A ti abuelo Leonardo que te me adelantaste y en vida, compartiste grandes momentos que recordar y a ustedes abuelos que siguen con migo. Gracias por sus buenas bendiciones y deseos. a ustedes ahora soy lo que soy por sus consejos y sabiduría que me han servido en esta vida. Gracias mi queridos padres.

Tíos (Ángel y Victorina. Enrique. Clemencia. Tereso. Nicolás. Juana. Francisco. Gudelia y familia). Gracias por sus buenos deseos

Primos (Miguel, Irma, Orlando, Ageo, Jaime, Efraín, Saulo y muchos más). Me tomaría muchas hojas y no alcanzaría expresar todo lo q ahora siento y gracias a ustedes hoy se ve realizado una meta en vida. Muchas gracias.

Amigas:

Arely Hernández Acosta, más que amiga, compañera o hermana, gracias por tu gran amistad y que hemos estados en buenas y malas y siempre me has ayudado a salir de momentos donde, me he tocado fondo y me has hecho ver que los problemas son para solucionarlo y que todo tiene solución en vida, gracias por tus buenos consejos, apoyo incondicional. Eres una gran persona. Gracias por formar parte de mis seres queridos hoy puedo decir lo hemos logrado.

Rubí, gracias por tu gran compañía a lo largo de nuestra formación académica, gracias por tus buenos consejos apoyo incondicional y ayudar a ser persistente, eres una gran persona muy fuerte y valiente y gracias a todas tus bromas y buen sentido del humor, lo logramos.

Nancy, gracias por tus buenos consejos y apoyo en momentos difíciles ya que siempre demostraste que ver una gran persona y me hiciste creer q somos capaces de hacer más de lo q creíamos. Muchas gracias amiga, compañera hermana lo hemos logrado.

Amigos:

Andulio, amigo, hermano gracias por tu gran amistad eres un gran compañero en nuestra trayectoria como estudiante, ya q con vimos, competimos y trabajamos junto en muchas ocasiones y entre nosotros nunca hubo bronca eres de admirar, tantas pistiaderas, cotorreos, aventuras, consejos y motivación gracias hermano. Lo hemos logrado.

Omar o mejor dicho Emilio que aunque es tu apellido siempre te llamamos así, gracias por compartir una gran amistad durante estos años como compañeros estudiantes, siempre fuiste el capi, y nos la pasamos con madres en mucho momentos buenos y malos siempre estuviste ahí y demostraste ser una gran persona ante muchas circunstancias. Gracias...capi

José o compa “Chepe Terrón”, gracias por ser compa, camarada, nuestra vida como estudiante y trabajador para sustentarse, no fue fácil, pero nunca nos rajamos al contrario más ganas le metimos y bien o más q nos la pasábamos estábamos con madres gracias por tu amistad eres hermano.

A todos mis compañeros y amigos que conocí a lo largo de la carrera. Y a todos mis familiares que siempre estuvieron al pendiente de mí durante mi estancia en la Universidad.

Caguamigo. Tantas risas con ustedes que tan solo con escribir estas líneas eh empezado a reír, gracias por reuniones que se daban cuando se decía: algo tranquiz, cuando nos juntábamos para estudiar a salvar la materia o el semestre, de esas veces que decíamos o es la materia o nosotros, momentos inolvidables, cuando en las borracheras hablábamos de temas interesantes, la

Biblia. Plantas y etc. Y hasta baile hacíamos fueron muchos momentos chidos los domingos de juego y gracias por esos buenos tiempos.

A las Banquetas de la UAAAN

Por su amistad, risas incontrolables, consejos, tantos recuerdos de travesuras cuando no teníamos clase o nos la volábamos y platicas profundas, un honor haberlos topado en esta vida. Colegas y amigos, les deseo mucho éxito en este nuevo camino que emprenderemos.

Departamento Ciencias del Suelo.

Por serme sentir como en casa y conocer compañero que en el transcurso del tiempo los fui apreciando como hermanos, por sus cátedras, enseñanzas, tutores, la Sra. Coco, Adriana y Fer. Que me brindaron apoyo a lo largo de mi carrera profesional.

A todos mis compañeros de la **Generación CXXVII de UAAAN. Saltillo. Coahuila. México.** Por cada recuerdo que dejamos como huella en el tiempo.

Gracias.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme bendecido y protegido día a día, también por poner en mi vida buenas personas que algún día me instruyeron y más que motivación sus buenos deseos, el haber creído en mí.

A mis Padres

Sr. Eustaquio Jiménez Hernández

Sra. Paulina Canseco Pérez

Con mucho Aprecio, Amor y Cariño, para ustedes papas por el apoyo incondicional y siempre haber creído en mí, aunque abecés las cosas parecían ir mal, nunca me abandonaron, sus buenos consejos y deseos, hoy puedo decir Orgullosamente que valió más pena cada vendito segundo de nuestro esfuerzo, de corazón le estoy eternamente agradecido a Dios por haberme permitido lograr una más de mis metas, para ustedes papas que son las dos personas que más he amado, me han enseñado hacer hombre de bien y educado por el buen camino Por todo el apoyo; lo hemos logrado, Oficialmente.

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL.

A mis hermanos

Adrián, Héctor, Edith, Gemma, Fabiola, Jazmín y Damara. Por todo el apoyo incondicional brindándome; consejos en momentos de altas y bajas, ustedes fueron motivo a seguir, cuando creía ya no poder, me dieron ánimos, “los amo a todos”. Lo hemos logrado y vamos por más, gracias a Dios por haberme bendecido con tan linda familia.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
RESUMEN.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Origen.....	5
2.2 Descripción del cultivo:	5
2.2.1 Clasificación.....	5
2.2.2 Descripción botánica.....	6
2.2.3 Tipos de variedades.....	6
2.3 Condiciones del cultivo.....	7
2.3.1 Temperatura.....	7
2.3.2 Fotoperiodo.....	7
2.3.3 Suelo.....	8
2.3.4 Agua.....	8
2.3.5 Fertilización y nutrición	8
2.4 Producción de fresa en México.....	9
2.5 Producción de fresa en cultivo sin suelo.....	10
2.6 Sustratos comerciales más usados para la producción de plantas.....	13
2.6.1 Peat moss.....	13
2.6.2 Fibra de coco	14
2.6.3 Perlita.....	14
2.6.4 Lana de roca.....	15

2.6.5 Vermiculita	17
2.7 Uso de lombricomposta como sustrato.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Localización del experimento.....	20
3.2 Material vegetal.....	20
3.3 Trasplante.....	20
3.4 Tratamientos	20
3.5 Manejo del cultivo:	21
3.6 Variables evaluadas:.....	23
3.7 Diseño experimental y análisis estadístico	24
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
V CONCLUSIÓN.....	35
VI LITERATURA CITADA.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la producción de fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. Camino real.	21
Cuadro 2. Solución nutritiva Steiner en diferentes concentraciones para aplicar riego en las plantas de fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. Camino real.....	21
Cuadro 3. Respuesta del índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) y las variables de crecimiento de las plantas de fresa a diferentes proporciones de lombricomposta y por las concentraciones de la solución nutritiva.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	28
Figura 2. Contenido de clorofila de las plantas de fresa cultivadas con diferente Concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	28
Figura 3. Número de hojas de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	29
Figura 4. Número de estolones de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	30
Figura 5. Número de brotes de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	31
Figura 6. Peso fresco de hojas de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	32
Figura 7. Peso fresco de corona de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	33
Figura 8. Peso fresco de raíz de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).....	34

I. INTRODUCCIÓN

La producción del cultivo de la fresa, internacionalmente, se ha extendido por diversas regiones en los últimos años. Según datos de la FAO del año 2009; la producción de fresa a nivel mundial se sitúa en torno a 4 millones de toneladas con una superficie sembrada de aproximadamente 250 mil hectáreas. América y Europa son los principales productores, siendo el estado de California el responsable de que Estados Unidos sea el primer productor mundial con 65%, y España ocupando el lugar tercero con una producción anual de doscientas cincuenta mil toneladas (FAO, 2009).

En México, la producción de fresa se inició a mediados del siglo pasado en el estado de Guanajuato; sin embargo, no fue hasta 1950 que cobró mayor importancia por la creciente demanda de los USA originando que esta fruta se extendiera a Michoacán, pasando de cubrir las necesidades del mercado doméstico hasta ser el mayor productor de fresa a nivel nacional donde hoy en día México se encuentra dentro de los cinco principales exportadores de fresas a nivel mundial (Ávila *et al.*, 2012).

La fresa es un cultivo donde el rendimiento y la calidad se ven influenciados por diversos factores como lo son el fotoperiodo, la temperatura, presencia de enfermedades, medio de crecimiento y la fertilidad del medio. La interacción de todos estos factores hará que una determinada variedad se adapte mejor a un determinado agro ambiente (Bartual, 1995).

La hidroponía es considerada un sistema que entra en el ámbito de cultivos sin suelo. Dicho sistema requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene macro y micro nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos (Dávalos *et al.*, 2011, Chávez *et al.*, 2006). El cultivo de frutillas bajo el sistema hidropónico resulta ser óptimo y de alta calidad. Se ha llegado a triplicar la

densidad del cultivo tradicional. Una de las ventajas del empleo de este sistema es que se reducen los costos respecto del cultivo a campo en aproximadamente de 30 a 35 % (Martínez-Téllez *et al.*, 2004); sin embargo, se debe prestar cuidado en la concentración de nutrientes utilizados en este sistema para producir esta frutilla.

Otro de los principales factores que determina el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato empleado. La caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos, o medios de crecimiento, son cruciales para su uso efectivo y en gran medida condiciona el potencial productivo de las plantas (Gilzans *et al.*, 2007). Entre sustratos más utilizados para la producción de cultivos se encuentran la turba (peat moss), tierra de monte, arena de río, vermiculita, piedra volcánica (tezontle), agrolita y lombricomposta (López *et al.*, 2005).

La lombricomposta posee sustancias biológicamente activas que favorecen la regulación del crecimiento vegetal; de igual forma, su elevada capacidad de intercambio catiónico y de retención de humedad le confieren propiedades mejoradoras de suelo debido a que facilitan el drenaje y la aireación del mismo, incrementando hasta en un 30 % el rendimiento de diversas especies vegetales, lo que lo hace un abono de buena calidad (Bravo-Varas, 1996; Arancon *et al.*, 2002; Moreno-Reséndez *et al.*, 2008). Actualmente se sabe que la lombricomposta constituye una fuente de liberación lenta de nutrientes a disposición de las plantas (Chaoui *et al.*, 2003) y que su adición favorece el mejoramiento significativo de las propiedades físicas tanto del suelo como de sustratos naturales y sintéticos (Atiyeh *et al.*, 2001; Ferreras *et al.*, 2006).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento vegetativo y el índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) en plantas de fresa cv. Camino real tratadas con diferentes proporciones de lombricomposta y concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la proporción más favorable de lombricomposta como sustrato para la producción de plantas de fresa cv. Camino real.

Determinar la concentración de la solución nutritiva con el cual se alcanza el mayor crecimiento de plantas de fresa cv. Camino real.

Obtener la mejor proporción entre solución nutritiva y lombricomposta que permite aumentar el crecimiento de las plantas de fresa cv. Camino real.

HIPÓTESIS

La aplicación de diferentes cantidades de lombricomposta como sustrato y diferentes concentraciones de soluciones nutritivas, influyen en el crecimiento vegetativo y en el contenido relativo de clorofila en la planta de fresa cv. Camino real.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento vegetativo y el índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) en plantas de fresa cv. Camino real tratadas con diferentes proporciones de lombricomposta y concentraciones de la solución nutritiva Steiner. Esta investigación fue realizada en el periodo de febrero a agosto del 2018 en un invernadero de tipo macro túnel del Departamento de Producción dentro de las Instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Se evaluaron tres concentraciones de lombricomposta (0, 10, 20 y 30%) y tres concentraciones de solución nutritiva Steiner (40, 60 y 80%). El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial (4 x 3). Las variables evaluadas fueron: ICR, altura de planta, peso fresco de hoja, raíz y corona, número de corona y número de estolones. Los resultados demostraron que al incrementar la proporción de lombricomposta en la mezcla de sustrato, el ICRC, altura de planta, peso fresco de hoja, raíz y corona disminuyeron. En relación a las concentraciones de la solución nutritiva, se observó que las variables de ICRC, número de estolones y peso fresco de raíz decrecieron al reducir la concentración de la solución nutritiva; mientras que, las variables de número de brote, número de hoja, peso fresco de hoja y peso fresco de corona fueron mayor al reducir la concentración de la solución nutritiva.

Palabras claves: Steiner, peat moss, perlita.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

En el cultivo de fresa *Fragaria x ananassa*, es una planta octoploide, híbrido entre *Fragaria virginiana* (Estados Unidos) y *Fragaria chiloensis* (Chile) (Hancock, 1999; Benavides *et al.*, 2007; Flórez y Mora, 2010). Varias especies de fresa silvestre han sido cultivadas por distintas civilizaciones, principalmente situadas en América, Asia y Europa. Sin embargo, actualmente las variedades de fresa de frutos grandes provienen de *F. x ananassa*, que se originó en Francia en el siglo XVIII (Navarro, 2001; Hancock, 2004).

2.2 Descripción del cultivo:

2.2.1 Clasificación

Castillejo (2011) clasifica a la planta de fresa (*Fragaria X ananassa*) de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Género: *Fragaria*

Especie: *F. ananassa*

Nombre científico: *Fragaria Vesca*

Nombre vulgar: *Fresa*

2.2.2 Descripción botánica

La fresa es una planta herbácea y perenne, que en su parte aérea forma una consistente roseta de aproximadamente de 50 cm de altura pegada al suelo. El tallo es corto y de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares, y del cual brotan los estolones, que son ramificaciones laterales. Estos estolones poseen entrenudos sobre los cuales pueden aparecer nuevas rosetas de hojas y raíces adventicias, propagándose y produciendo nuevos estolones. Las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares de las hojas. La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo hay una flor terminal o primaria y otras secundarias de menor tamaño. La flor tiene 5-6 pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de éste, dando lugar al “fruto” de la fresa (Demchak *et al.*, 2013).

2.2.3 Tipos de variedades

Esta frutilla se clasifica según su requerimiento de horas de luz. Variedades de día corto: son las que responden a fotoperiodos de menos de 14 horas de luz. Este grupo presenta generalmente dos periodos de cosecha en el año (ejemplo: Benicia, Camarosa, Chandler, Mojave, Ventana y Camino real). Variedades de día neutro: no responden a la cantidad de horas de luz (largo del día) y solo necesitan temperaturas del suelo por sobre los 12°C para emitir flores. Su producción es más homogénea a lo largo de la temporada. Responden de manera adecuada a sistemas forzados bajo túneles o invernaderos (ejemplo: Albión, Monterrey, San Andrés, Seascape) (Bolda *et al.*, 2015).

2.3 Condiciones del cultivo:

2.3.1 Temperatura

La fresa requieren de temperaturas diurnas entre 18°C y 25°C y nocturnas entre 8°C y 13°C, estas temperaturas favorecen el desarrollo óptimo del cultivo (Mora, 2013). La fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas, su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta menos 20 °C, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a 0 °C. Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas de 45 °C. Los valores óptimos para un fructificación adecuado se sitúan entre 15 a 20 °C de media anual. Temperaturas por debajo de 12 °C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío, en tanto que un tiempo muy caluroso puede originar una maduración y coloración del fruto muy rápida, lo que le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización (Mora, 2013).

2.3.2 Fotoperiodo

Se refiere a la cantidad de horas luz que tiene un día, factor de influencia en la formación de yemas florales, crecimiento vegetativo, desarrollo de estolones, tamaño de hojas y longitud de su pecíolo, cantidad y calidad de frutos. Existen variedades de días largos, las cuales requieren de días con más de 12 horas de luz. Favorecen el crecimiento de yemas asexuales o vegetativas; es decir, el desarrollo de hojas y estolones. Estos últimos inician su emisión con 12 a 14 horas de luz y disminuyen con menos de 10 horas. El área foliar y extensión del pecíolo aumenta con el largo del día, siendo mayor a fines de primavera y disminuyendo a inicios de otoño. Las variedades de días cortos requieren entre 8 a 11 horas de luz al día favorece el crecimiento de yemas sexuales o fructíferas (Morales, 2017).

2.3.3 Suelo

El cultivo prefiere suelos poco profundo, ligero, preferiblemente arenoso, con buen drenaje, buena fertilidad y un pH entre 5.7 a 6.5 (Hancock, 1999), aunque generalmente se produce en diferentes tipos de suelo (Demchak *et al.*, 2013). Según García (2014) se prefiere los suelos que tengan una buena porosidad, profundidad (0,60 m a 0,80 m), suficiente cantidad de materia orgánica (2,5% o 3,5%), pH entre 6,0 y 7,5, conductividad eléctrica entre 0,5 y 0,8 mmhos/cm factores esenciales para un buen drenaje de agua y sano crecimiento de las raíces.

2.3.4 Agua

La fresa es un cultivo muy exigente tanto en las cantidades de agua para su crecimiento y fructificación, siendo la pluviometría mínima requerida en seco los 600 mm y en regadío es necesario aportar de 2000 mm durante el año. El cultivo resiste, disminuyendo su rendimiento, con concentraciones de sales en el agua superiores a 0,8 mmhos/cm (SIAR, 2005).

2.3.5 Fertilización y nutrición

Los abonos orgánicos son alternativas para mejorar la fertilidad del suelo en la producción de cultivos; un ejemplo es la lombricomposta, ya que contiene macro y micro nutrientes que son importantes para el crecimiento de las plantas (Morales Munguía *et al.*, 2009). En Zamora Michoacán, México, Aguilar (2011) realizó un estudio de absorción de nutrientes en los cultivares de fresa Albion, Festivas, Jacona y Zamorana. Los resultados de este trabajo establecieron para el cultivar camino real una absorción de 570 mg planta⁻¹ de N, 330 mg planta⁻¹ de P, 1600 mg planta⁻¹ de K, 410 mg planta⁻¹ de Ca, 220 mg planta de Mg, 100 mg planta de S, 176 a 639 mg planta de B, 33 a 66 mg planta de Zn y de 37 a 90 mg planta de Mn. La lombricomposta, presentó por su lado, un alto contenido de nitrógeno, también por el origen de sus componentes, como es el caso del estiércol y su óptima relación C/N=30. En el proceso de

lombricomposta, hay un acelerada degradación microbiana, así como asimilación de residuos orgánicos por la lombriz y las deyecciones de ésta enriquecen el sustrato con N, P, K (Chaoui *et al.*, 2003; Cerrato *et al.*, 2007).

La fresa tiene una alta demanda de nitrógeno y potasio debido a que son los mayores componentes de la fruta. Dosis óptimas de nitrógeno y potasio son esenciales para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, niveles excesivos de nitrógeno producen frutos blandos, retardan la maduración, disminuyen el rendimiento e incrementan la proliferación de enfermedades provocadas por hongos (Hancock, 1999). Cuando la fruta está en desarrollo en la planta, se recomienda una relación K/N de 1 a 4 (Morgan, 2002). En hidroponía, normalmente, se utiliza NO_3^- para suministrar N, pero se ha visto que al aplicarlo en pequeños porcentajes de nitrato de amonio la solución nutritiva, particularmente bajo condiciones de baja luz, beneficia en el crecimiento y rendimiento de las fresas hidropónicas (Morgan, 2002).

El fosforo (P) es importante en el cultivo de fresa, ya que fortalece el sistema radicular, previene achaparramiento de la planta y coadyuva a la obtención de un rendimiento óptimo (Morgan, 2002). Las plantas de fresa con frecuencia muestran deficiencias de calcio. Los síntomas de deficiencia comienzan en hojas en donde se observan quemaduras en bordes y ápice. La deficiencia severa produce hojas amarillentas y abscisión (Morgan, 2002). Mientras que, la deficiencia de boro reduce la producción de polen viable, así como reduce la expansión del receptáculo. La deficiencia de zinc produce frutos pequeños y bajo rendimiento mientras que la deficiencia de hierro reduce el vigor de las hojas (Hancock, 1999).

2.4 Producción de fresa en México

La fresa se cultiva en más de 60 países del mundo, los principales países productores mundiales de fresa (*Fragaria vesca* L.) son Estados Unidos de América (EUA), México, Turquía y España, y en conjunto aportan alrededor de 68% de la producción, y los EUA registran la mayor superficie y volumen

cosechado (Ramírez, 2016). México ocupa el segundo lugar de los principales exportadores mundiales, siendo antecedido por España (SAGARPA, 2016). Además, según SAGARPA (2016), la producción de fresa fue de 468.25 miles de toneladas, con un consumo nacional de 232.25 miles de toneladas y una exportación de 253.66 (52.21%) miles de toneladas, exportando principalmente a EUA y Canadá. En particular, las exportaciones mexicanas representan el 87.79% de las importaciones de EUA.

Aunque en México la fresa ocupa solamente el 1% de la superficie dedicada a la agricultura, es muy importante debido a que genera divisas, por ser un producto de exportación. En México la fresa se cultiva en 12 estados, pero solamente tres de ellos poseen un nivel significativo de producción: Michoacán, Baja California y Guanajuato, entidades que generan el 91.55% del total de producción nacional de fresa. Es importante mencionar que Michoacán aporta el 52.38% de la producción nacional de fresa; Baja California, el 24.19%; y Guanajuato, el 14.98%. Otros dos estados productores son Baja California Sur (que aporta el 4.68% de la producción nacional) y el Estado de México (2.68%) (Santoyo y Martínez, 2009).

De acuerdo a SIAP (2011) México tuvo una superficie cultivada de 7,005.4 hectáreas (ha) sembradas, en donde destacan los estados de Michoacán con 3,351 ha, el estado de Baja California con 1,820 ha y el estado de Guanajuato con 1,060 ha como los principales productores del país con un rendimiento promedio de 32.8 ton/ha por lo que se obtuvo una producción total de 228.899.59 toneladas, estos tres estados generan 42.3 % de dicha producción (SIAP, 2014).

2.5 Producción de fresa en cultivo sin suelo

El cultivo de frutillas bajo cultivo sin suelo resulta ser óptimo y de alta calidad. Se ha llegado a triplicar la densidad del cultivo tradicional. Una de las ventajas del empleo de este sistema es que se reducen los costos respecto del cultivo a campo en aproximadamente de 30 a 35 %. En un cultivo tradicional es

conveniente una preparación del terreno y una adecuada fertilización inicial además, un cultivo hidropónico permite a los agricultores más facilidad para controlar los nutrientes (Cruz, 2014). Morgan (2002) menciona que la producción de fresa en hidroponía en sus diferentes modalidades es favorable, ya que se puede elevar su potencial productivo en periodos fuera de su estación; además, estos sistemas permiten producir fruta libre de patógenos además, optimiza la utilización de insumos y reduce el impacto ecológico y económico de la producción.

En México, el cultivo de fresa se ha realizado mediante diversas técnicas de cultivo, tales como a campo abierto, bajo condiciones de invernadero, micro túneles e hidroponía/sin suelo, etc. Esto con el fin de intensificar la producción agrícola y acelerar el desarrollo del cultivo donde al mismo tiempo se controlan algunos parámetros como el clima, temperatura, iluminación, humedad, etc. (Papasseit, 2006), sin embargo, no existe datos estadísticos que indique la superficie dedicada de la producción de fresa bajo estas técnicas de cultivo. La producción de fresa en invernadero bajo cultivo sin suelo, entre otras necesidades, utiliza sustratos y sustancias que promueven el desarrollo de plantas y control de fitopatógenos, pero estudios sobre el uso de sustratos bajo condiciones de invernadero son escasos en fresa (Ciencia y Tecnológica. Agropecuaria, 2014).

El cultivo sin suelo es aquel sistema de cultivo en el que la planta desarrolla su sistema radicular en un medio (sólido o líquido) confinado en un espacio limitado y aislado, fuera del suelo. Los cultivos sin suelo se clasifican en sistemas hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico). Los cultivos sin suelo pueden ser sistemas abiertos (no recirculante), o como sistema cerrado (con recirculación de la SN) (Cadahia, 2005).

Los sistemas de cultivo sin suelo/hidropónicos requieren de ciertos componentes, los cuales son: 1) sistema de cultivo, el cual existe una gran

variedad de sistemas hidropónicos que varían según su diseño, el medio sobre el cual se desarrollan (aire, agua o sustrato), el manejo de la solución nutritiva (sistemas abiertos o cerrados) y el nivel de automatización. 2) La solución nutritiva, esta cumple la función de proveer agua y nutrición mineral a las plantas. Para elegir la solución nutritiva adecuada para el sistema de producción, hay que tomar en cuenta la calidad del agua, nutrición hídrica y nutrición mineral del cultivo. Además, se debe considerar que la necesidad de nutrientes minerales depende del tipo y estado fenológico del cultivo, del tipo de sustrato y de las condiciones climatológicas. 3) El sustrato o medio de crecimiento, de este depende el adecuado anclaje de la raíz del cultivo y del adecuado almacenamiento de agua y nutrientes, además de proporcionar la suficiente aireación. Para seleccionar el sustrato adecuado se debe tomar en cuenta su disponibilidad, las propiedades físicas, químicas y biológicas, necesidades del cultivo, el sistema hidropónico en el cual se usará y sobre todo el costo del mismo (Wyckhuys y Escobar, 2009).

Un sustrato es todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico que puede ser utilizado de forma pura o mezclada, permitiendo el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular, este sustrato puede o no intervenir en la nutrición de la planta clasificándose en Químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (peat moss, corteza de pinos, etc.). Los materiales inertes actúan únicamente como soporte de la planta; mientras que los activos, intervienen en los procesos de adsorción y fijación de los nutrimentos (Abad *et al.*, 2005; Sylvia Burés, 1997). Un sustrato es de buena calidad si tienen buenas propiedades físicas, químicas y sanitarias (Wyckhuys y Escobar, 2009). Las propiedades físicas de un sustrato son de mayor relevancia que las propiedades químicas (CIC, pH, contenido de nutrimentos, etc.), puesto que las segundas las podremos modificar mediante el manejo de la solución nutritiva. Un buen sustrato se le pide una elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, distribución del tamaño de partículas, baja densidad aparente y estabilidad, por

lo cual es complicado encontrar un sustrato ideal para todo tipo de cultivo, el sustrato adecuado dependerá para cada caso en concreto y esto dependerá de diferentes factores como tipo de planta, condiciones climáticas y el tipo de manejo que se le dé al sustrato (Pastor, 2000).

2.6 Sustratos comerciales más usados para la producción de plantas

En la producción de cultivos a nivel nacional se emplean sustratos comerciales con propiedades fisicoquímicas ya evaluadas y probadas en la producción de varios cultivos, con excelentes resultados, los más usados son: de origen orgánico; peat moss, fibra de coco y polvo de coco, y de origen mineral; perlita, lana de roca y vermiculita (Wyckhuys y Escobar, 2009).

2.6.1 Peat moss

Es un sustrato orgánico de origen natural, obtenido a partir de vegetales fosilizados, y que en la actualidad estos materiales llegan a México procedentes de Canadá y Estados Unidos. En México uno de los sustratos orgánicos más empleados específicamente en la producción de planta para trasplante, es el peat moss o también denominado turba, el cual es un material fosilizado y considerado como un recurso no renovable (Hanson, 2003). Existen diferentes tipos de turbas y por su grado de descomposición podemos encontrar: la turba rubia y la negra (Baixauli y Aguilar, 2002). Este sustrato se caracteriza por ser una masa ligera y esponjosa fácil de manipular, la cual permite que los cultivos cuenten con las condiciones adecuadas para su desarrollo, cualidad que ayuda a obtener mayores rendimientos a la hora de cultivar y al mismo tiempo cuida del medio ambiente. Con mayor usos en la agricultura mexicana es la turba rubia (*Sphagnum* spp.), la cual posee una densidad aparente de 0.4 a 0.08 g/cm³, un espacio poroso de 95 a 97 por ciento, una capacidad de aireación de 15 a 40 por ciento, una capacidad de retención de agua de 55 a 82 por ciento y una capacidad de intercambio catiónico de 100 a 400 meq/100g, este material

al no presentar salinidad como otros sustratos, no requiere lavados, pero en forma natural presentan un pH muy ácido y debe ser neutralizado mediante la aplicación de carbonato de calcio, actividad que normalmente se realiza antes de su exportación a México (Castellanos, 2004). Como propiedades químicas, este sustrato tiene una mínima velocidad de descomposición, baja o nula salinidad, pH estable, buena capacidad de intercambio catiónico (Castellanos, 2004). El peat moss tiene un precio promedio en México de \$695 (en presentación de 107 L).

2.6.2 Fibra de coco

Quintero, González y Guzmán, (2011), menciona que la fibra de coco (*Cocos nucifera*) es un material orgánico de lenta descomposición que resulta como subproducto de las plantaciones de coco de los países situados en los trópicos, como Sri Lanka, India, Filipinas, Costa de Marfil y México. Los productos resultantes del desfibrado de la nuez de coco que proceden del mesocarpio son fibras largas, que se suelen utilizar para diversas actividades de manufactura. La fibra de coco consiste en partículas de lignina y celulosa, con una relación C/N de 80; en general, la fibra de coco se utiliza fresca. Para algunos tipos de fibra que presentan toxicidad en el material fresco es aconsejable el compostaje antes de su uso en mezcla para sustratos, debiendo añadir nitrógeno durante el proceso de compostaje. El sustrato de fibra de coco se origina del desfibramiento industrial del mesocarpio de las cáscaras de coco, obteniéndose un sustrato de estructura granular homogénea, con alta porosidad total, según Jazmín *et al.* (2003) y Di Benedetto *et al.* (2000), posee elevada capacidad de aireación y retención de agua, baja densidad aparente, pH entre 5 y 6 y estructura física altamente estable. En México, el precio de fibra de coco en una presentación de 100 L (Mezcla 50/50% polvo/fibra) está alrededor de los \$395.

2.6.3 Perlita

La perlita es un mineral, silicato de aluminio de origen volcánico, el cual es producido con altas temperaturas, originando partículas blancas y ligeras en

peso (Landis, 2000). Ésta posee numerosas características útiles que la hacen deseable como medio de crecimiento. Una de tales propiedades es su estructura de celdas bien cerradas; el agua se adhiere sólo en la superficie de las partículas y por tanto el sustrato que contenga perlita tendrá buen drenaje, además de ser ligero en peso, es rígida y no se comprime con facilidad, lo cual promueve una buena porosidad. La perlita esencialmente es infértil, casi no contiene nutrientes para las plantas y tiene una CIC mínima, el pH está en un intervalo alrededor de la neutralidad. Por otra parte, tiene desventajas operativas, ya que puede contener partículas muy finas, lo cual causa irritación ocular e irritaciones pulmonares a los manipuladores durante el mezclado, a menos que haya sido humedecida previamente. Según Kehdi (2007), la perlita se descompone muy despacio y puede ser utilizada en grandes cantidades en cultivos tradicionales e hidropónicos con riego gota a gota. Actualmente se utiliza mezclada con turba o corteza de pino compostada, con el fin de mejorar las características del sustrato. El precio comercial del saco de 100 L de perlita (perlita expandida) está alrededor de los \$395.

2.6.4 Lana de roca

Se obtiene a partir de rocas tales como: diabasa y piedras calizas, fundiendo estos materiales a temperatura de 1600 °C, una vez fundidas se hace pasar por 40 rotores que gira a alta velocidad, formando una fibra, la cual es comprimida en planchas. Es un sustrato inerte, uniforme, prácticamente sin capacidad de intercambio de cationes, con una densidad aparente de 0.07 g. cm⁻³. Este sustrato tiene un espacio poroso total de 97%, una capacidad de aireación de 36% y un porcentaje de agua fácilmente disponible de 59%, pero el agua de reserva es de 0.3%. Su principal distinción con respecto a otros sustratos es que contiene más del doble de agua fácilmente disponible.

El cultivo en lana de roca es el sistema más utilizado en Europa y del que más información se tiene. Sus excelentes cualidades físicas y químicas como sustrato para el cultivo de hortalizas lo convierten en uno de los sistemas ideales para el cultivo sin suelo. Presenta una baja densidad aparente lo que

facilita su transporte y manejo; una elevada porosidad total; una alta capacidad de retención de agua, algo más del 95% del agua retenida por el sustrato es fácilmente asimilable por el cultivo, aspecto que nos permite dejar sin suministro de agua al cultivo durante un largo periodo de tiempo; y elevada aireación. Por su baja capacidad de intercambio catiónico y su bajo poder tampón requiere un manejo exacto de la nutrición y del riego (Baixauli *et al.*, 2002).

El cultivo en lana de roca no ha tenido el éxito que en principio cabía esperar en nuestra agricultura (a pesar de sus excelentes cualidades físicas y químicas como sustrato para el cultivo de hortícolas) debido principalmente a que se trata de un material no biodegradable lo cual supone problemas medioambientales a la hora de su eliminación, su durabilidad es limitada lo que da lugar a un incremento del coste por campaña y la consiguiente repercusión en la rentabilidad de las explotaciones ya que el conjunto lana de roca-solución nutritiva presenta una baja inercia térmica y química.

Es un material cuyas propiedades físicas y químicas lo hace un producto sumamente atractivo para la industria hortícola. Gracias a su origen mineral y proceso de producción a altas temperaturas es un sustrato libre de patógenos. Por otra parte, aunque está compuesto por diferentes óxidos de calcio y silicatos que provocan una reacción inicial alcalina, es un material inerte químicamente por su nula capacidad de intercambio catiónico y amortiguamiento.

Sin embargo, por su proceso de producción industrial llega a ser un sustrato de alto costo. Su precio comercial depende de la presentación del producto, pero en promedio se encuentra entre \$75 y \$380. Presenta variaciones rápidas por su inercia térmica (capacidad de absorber y perder calor), conforme aumenta la radiación sube de manera rápida su temperatura, y viceversa. Su capacidad de retención hídrica es buena, pero para aprovechar mejor sus propiedades se recomienda que justo antes de utilizarlo se sature de agua durante 24 o 48 horas para mantener esta característica.

2.6.5 Vermiculita

La vermiculita es un mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, el cual consiste en una serie de placas delgadas y paralelas, la que son sometidas a altas temperaturas lo que provoca la expansión de las partículas unas 15 o 20 veces (Bunt, 1988). Ésta tiene numerosas propiedades como ser ligera en peso y poseer una estructura en placas, lo que genera una elevada proporción superficie/volumen y por lo tanto una alta capacidad de retención de humedad. Las placas contienen numerosos sitios para retener cationes, tanto externa como internamente, lo que produce una elevada capacidad de intercambio catiónico; tal propiedad es única para los componentes de medios de crecimiento inorgánicos, que son típicamente inertes. Bunt (1988) reporta que, aunque la vermiculita aparentemente no tiene capacidad de intercambio aniónico, ésta puede adsorber fosfato en formas disponibles. La vermiculita contiene algo de potasio y de magnesio, los cuales son lentamente liberados para ser aprovechados por la planta. El pH es variable, normalmente dentro de un intervalo neutral (Landis, 2000). Las partículas de vermiculita son inestables estructuralmente en un medio húmedo y pueden comprimirse a través del tiempo, por esta razón debe ser mezclada con perlita, turba o corteza, que dan resistencia contra la compactación (Bunt, 1988). Además, este sustrato, como el resto de los sustratos comerciales, tiene un precio elevado, costando alrededor de \$50 el volumen de 10 L de este sustrato.

Además de los sustratos comerciales ya mencionados, existen sustratos que además de su disponibilidad permanente y costo razonable, ofrecen características físicas adecuadas para la producción de cultivos, tal es el caso de tezontle, tepojal, arena, zeolita, piedra pómez y sustratos originados a través de la biooxidación y estabilización de residuos orgánicos y abonos animales, como lo es la lombricomposta o vermicomposta (Vargas *et al.*, 2008).

2.7 Uso de lombricomposta como sustrato

El uso de lombricomposta como componente de sustratos para producir plantas en contenedor, representa una alternativa innovadora, viable y de bajo costo para la producción de hortalizas y plantas ornamentales (Marqu ez-Hern andez *et al.*, 2008). Actualmente se sabe que la lombricomposta constituye una fuente de liberación lenta de nutrientes a disposición de las plantas (Chaoui *et al.*, 2003) y que su adición favorece el mejoramiento significativo de las propiedades físicas tanto del suelo como de sustratos naturales y sintéticos (Atiyeh *et al.*, 2001; Ferreras *et al.*, 2006), además de mejorar de manera indirecta el crecimiento vegetal, ya que favorece la producción de reguladores de crecimiento beneficiando el desarrollo de las plantas, siendo las auxinas, las citoquininas y las giberelinas las principales hormonas inducidas (Arancon *et al.*, 2003; Domínguez *et al.*, 2010). Oliveira *et al.*, (2001) evaluaron el efecto de la lombricomposta de estiércol bovino como sustrato en la producción de zanahoria, para lo cual se utilizaron diferentes dosis de lombricomposta en combinación con un fertilizante mineral y obtuvieron resultados favorables en la producción total y comercial así como también en el rendimiento tras la aplicación de lombricomposta sola, ya que ésta resultó significativamente superior en cuanto a rendimiento y producción total con respecto a la combinada con abono mineral, concluyendo que la lombricomposta como sustrato favoreció la producción de raíces comerciales y proporcionó los nutrientes necesarios para el cultivo. La lombricomposta posee sustancias biológicamente activas que favorecen la regulación del crecimiento vegetal; de igual forma, su elevada capacidad de intercambio catiónico y de retención de humedad le confieren propiedades mejoradoras de suelo debido a que facilitan el drenaje y la aireación del mismo, incrementando hasta en un 300 % el rendimiento de diversas especies vegetales, lo que lo hace un abono de buena calidad (Bravo-Varas, 1996; Arancon *et al.*, 2002; Moreno-Reséndez *et al.*, 2008).

Actualmente, la horticultura está implementando prácticas de bajo impacto ambiental (Márquez-Hernández *et al.*, 2006), particularmente fertilización orgánica, utilizando diversos abonos orgánicos como la tierra de composta y la lombricomposta, e implementando también el uso de sustratos alternativos como residuos agroindustriales tales como, cáscara de arroz y aserrín, así como la inoculación de hongos endomicorrízicos y microorganismos fijadores de nitrógeno (García *et al.*, 2001; Velasco-Velasco *et al.*, 2001; Valenzuela y Gallardo, 2002) buscando alternativas para lograr cultivos de mejor calidad de manera sustentable (Gómez *et al.*, 2002; Gómez, 2004); en este contexto, el uso de lombricomposta como componente de sustratos para producir plantas en contenedor, representa una alternativa innovadora, viable y de bajo costo para la producción de hortalizas y plantas ornamentales (Marquéz-Hernández *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El trabajo de investigación fue realizado en el periodo de febrero a agosto del 2018 en un invernadero de tipo macro túnel del Departamento de Producción en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son; Latitud Norte 25° 27', Longitud Oeste 101° 02' y a una altura de 1,610 msnm.

3.2 Material vegetal

Se utilizaron plántulas de fresas (*Fragaria ananassa*) cv. Camino real, de días neutros. Este cultivar se caracteriza por ser un cultivo de planta pequeña y erecta.

3.3 Trasplante

El trasplante fue realizado el 28 de febrero del 2018, seleccionando plántulas sanas, vigorosas y uniformes. Las plántulas fueron trasplantadas en bolsas de 5 litros, utilizando diferente mezcla de los sustratos de perlita, peat moss y lombricomposta en diferente proporciones de acuerdo a cada tratamiento evaluado. Se plantó una plántula por contenedor, los cuales fueron marcadas con el número de tratamiento y repetición correspondiente.

3.4 Tratamientos

Los tratamientos evaluados en este experimento fueron cuatro, mezclas de sustrato (perlita, lombricomposta y peat moss) y tres concentraciones de solución nutritiva propuesta por Steiner (1961) (40, 60 y 80%) (Cuadro 1), dando un total de 12 tratamientos.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la producción de fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Camino real.

Lombricomposta	Mezclas (%)		SN %
	Peta moss	Perlita	
0	70	30	40, 60 y 80
10	60	30	
20	50	30	
30	40	30	

3.5 Manejo del cultivo:

3.5.1 Riego

Las SN fueron preparadas en tambos de 80 L con 50% agua destilada y 50% agua de la llave para tener un agua de riego inicial con baja conductividad eléctrica (CE). La CE de la SN al 40% fue de 1.20 dSm⁻¹, la del 60% de 1.54 dSm⁻¹ y la de 80% de 1.90 dSm⁻¹. Los riegos se aplicaron manualmente según las necesidades hídricas de las plantas, aplicando un volumen suficiente de la SN para mantener un 25% de drenaje. Al tercer día después del trasplante se iniciaron los riegos con la SN correspondiente a cada uno de los tratamientos. El pH de las soluciones se ajustó a 6.0±0.1 con H₂SO₄ al 1N.

3.5.2 Solución Nutritiva

Cuadro 2. Solución nutritiva Steiner en diferentes concentraciones para aplicar riego en las plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Camino real.

Concentraciones	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ₂ ⁺	K ⁺	Mg ₂ ⁺
	Meq L ⁻¹					
80%	9.6	0.8	5.6	7.2	5.6	3.2
60%	7.2	0.6	4.2	5.4	4.2	2.4
40%	4.8	0.4	2.8	3.6	2.8	1.6

3.5.3 Control de C.E del sustrato

Así mismo, la CE del sustrato se monitoreó durante todo el experimento. La determinación se hizo con ayuda de un medidor portátil para C.E de la marca (LAQUAtwin). La CE se procuraba mantener por debajo de 2 dSm^{-1} ($1-1.2 \text{ dSm}^{-1}$), para lo cual se realizaba riegos pesados con agua de la llave cuando este valor se superaba. Posteriormente, se tomaba otra lectura después del lavado para verificar el valor de la CE.

3.5.4 Control del pH

El control del pH en la solución nutritiva (SN) se hizo con un medidor portátil pHmetro de la marca (LAQUAtwin). El comportamiento del pH en todo el experimento fluctuó entre los valores 6.3 y 6.8, teniendo un pH promedio de 6.5 para ambos sistemas de producción. En caso de tener un pH muy elevado en el sustrato, este se bajó con un riego pesado (2 L) con agua destilada o con agua potable (previamente bajado el pH a 6.0 con HNO_3^- , $\text{H}_2\text{SO}_4^{2-}$ o H_3PO).

3.5.5 Podas

Durante el experimento se podaron las hojas viejas y los estolones.

3.5.6 Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se aplicaron preventivos para arañita roja (*Tetranychus urticae*) con productos de ingrediente activo abamectinas. Para evitar enfermedades fungosas, principalmente por *Verticillium*, se aplicó Curathane (ingrediente activo Cimoxanil + Mancozeb).

3.5.7 Control de malezas

Las malezas que se encontraban dentro del invernadero fueron eliminadas manualmente para evitar que funge como hospederos de las plagas.

3.6 Variables evaluadas:

3.6.1 Altura de planta

La altura de planta se determinó desde la base hasta la parte más apical de la misma, con la ayuda de una cinta métrica se midió y registró en cm.

3.6.2 Clorofila

Esta evaluación se realizó el Miércoles 08 de agosto del 2018, entre las 10:00 a 11:00 am. Para esta determinación se utilizó el SPAD 502, tomando la muestra de la hoja de una planta por repetición.

3.6.3 Numero de hojas

Al final del experimento se contó el número de hoja de las dos plantas de cada repetición de cada uno de los tratamientos.

3.6.4 Numero de estolones

Para determinar esta variable se tomó en cuenta todos los estolones podados durante todo el experimento en cada una de las dos plantas de cada repetición.

3.6.5 Numero de brotes

Al final del experimento se contó el número de brotes de las dos plantas de cada repetición de cada uno de los tratamientos.

3.6.6 Peso fresco de la hoja

Las hojas fueron pesadas al final del experimento, tomamos en cuenta todas las hojas en buen estado y con un buen follaje y las hojas que fueron retiradas anterior mente debido a que eran hojas secas o muy maltratadas.

3.6.7 Peso fresco de corona.

Al final del experimento, después de realizar el corte de las hojas y separarla de la corona, también realizar otro corte para separarla de la raíz. Con un vernier medimos el diámetro y después pesarla en una balanza.

3.6.8 Peso fresco de raíz

Después de haber lavado cada raíz y retirado todo el sustrato, se determinó el peso fresco de la raíz de cada una de las plantas que componían cada repetición. En una balanza analítica.

3.7 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial (4 x 3), con un total de 12 tratamientos, y 6 repeticiones por cada tratamiento y en cada repetición dos unidades experimentales. Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias fue de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) y las variables de crecimiento: número de brotes, número de estolones, número de hojas, altura de planta, peso fresco de hoja, peso fresco de raíz y peso fresco corona de las plantas de fresa fueron afectados significativamente por las diferentes proporciones de lombricomposta en el medio de crecimiento y por las concentraciones de las soluciones nutritivas, además, la interacción de estos dos factores influyeron en todas las variables evaluadas (Cuadro 3).

El efecto de la concentración de la SN en la altura de las plantas depende de la concentración de lombricomposta en el medio de crecimiento (Figura 1). Las plantas desarrolladas con 0% de lombricomposta fueron las que presentaron una mayor altura, además no se observó diferencias en la altura según la concentración de la SN. Pero, al emplear un 10% de lombricomposta se redujo la altura de las plantas, este efecto fue más marcado con la SN al 60%, no obstante, con la adición de un 20% lombricomposta se recupera ligeramente con la SN al 60%, mas no fue así con las SN al 40% y 80%; así mismo, con la proporción de 30% lombricomposta se redujo drásticamente la altura con la SN al 40% (Figura 1).

Beltrán *et al.* (2016), Atiyeh *et al.* (2001) y Ferreras *et al.* (2006) mencionan que la lombricomposta suministra los nutrientes necesarios para un buen desarrollo de las plantas y tiene el potencial de afectar de forma positiva su crecimiento, el cual está relacionado con la actividad hormonal y con los microorganismos del suelo. Sin embargo, en este trabajo no se obtuvo un efecto favorable de la lombricomposta en la altura de la planta de fresa. Relacionado a lo anterior, Wu y Ma (2001) y Wolkowski (2003) indican que algunas sustancias encontradas en compostas inmaduras pueden producir una reducción en el rango de crecimiento de las plantas, el cual depende de la fuente del material empleado y del proceso de compostaje.

Sin embargo, en este trabajo, las fresas cultivadas presentaron alturas similares a las reportadas por otros autores (23.22 a 28.88 cm). Mayulema (2005), reporta una altura óptima para la fresa, entre 15.16 - 20.06 cm en promedio, cuando se cultiva en suelo. Li *et al.* (2011) reporta una altura de 20.73 cm en el cultivo de *Fragaria vesca*, bajo condiciones de invernadero. De acuerdo a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2001) destacan que la lombricomposta favorece el desarrollo de los cultivos en invernaderos cuando estos se utilizan como sustratos de crecimiento, y que las diferencias detectadas en esta variable, se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas.

Así mismo, se presentó un mayor ICRC en las plantas sometidas a la mezcla de sustrato con 0% de lombricomposta, con diferente respuesta según la concentración de la SN (Figura 2). Contrario al resultado que reporta Cruz *et al.* (2012), quienes al evaluar diferentes mezclas de lombricomposta con tezontle en tomate, no encontraron diferencia en la lectura SPAD. En general, el ICRC fue mayor al usar una SN al 80% en las diferentes concentraciones de lombricomposta (Figura 2). Nuestros resultados concuerden con Fawzy *et al.* (2012), quienes señalan que suministros adecuados de nutrientes se asocia con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso y alta calidad fotosintética.

Cuadro 3. Respuesta del índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) y las variables de crecimiento de las plantas de fresa a diferentes proporciones de lombricomposta y por las concentraciones de la solución nutritiva.

Lombricomposta (%)	ICRC	No. Brotes	No. Estolones	No. Hojas	Altura De planta	PFH	Peso Fresco Raíz	Peso Fresco Corona
0	45.91 a	3.22 a	3.55 a	17.66 d	28.88 a	83.88 a	33.69 a	10.97 c
10	39.92 b	3.05 a	2.66 b	18.88 b	24.61 c	78.85 b	28.44 b	11.52 a
20	37.89 c	3.00 b	2.16 c	20.22 a	25.00 b	73.47 c	28.59 b	11.22 b
30	36.92 d	2.77 b	1.50 d	18.44 c	23.22 d	63.47 d	22.41 c	9.38 d
Anova P≤	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SN (%)								
40	38.77 c	3.16 a	1.87 c	19.37 a	24.75 c	76.12 a	27.43 c	11.66 a
60	40.05 b	2.92 b	2.5 b	18.87 b	26.04 a	74.60 b	28.39 b	11.10 b
80	41.65 a	2.92 b	3.04 a	18.16 c	25.50 b	74.03 c	29.02 a	9.56 c
Anova P≤	0.001	0.02	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Interacción P≤	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CV (%)	1.6122	11.16	17.01	1.79	1.63	0.52	1.19	2.17

NS= solución nutritiva; ANOVA= Análisis de varianza; CV; coeficiente de variación; Interacción= Lombricomposta*SN; PFH=peso fresco de hoja.

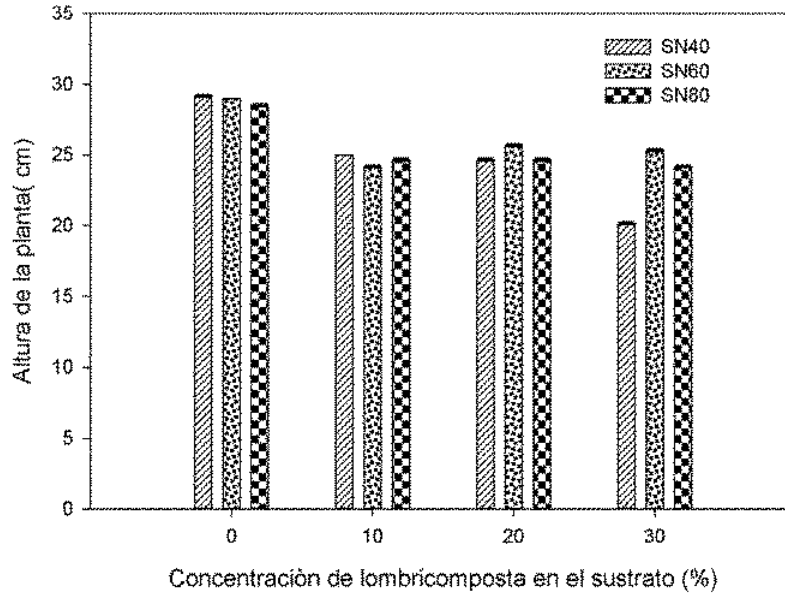


Figura 1. Altura de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

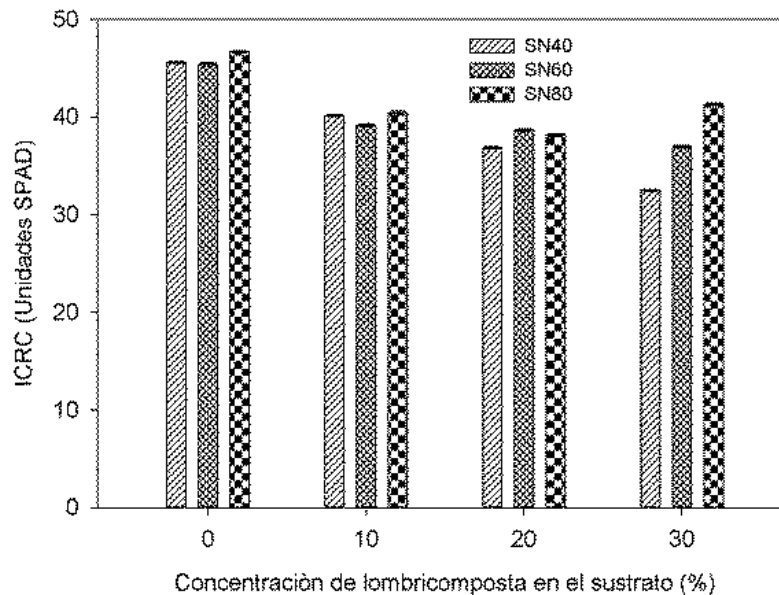


Figura 2. Contenido de clorofila de las plantas de fresa cultivadas con diferente Concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

En general, el número de hojas de las plantas de fresa fue mayor al emplear 20% de lombricomposta como parte de la mezcla de sustrato (Figura 3). Sin embargo, esta variable se comportó de manera diferente según la concentración de la SN empleada, observándose que al emplear 0% de lombricomposta se obtuvo una mejor respuesta al emplear una SN al 80%; mientras que al emplear el 10 y 20% de lombricomposta se obtuvo un mayor número de hojas al aplicar una SN al 40%; pero al utilizar un 30% de lombricomposta, el número de hojas fue mayor al implementar una SN al 60% (Figura 3).

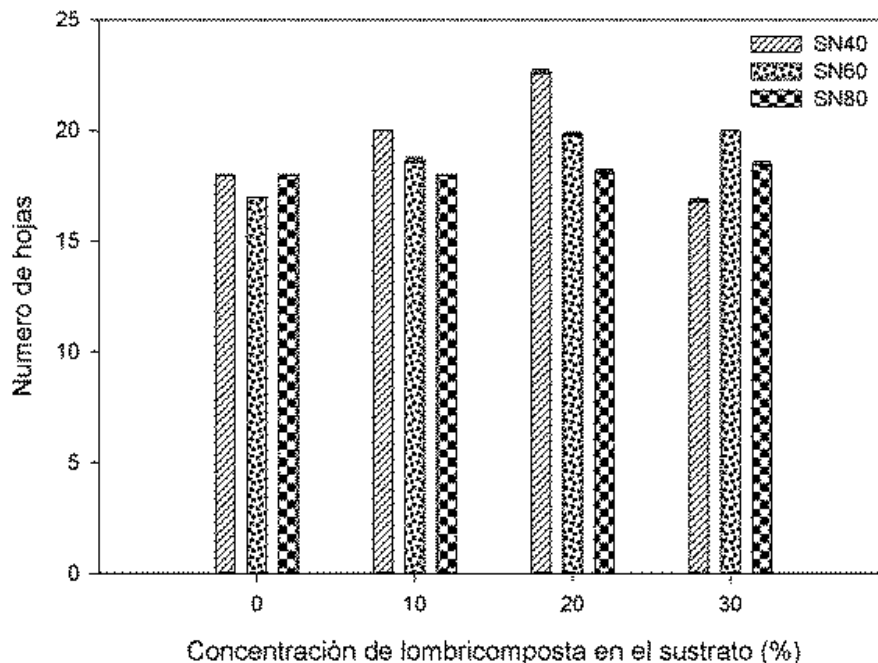


Figura 3. Número de hojas de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

El número de estolones de plantas de fresa cultivadas con 0% de lombricomposta mostraron mayor número de estolones, que el de las plantas cultivadas con porcentajes de lombricomposta (Figura 4). El número de estolones vario según la concentración de la SN, observándose en general que a mayor proporción de lombricomposta utilizada y la disminución de la

concentración de SN, se obtiene menor número de estolones por planta (figura 4). Para el caso de la lombricomposta algunos autores mencionan que el incremento de estolones puede deberse al ácido giberelico (GA) presente en la lombricomposta (Avigdori *et al.*, 1979; Barrit, 1974; Blatt y Crouse, 1970; Braun y Kender, 1985; Choma y Himelrick, 1984; Singh *et al.*, 2008).

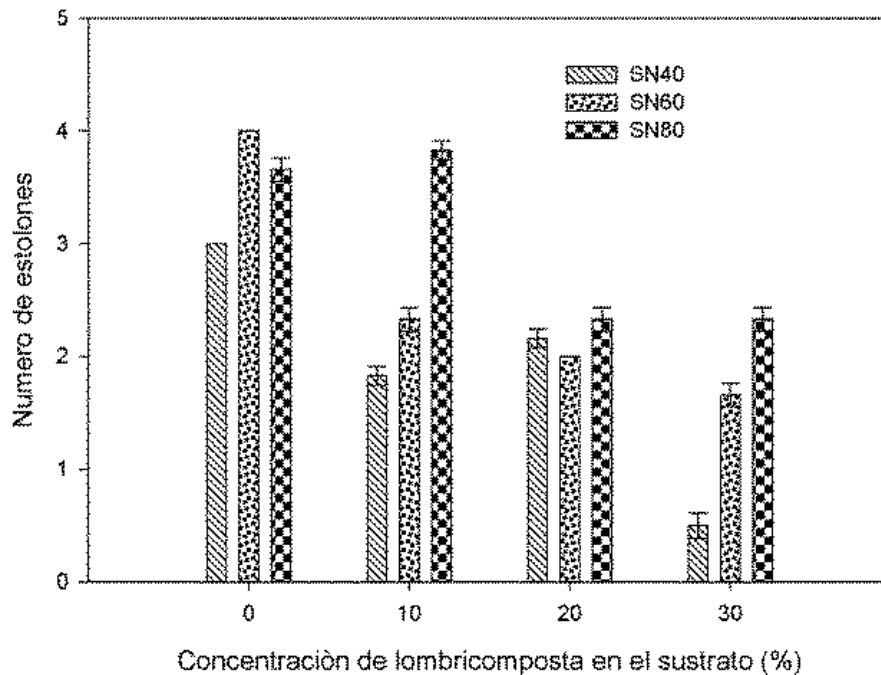


Figura 4. Número de estolones de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

El número de brotes fue mayor en plantas cultivadas con 0 y 10% de lombricomposta, observándose una mejor respuesta al emplear una SN al 80% (Figura 5). Mientras que al utilizar el 20 % de lombricomposta, el número de brotes en las tres diferentes concentraciones de la SN se mantuvieron similares. Por otro lado, al implementar un 30% de lombricomposta se obtuvo un mayor número de brotes con una SN al 60% se muestra en la (Figura 5).

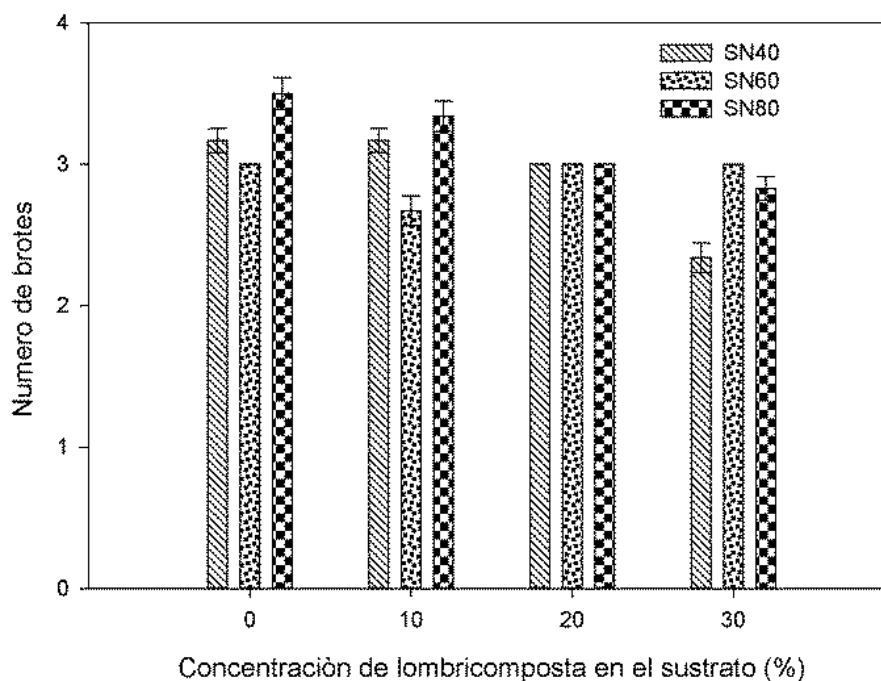


Figura 5. Número de brotes de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

El peso fresco de hoja fue mayor en las plantas cultivadas con 0% de lombricomposta, observándose un decremento de esta variable al incrementar la proporción de lombricomposta en la mezcla del sustrato (Figura 6). Mientras que esta variable se comportó de manera diferente según la SN en cada una de las proporciones de lombricomposta. Observándose que al implementar 0 y 20% de lombricomposta, el peso fresco de hoja fue mayor al implementar una concentración baja de la SN; pero con un 10% el peso fresco de hoja fue mayor con una SN al 80%, mientras que para plantas tratadas con un 30% de lombricomposta, el peso fresco de hoja fue superior con una SN al 60%. Nuestros resultados obtenidos fueron diferentes a lo obtenido por, Villa-Briones *et al.* (2006) Incorporaron diferentes dosis de lombricomposta y estiércol al suelo en condiciones de invernadero para producir jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), observaron un aumento significativo en el peso fresco en las plantas crecidas en suelo mejorado con lombricomposta a 7.5 t·ha⁻¹ (300 g·planta⁻¹) y 12.5 t·ha⁻¹ (500 g·planta⁻¹) superando al control en 90 %,

concluyendo que la lombricomposta tiene un efecto significativo en el crecimiento de las plantas.

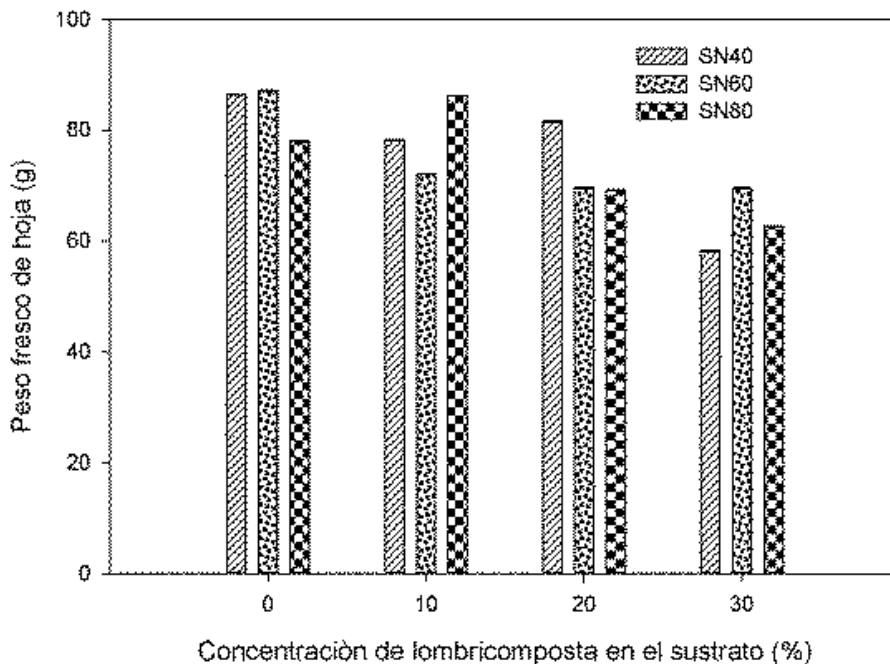


Figura 6. Peso fresco de hojas de plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

No obtuvimos un mayor peso fresco de corona, (Figura 7). Sin embargo, el peso fresco de corona fue diferente según la SN nutritiva empleada en cada una de las proporciones de lombricomposta; observándose que al implementar 0% y 20% de lombricomposta, se obtuvo una mejor respuesta en el peso frescos de corona al usar una SN al 40%; mientras que con 20% y 30% el mayor peso fresco de corona se obtuvo con una SN al 40% (Figura 7). Nuestros resultados obtenidos se relacionan con Ansari y Sukhraj (2010), quienes al comparar el efecto de diferentes abonos orgánicos: lombricomposta, estiércol vacuno y fertilizante químico, concluyeron que la aplicación de lombricomposta y sus lixiviados incrementa el desarrollo vegetativo y el diámetro del tallo de okra (*Abelmoschus esculentus*).

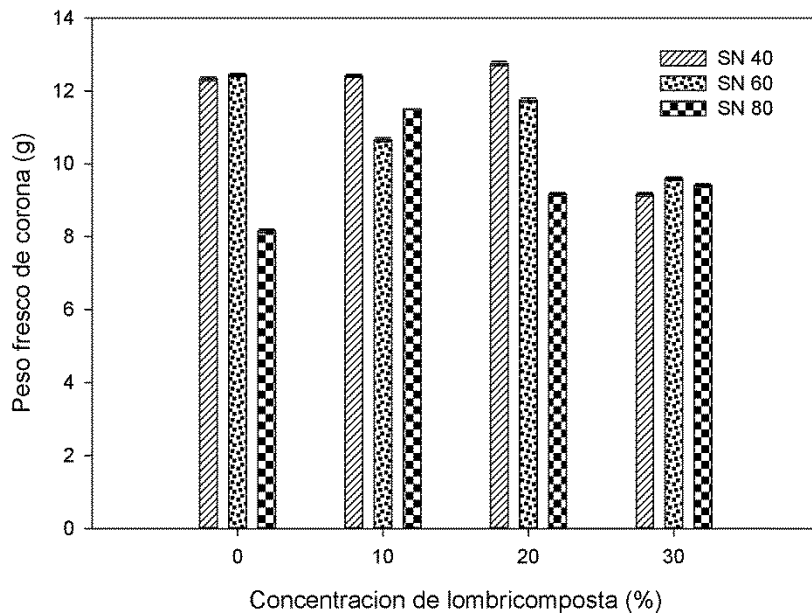


Figura 7. Peso fresco de corona de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

Por último, se obtuvimos distintos comportamientos del peso fresco de raíz según la proporción de lombricomposta y concentración de la SN empleada (Figura 8). Obteniendo un mayor peso fresco de raíz al cultivar las plantas en una mezcla de sustrato con el 0% de lombricomposta, decreciendo esta variable con forme se incrementó la proporción de lombricomposta en el sustrato (Figura 8). Además, el peso fresco de raíz se comportó de manera diferente según la concentración de la SN empleada en cada una de las proporciones de lombricomposta (Figura 8), obteniendo un mayor peso fresco de raíz al usar una SN al 60% con una proporción del 0% de lombricomposta; pero al emplear una proporción del 10 y 20% de lombricomposta, hubo una mejor respuesta de esta variable al usar una SN de menor concentración; mientras que al cultivar las plantas con un 10% de lombricomposta, el peso fresco de raíz fue mayor con una SN al 80%.

Respuesta contraria al obtenido en este trabajo fueron reportados por Oliveira *et al.* (2001), quienes mencionan que la lombricomposta como sustrato favorece la producción de raíces. Por su parte, Villa *et al.*, (2006) reportaron que observaron un mayor crecimiento de raíz al implementar una dosis de lombricomposta del 20% mezclada con suelo agrícola, en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

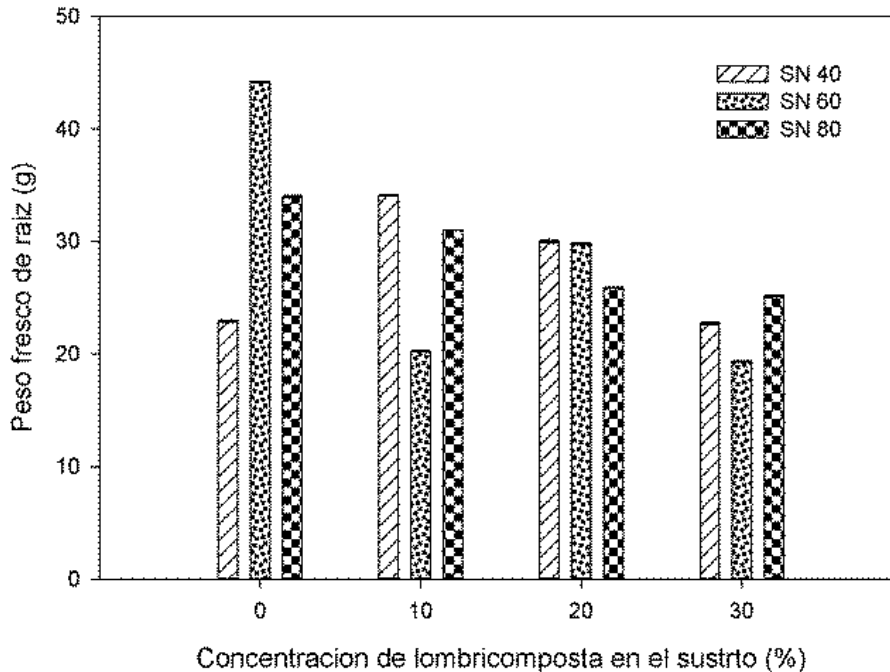


Figura 8. Peso fresco de raíz de las plantas de fresa cultivadas con diferente concentración de lombricomposta en el sustrato (0, 10, 20 y 30 %) y diferente concentración de la SN Steiner (40, 60 y 80%).

V. CONCLUSIÓN

La concentración de lombricomposta en el sustrato mejora el número de hojas, número de brote, peso fresco de corona, altura de planta, especialmente cuando se usa entre el 10 y 20%, lo que podría favorecer a obtener una mayor producción.

El incremento de la concentraciones de la soluciones afecta manera positiva la mayoría de las varias evaluadas. El índice de contenido relativo de clorofila fue mayor con el 80% de la solución nutritiva, mientras que el aumento de la proporción de lombricomposta esta variable disminuye.

En general el aumento de la concentración de la solución nutritiva y lombricomposta disminuye la mayoría de las variables, a excepción del número de hojas pues, fue mayor con 20% de lombricomposta y 40% de la solución nutritiva.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M; Noguera, M. P. y Carrión, B. C. (2005). Sustrato para el cultivo sin suelo y Fertirrigación. En Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Coordinador: Carlos Cadahia L. pp. 299-354. Ediciones Mundi- Prensa. España.
- Abad, M., Noguera, P., Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa. Caracterización de sustratos agrícolas enmendados con lombricompost. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 2007; 25: 1-9.
- Acosta, D., Bahena, G., Chávez, J., Acosta, P. y Solis, R. M. (2019) .Sustrato de lombricomposta para el cultivo de Belén (*Impatiens walleriana* Hook. f.) Revista Bio Ciencias ISSN 2007-3380 Revista Bio Ciencias 4(5).
- Adams, P. 1991. Hydroponic systems for winter vegetables. Acta Hortic. 287: 181-188.
- Ana, M. y Diana, R. (2013). Evaluación y comparación de comportamientos agronómicos de dos cultivares de fresa (Albidon y Monterrey) sembrados a libre exposición y bajo macrotunel en la sabana (tesis nivel licenciatura) Universidad Militar “Nueva Granada” Facultad De Ciencias Básicas y Aplicadas Biología Aplicada Cajicá.
- Ávila, A. M., David de Jesús, G. (2012). La competitividad de las fresas (*fragaria* spp.) mexicanas en el mercado nacional, regional y de estados unidos. Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California.

- Bartual, R. (1995). Cultivo del fresón: Mejora genética aplicada a la obtención de nuevas variedades. En: Curso Internacional Cultivo de la Fresa (Frutilla). Dirección General de Investigación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Málaga-Huelva. Castillejo A. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria X ananassa*) en invernadero. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario para el desarrollo integral regional unidad Michoacán.
- Brenda, H., Prometeo, S. & Omar, F. (2017). "Evaluación del rendimiento y calidad de fresa en dos sistemas hidropónicos"(Tesis licenciatura) Campus Universitario "El Cerrillo", Toluca, México.
- Cadahia, C. (Ed.). (2005). Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Mundi-prensa Libros.
- Carlos, R., Molina, N. y María, A. (2014). Efecto de Cuatro Biofertilizantes en la producción de estolones y frutos de fresa (*Fragaria Vesca L.*) (Tesis Nivel Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Caruso, G., Villard, G., Melchionna, G., and Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca*) grown in hydroponics. Scientia Horticulturae.
- Castillejo, A. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria X ananassa*) en invernadero. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario para el desarrollo integral regional unidad Michoacán.
- Cruz, N. A. (2014).Crecimiento y Desarrollo De Tres Variedades De Fresa En Tres Tipos De Sustrato. Saltillo Coahuila: Centro De Investigación De Química Aplicada.

- Daniel, H. (2011). *Competitividad de la fresa mexicana de exportación a EE.UU: Un modelo de Equilibrio Parcial*. Globalización, Competitividad y Gobernabilidad de Georgetown/Univercia, vol.5 num.3.
- Díaz, P. A. (2005). Medios de cosecha para plantaciones de frutilla hidropónica. Universidad de Chile, 95p.
- Galindo, P. y Flor V. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online], vol.5, n.7, pp.1219-1232. ISSN 2007-0934.
- Hancock, J. F. (1999). Strawberries. CABI Puublishing. Cambridge, U. K., 209p.
- Jacinto, V. y Oscar, L. (2018) Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* vol.9 no.1 Trujillo ene./mar. 2018.
- Juan J.T., Carlos, M., Bucio, V., Fidel, R., Díaz, S., Oscar, A., Martínez, J., Israel, E., Herrera, D., Carlos, H. y Herrera M. (2014). Efecto del formiato de etilo y *trichoderma harzianum* sobre plantas de fresa desarrolladas en fibra de coco y tezontle. Artículo Científico. *Ciencia y Tecnol. Agropec. México*, 2(2): 1-8.
- Julio, M, M &, María, V., Agustín, M. B. y Catalina P. (2019). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). Universidad de Sonora.
- López, P.L., Cárdenas, N. R., Lobit, P., Martínez C. O. y Escalante, L. O. (2005). Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 28 No. 2 pp. 171– 174.
- Luis, L., Asunción, G., García, B., Chávez, M. y Peña, C. (2014). Consideraciones para mejorar la competitividad de la región "El Bajío" en

la producción nacional de fresa. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.5 no.4 Texcoco.

Mora, F.Y. (2013). Evaluación y Comparación del Comportamiento Agronómico. Bogota Colombia: Universidad Militar “Nueva Granada”.

Morgan, L. (2002). Producción intensiva de fresa. Productores de Hortalizas. Los sistemas NFT y DFT de hidroponía representan una alternativa viable para pequeños empresarios en producción intensiva de fresa, Editorial Katie O’ Keeeffe-Swank editora Ana Reho, Ohio, EUA.59p.

Ramírez, I. C. (2016). *Índice de competitividad de la fresa (fragaria vascal L.) de México en el mercado mundial*. AGROProductividad (Vol. 99, ISSue 5.), p.29.

Ramírez, L. C., *et al.* (2019). "Índices de competitividad de la fresa (*fragaria vesca* l.) de México en el mercado mundial." *AGROProductividad*, vol. 9, no. 5, 2016, p. 29+. *Gale OneFile: Informe Académico*.

Ramón D. (2013) “Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) Bajo Invernadero” (Maestro En Ciencias Enagropasticultura) Centro De Investigación en Química Aplicada. Programa De Posgrado En Agropasticultura. Saltillo, Coahuila, México.

Soto, M. y Fuentes, A. (1992). Problemática en la producción y comercialización de hortalizas en México: El caso de la fresa y el melón. Invest. Geograficas [online]. n.24, pp.79-94. ISSN 2448-7279.

Wyckhuys, K. A. y Escobar, H. (2009). Manejo de tomate hidropónico. En: Escobar, H., & Lee, R. *Manual de producción de tomate bajo invernadero*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Zita, P. Jaime, B. & Angélica, A. (2017) Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill) (Tesis de nivel Licenciatura) Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestal.