

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Efecto de las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta en el Crecimiento Radicular y Acumulación de Biomasa Seca en Plantas de Fresa cv. Camino Real.

Por:

ANDULIO ÁLVAREZ MÉNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

(Ciencias del Suelo y Producción de Cultivo)

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto de las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta en el Crecimiento Radicular y Acumulación de Biomasa Seca en Plantas de Fresa cv. Camino Real.

Por

ANDULIO ÁLVAREZ MÉNDEZ

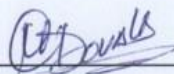
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobado 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 al Dr. Víctor Samuel Peña Olvera y al Dr. Angel Rumualdo Cepeda Dovala del alumno Andulio Álvarez Méndez.



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Presidente

Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto de las Concentraciones de Soluciones Nutritivas y Lombricomposta en el
Crecimiento Radicular y Acumulación de Biomasa Seca en Plantas de Fresa cv.
Camino Real.

POR

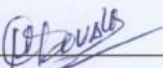
ANDULIO ÁLVAREZ MÉNDEZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

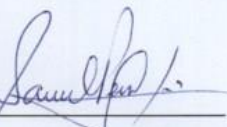
Aprobada por:




M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Presidente



Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor



Dr. Víctor Samuel Peña Olvera
Coasesor



Dr. Ángel Rumbaldo Cepeda Dovala
Vocal. suplente



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2020



AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por bendecirme y guiarme en toda la vida y por permitirme concluir esta etapa tan importante en mi vida. Porque jehová es bueno; para siempre es su misericordia, y su verdad por todas las generaciones (salmos 100:5).

A mi Alma Terra Mater

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y por acogermme durante cinco años dándome las herramientas, conocimientos para forjame profesionalmente gracias por dejarme formar parte de tu historia.

A mis asesores:

Dr. Armando Hernández Pérez. Por su tiempo, conocimiento, su paciencia y motivaciones para terminar con éxito esta investigación.

Dr. Víctor Samuel Peña Olvera. por haberme brindado su tiempo y conocimiento en las dudas que se presentaron durante el proyecto.

M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala. Por su confianza brindado por sus enseñanzas durante mi formación académica.

Dr. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala. Por sus consejos y enseñanzas que me dio durante mi formación académica.

DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Gonzalo Álvarez Méndez

Sra. Antonia Méndez Pérez

A quienes me dieron la oportunidad de estudiar una carrera profesional, fruto del inmenso apoyo, confianza que en mi se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales por lo cual les viviré eternamente agradecido Por todo el tiempo que les robe pensando en mi... Gracias. Con amor y respeto.

A mis hermanos

Emelina, Humberto y Octavio. Por sus apoyos y buenos consejos que me dieron y sus ejemplos de superación ha sido fundamental para mí, para lograr terminar esta etapa tan importante en mi vida...los amo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Características de la planta	4
4.2. Taxonomía de la fresa (Menéndez-Valderrey, 2007).....	4
4.3. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de fresa	5
4.3.1. Fotoperiodo.....	5
4.3.2. Temperatura.....	5
4.3.3. pH	5
4.3.4. Humedad relativa	5
4.4. Producción mundial y nacional	6
4.5. Importancia económica de la fresa en el mundo y en México	6
4.6. LOS SUSTRATOS.....	8
4.6.1. Clasificación de los sustratos.....	9
4.7. La Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNUS) y consumo nutrimental	14
4.7.1. Salinidad	15
4.7.2. La conductividad eléctrica (CE)	15
4.7.3. Potencial hidrogeno (pH)	16
4.8. Fertilización y nutrición	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Localización del experimento.....	18
5.2. Material vegetal	18
5.3. Instalación del experimento.....	19

5.4. Trasplante.....	19
5.5. Tratamientos	19
5.6. Manejo del cultivo:.....	20
5.6.1. Riego.....	20
5.6.2. Solución nutritiva	20
5.6.3. Control de plagas y enfermedades	20
5.7. Variables evaluadas:.....	21
5.7.1. Peso seco.....	21
5.7.2. Longitud de raíz.....	21
5.7.3. Volumen de raíz	21
5.8. Diseño experimental y análisis estadístico.....	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6.1. Peso Seco de Hoja	23
6.2. Peso Seco de Corona.....	25
6.3. Peso Seco de Raíz	27
6.4. Longitud de Raíz	29
6.5. Volumen de Raíz.....	30
6.6. Peso Seco Total	32
VII. CONCLUSIÓN	34
VIII. BIBLIOGRAFÍA	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estados con mayor valor de producción de fresa en México.....	8
Cuadro 2. Características de la lombricomposta.....	13
Cuadro 3. Los requerimientos nutricionales de la fresa en sistema hidropónico según diversos autores:	17
Cuadro 4. Tratamientos evaluados en la producción de fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. Camino real.	19
Cuadro 5. Solución nutritiva Steiner en diferentes concentraciones aplicados al riego en las plantas de fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. Camino real.	20
Cuadro 6. Análisis de varianza de crecimiento radicular y peso seco de las plantas de fresa a diferentes proporciones de lombricomposta y por las concentraciones de la solución nutritiva.	22

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales exportadores mundiales de fresa.....	7
Figura 2. Localización del área experimental	18
Figura 3. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de hoja de las plantas de fresa cv. Camino real. SN40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	24
Figura 4. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de corona de las plantas de fresa cv. Camino real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	26
Figura 5. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de raíz de las plantas de fresa cv. Camino real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	28
Figura 6. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en la longitud de raíz de las plantas de fresa cv. Camino real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	29
Figura 7. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el volumen de raíz de las plantas de fresa cv. Camino real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	31
Figura 8. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco total de las plantas de fresa cv. Camino real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.	33

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la distribución de biomasa y crecimiento radicular en el cultivo de fresa cv. Camino Real con diferentes proporciones de lombricomposta y concentraciones de la solución nutritiva Steiner. la investigación se realizó en febrero a agosto del 2018 en el 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 la solución nutritiva Steiner (40, 60 y 80%). el diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial de (4x3). Las variables evaluadas fueron: peso seco de hoja, peso seco de corona, peso seco de raíz, longitud de raíz, volumen de raíz y peso seco total de las plantas. Los resultados demostraron que, al incrementar la concentración de lombricomposta en la mezcla del sustrato, peso seco de raíz, volumen de raíz y longitud de raíz disminuyeron, mientras que las variables de peso seco de hoja y peso seco de corona le favoreció con un 10% y 20% de la concentración de lombricomposta. En relación de la concentración de la solución nutritiva, se observó que las variables de peso seco de raíz y peso seco total fueron mayor al incrementar la concentración de la solución nutritiva.

Palabras claves: lombricomposta, Steiner, biomasa

I. INTRODUCCIÓN

La lombricomposta está compuesta principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (Montano-Mata et al., 2009) y se utiliza fundamentalmente como mejorador de suelo (donde han sido explotados y expuestos a aplicaciones excesivas de agroquímicos), recuperador orgánico de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, como sustrato para cultivos hortícolas en invernadero, actúa como regulador de crecimiento debido a que contiene sustancias activas, además de elevar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contiene alto contenido de ácidos húmicos (Ndegwa et al., 2000; Urrestarazu et al., 2001; Duran y Henriquez, 2009); además el contenido nutrimental de la lombricomposta dependerá de su origen (Theunissen et al., 2010) y provee todos los nutrientes que contiene en forma fácilmente disponible y por tanto mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Nagavallemmam et al., 2004).

Uno de los principales factores que determina el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato. 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, pues constituyen el medio en el que se desarrolló de las plantas. La mayor investigación sobre sustratos como medio de crecimiento se ha desarrollado en especies ornamentales, y entre los más utilizados se encuentran la turba (*peat moss*), tierra de monte, arena de río, vermiculita, piedra volcánica (tezontle), agrolita y lombricomposta entre otros. (López, et al, 2005)

A partir del año 2000 en la universidad estatal de Ohio, se implementó un programa de investigación sobre lombricomposta en la cual se han desarrollado experimentos para evaluar diferentes tipos de lombricomposta sobre germinación, crecimiento, floración y fructificación en varias especies hortícolas y ornamentales, concluyendo que las mejores respuestas a estas especies se presenta cuando se sustituye del 10 al 20 % del volumen total del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de lombricomposta (Riggle, 1998; Subler et al., 1998).

La hidroponía se usa, en el mundo en sus diferentes modalidades, para la producción de cultivos rentables. La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) puede producirse bajo este sistema, elevando su potencial productivo, lo cual permitiría satisfacer la demanda local e internacional, al producir en periodos fuera de estación. Además, estos sistemas de producción permiten obtener fruta libre de patógenos que frecuentemente se encuentran en los frutos cultivados en campo, mejorando la calidad del producto en cuanto a su apariencia y firmeza. Por otra parte, permiten optimizar el uso de insumos y reducir el impacto ecológico y económico de la producción de fresa (Morgan, 2002).

Se le da el nombre de fresa a especies de plantas rastreras del género *Fragaria*, vocablo que se relaciona con la fragancia que posee (Fraga, en latín), cultivadas por su fruto comestible. Las primeras fresas se cultivaron durante el siglo XVII y fueron la especie silvestre (*Fragaria vesca* L.), (Menéndez-Valderrey., 2007).

En México el principal productor de fresa es Baja California con 60.7 t ha⁻¹ , Guanajuato 56.1 t ha⁻¹, Aguascalientes 52.7 t ha⁻¹, Chihuahua 49.0 t ha⁻¹, Michoacán 45.8 t ha⁻¹, Tlaxcala 45.2 t ha⁻¹, Baja California Sur 36.9 t ha⁻¹, Jalisco 36.3 t ha⁻¹, Oaxaca 24.9 t ha⁻¹ y México con 20.2 t ha⁻¹ (SIAP, 2018).

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento radicular y acumulación de biomasa seca en plantas de fresa cv. Camino Real desarrolladas con diferentes proporciones de lombricomposta y concentraciones de solución nutritiva.

2.1. Objetivos específicos

Determinar la proporción favorable de lombricomposta como componente del sustrato en la distribución de biomasa seca en plantas de fresa cv. Camino Real.

Determinar la óptima concentración de la solución nutritiva adecuada para el crecimiento radicular y biomasa seca en las plantas de fresa cv. Camino Real.

Obtener la mejor proporción entre lombricomposta y solución nutritiva que permite aumentar el crecimiento radicular y biomasa seca en las plantas de fresacv. Camino Real.

III. HIPÓTESIS

Al menos una dosis de la lombricomposta y solución nutritiva tiene efecto positivo en el crecimiento de biomasa seca y crecimiento radicular en las plantas de fresa cv. Camino Real.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Características de la planta

La planta es de tipo herbáceo, en tanto el sistema radicular es fasciculado y se compone de raíces y raicillas. Es pequeña, de no más de 50 cm de altura, con numerosas hojas originadas en una corona o rizoma muy corto que se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta.

Las flores son blancas, organizadas en cimas y tienen cáliz de 5 piezas hendidas, 5 pétalos redondeados y numerosos estambres y pistilos. (SAGARPA, 2017).

4.2. Taxonomía de la fresa (Menéndez-Valderrey, 2007)

- Reino: Vegetal
- Familia: Rosáceas
- Subfamilia: Rosideas
- Género: *Fragaria*
- Especie: sp.
- Nombre científico: *Fragaria* sp.
- Variedad: camino real
- Nombre común: Fresa.

4.3. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de fresa

Para que la fresa tenga un desarrollo óptimo necesita requerimientos indispensables:

4.3.1. Fotoperiodo

El fotoperiodo y la temperatura controlan significativamente el crecimiento vegetativo y la floración (Santibáñez, 1994).

Días largos y cálidos favorecen el crecimiento de la hoja y la formación de la guía (Heide, 1977).

Días cortos, despejados y fríos favorecen la floración (Sudzuki, 1988).

4.3.2. Temperatura

La temperatura adecuada va de 15 a 20 °C durante el día y de 15 a 16 °C por la noche, temperaturas menores de 12 °C durante el cuajado es causa de deformaciones en el fruto, por el frío, en tanto que, en climas muy calurosos, pueden originar una rápida maduración y coloración del fruto teniendo como efecto que este no llegue a adquirir el tamaño adecuado para su comercialización (Mendieta, 2011).

4.3.3. pH

El pH óptimo es de 6.5 a 7.5, aunque también es adaptable a suelos que van de 5.5 a 6.5 (Mendieta, 2011).

4.3.4. Humedad relativa

La humedad relativa óptima va de (60 a 75%); cuando existe una humedad relativa mayor permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, y de forma contraria cuando es deficiente, las plantas suelen sufrir daños fisiológicos que repercuten en la producción final (Ingeniería agrícola, 2008).

4.4. Producción mundial y nacional

La producción de fresa en el mundo presenta variaciones las cuales están relacionadas con la superficie cosechada, el rendimiento, las condiciones climatológicas, la demanda y la oferta y con la situación económica que prevalece en cada uno de los países productores. A nivel mundial de los 76 países productores de fresa, nueve son los principales, incluyendo a Estados Unidos de América con 65.1 t ha^{-1} , España (49.0 t ha^{-1}), México (47.9 t ha^{-1}), Israel (44.2 t ha^{-1}), Marruecos (43.8 t ha^{-1}), Kuwait (41.6 t ha^{-1}), Jordania (40.8 t ha^{-1}), Egipto (40.8 t ha^{-1}), Grecia (40.4 t ha^{-1}) y países bajos (40.0 t ha^{-1}); así, México se ubica en la tercera posición (FOASTAT, 2018).

Respecto del mercado de frutilla hidropónica existe escasa información, no obstante, se sabe que actualmente existen 73 países productores de frutilla, estos no diferenciados en cuanto a cultivo (en suelo o hidropónico) que a nivel mundial produjeron, 3,674.225 t en el año 2005, siendo el principal productor mundial los Estados Unidos de América con 28.6 % del total. De manera específica, se sabe que la producción hidropónica está enfocada en países desarrollados y con consumidores como Holanda, Nueva Zelanda, Australia, Italia, Canadá, Japón y otros países que tienen acceso a estos mercados como los países latinoamericanos, en especial México y asiáticos como China (Díaz, 2005).

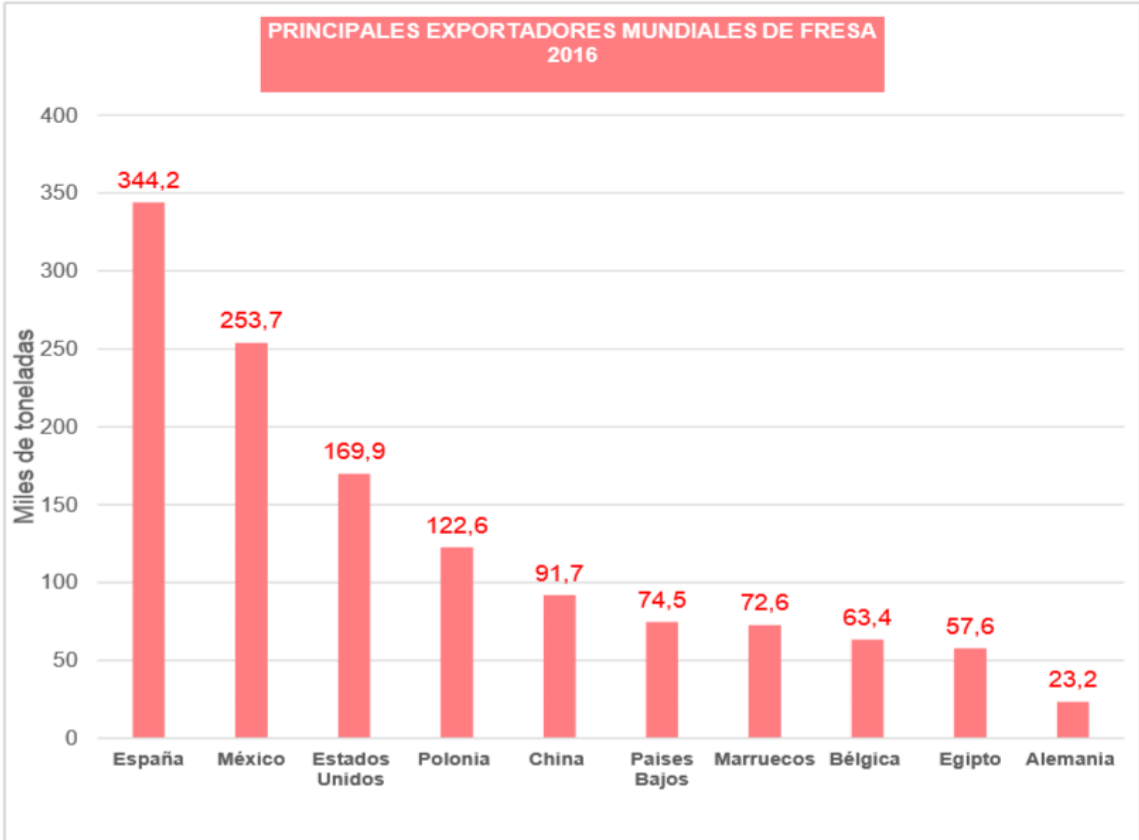
En México el principal productor de fresa es Baja California con 60.7 t ha^{-1} , Guanajuato 56.1 t ha^{-1} , Aguascalientes 52.7 t ha^{-1} , Chihuahua 49.0 t ha^{-1} , Michoacán 45.8 t ha^{-1} , Tlaxcala 45.2 t ha^{-1} , Baja California Sur 36.9 t ha^{-1} , Jalisco 36.3 t ha^{-1} , Oaxaca 24.9 t ha^{-1} y México con 20.2 t ha^{-1} (SIAP, 2018).

4.5. Importancia económica de la fresa en el mundo y en México

El (52.21%) de la producción nacional se destina al mercado externo por este motivo la fresa es un producto exitoso en el comercio internacional. México es el segundo proveedor de fresa fresca al mercado internacional (Fig.1), con (14.83%) del valor de las exportaciones mundiales. En particular, las exportaciones mexicanas

representan (87.79%) de las importaciones de Estados Unidos, la producción y comercialización de fresa contribuye con el (1.14%) del PIB agrícola nacional (SAGARPA, 2017).

Figura 1. Principales exportadores mundiales de fresa.



Fuente: Elaborado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) con datos de CONTRADE E ITC, 2017.

En México existen 10 estados que representan con mayor valor de la producción de fresa en (millones de pesos). (cuadro 1).

Cuadro 1. Estados con mayor valor de producción de fresa en México.

Orden	Estado	Valor de la Producción (millones de pesos)
1	Michoacán	9,597
2	Baja California	2,051
3	Guanajuato	567
4	Baja California Sur	199
5	México	133
6	Aguascalientes	40
7	Jalisco	28
8	Zacatecas	8
8	Puebla	7
10	Oaxaca	4

Fuente: Datos del servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP.2017)

Guzmán Castañeda fue claro al precisar que esto representa que la agroindustria de fresa en México genera 13 mil 186 empleos directos y mil 810 empleos indirectos en campo; así como 3 mil 955 empleos directos y 540 indirectos en el proceso industrial de esta frutilla, con lo que se estima un total de 15 mil empleos directos y 4 mil 500 empleos indirectos a lo largo de la cadena. Al requerir de una gran cantidad de mano de obra, socialmente la fresa representa los siguientes beneficios: propicia el arraigo de la población rural, reduciendo el fenómeno migratorio de la fuerza laboral; contribuye a evitar la ruptura del tejido social, a través de la unión familiar; reduce las condiciones propicias para la delincuencia; contribuye a lograr una mejor calidad de vida, poniendo al alcance de los productores, trabajadores y empleados en todos los niveles, los servicios de salud, mejor infraestructura, mejor vida, etc. con un beneficio económico de casi 450 millones de pesos anuales. (Quadratin 2013)

4.6. LOS SUSTRATOS

El concepto “sustrato” aplicado en horticultura se utiliza para denominar a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que sea diferente al suelo *in situ*, que, al ser depositado en un contenedor, solo o mezclado, permite

el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para las plantas (Abad et al., 2004; Teres, 2001).

Cabrera (2004) define el sustrato como medio de crecimiento y anclaje radicular que no están basados en un suelo mineral (de campo). Por su parte, Rodríguez (2004) menciona que el sustrato es aquel material sólido diferente del suelo, ya sea natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico. Si se coloca en un contenedor solo o mezclado tiene la función de anclaje del sistema radicular de la planta y que, al ser un soporte para la misma, interviene en los procesos de nutrición y de intercambio.

De acuerdo a Díaz (2004), el estudio de los sustratos pasa por tres fases: la fase sólida que permite el anclaje del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fase líquida que conforma el conjunto de suministro de agua y nutrimentos para las plantas, la fase gaseosa que facilita el intercambio de oxígeno y CO₂ las raíces y el ambiente externo.

4.6.1. Clasificación de los sustratos

Un criterio para la clasificación de los sustratos se basa en el origen de los mismos, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación y otras características. Sin embargo, es común clasificarlos en orgánicos e inorgánicos (Abad, 1995; Burés, 1998; Abad y Noguera, 2000).

4.6.1.1. Sustratos minerales tratados

a) Perlita

Este material es un tipo de arena volcánica de sílice que calentada a unos 1000°C se funde y se hincha formando copos muy porosos (Moinereau; et al., 1987). La densidad aparente es baja y la porosidad es elevada, aunque estas y el resto de las propiedades físicas varían según el tamaño de las partículas.

b) Vermiculita

La vermiculita es una arcilla de estructura laminar, que por tratamiento térmico a más de 1000°C pierde el agua interlaminar y se hincha una 10 veces, quedando

convertido en un material muy ligero, de elevada porosidad, 96% como la perlita y también de niveles similares de retención de agua, del 45 al 50%. Sin embargo, su capacidad de intercambio catiónico es muy alta, de 60 a 140 meq.100g⁻¹ (Moinereau *et al.*, 1987).

c) Lana de roca

Se obtiene por calentamiento a 1600°C de roca basáltica, carbonato cálcico y coque bajo corriente de aire, que sometido a rotación forma un fundido fibroso muy fino; se enfría y trata con polímero de urea –formol. Tiene baja densidad aparente, 0.08; alta porosidad, 95%. Tiene inicialmente un pH alto y puede liberar cantidades significativas de cationes especialmente de hierro y manganeso.

4.6.1.2. Sustratos orgánicos naturales

a) La fibra de coco

Es un material de desecho de la industria cocotera, compuesto por la parte desechable de los residuos del mesocarpo después de aprovechar las fibras largas. El resto contiene fibras cortas no aprovechadas por la industria y partículas de corteza de diferentes tamaños. Esta heterogeneidad es, por cierto, uno de los problemas importantes que tiene la fibra de coco pues dificulta su manejo durante el cultivo (Abad *et al.*, 2002).

La caracterización de este sustrato en cuanto a tamaño de partículas y a la distribución de tamaños en el material, así como su comportamiento respecto a las relaciones agua/aire mejoraría considerablemente el manejo de los cultivos y su valor como sustrato hortícola. Contribuciones destacables son las de Noguera (1999), Abad *et al.* (2002) y Arias (2003), entre otras.

La fibra de coco es una alternativa muy buena o un complemento de la turba, ya que con una granulometría adecuada tiene muy buenas características físicas (Noguera *et al.*, 2000, 2003).

b) Turba (peat moss)

Para el caso de la turba señala Castellanos (2004) que 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.

Existen diferentes tipos de turbas y por su grado de descomposición podemos encontrar: la turba rubia y la negra (Baixauli y Aguilar, 2002). La turba con mayor usos en la agricultura mexicana es la turba rubia (*Sphagnun 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).

c) Cascarilla de arroz

La cascarilla aporta a las mezclas propiedades de mejor aireación, pero tiene muy escasas capacidad de retención de agua y mojabilidad, por lo que no es aconsejable usarla sin mezclar con otros materiales, por ejemplo, las mezclas con turba hasta un 20 a 25% de cascarilla dan buenos resultados (Evans y Gachukia, 2004), también la cascarilla carbonizada mezclada con fibra de coco mejora su comportamiento físico (Awang et al., 2009; Quintero et al., 2009).

d) Lombricomposta

La norma mexicana de humus de lombriz NMX-FF-109-SCFI-2008 (2008), indica que la lombricomposta es el producto obtenido de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante el uso de una alta densidad de población de lombrices de tierra, denominada lombricultura, de las cuales la más usada y conocida es la lombriz roja o californiana (*Eisenia foetida*), al igual que esta

lombriz existen otras especies para la producción de lombricomposta como son *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* y *Helodrilus caliginosus*.

La lombricomposta está compuesta principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (Montano-Mata *et al.*, 2009) y se utiliza fundamentalmente como mejorador de suelo (donde han sido explotados y expuestos a aplicaciones excesivas de agroquímicos), recuperador orgánico de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, como sustrato para cultivos hortícolas en invernadero, actúa como regulador de crecimiento debido a que contiene sustancias activas, además de elevar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contiene alto contenido de ácidos húmicos (Ndegwa *et al.*, 2000; Urrestarazu *et al.*, 2001; Duran y Henriquez, 2009); además el contenido nutricional de la lombricomposta dependerá de su origen (Theunissen *et al.*, 2010) y provee todos los nutrientes que contiene en forma fácilmente disponible y por tanto mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Nagavallemmam *et al.*, 2004), debido por la actividad de las lombrices y dinámica microbiana y bioquímica que se establece durante el proceso del lombricompostaje (Dominguez, 2004; Hernandez *et al.*, 2010).

Para obtener lombricomposta de buena calidad, debe de cumplir parámetros como: pH neutro (6.7-7.3), materia orgánica superior a 28%, concentración de nitrógeno superior a 2 % y relación C/N entre 9 y 13 (Ansorena, 1994).

Con respecto a la relación C/N, si se presenta un valor mayor a 25 en los residuos vegetales, significa que el proceso de descomposición es más largo, causando una inmovilización temporal del nitrógeno. Cuando hay una relación menor a 20 la descomposición de la materia orgánica es muy rápida y el nitrógeno se inmoviliza temporalmente dentro de los microorganismos y posteriormente es liberado del medio y no estará disponible para las plantas; por otra parte, cuando la relación C/N se encuentra en valores entre 20 y 25 hay un equilibrio adecuado en la producción

de humus y el nitrógeno estará disponible para las plantas (Stevenson, 1986; Epstein, 1997; Foth y Ellis, 1997).

No obstante, será difícil que la lombricomposta por si sola, presente condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas; por ello será necesario hacer mezclas con otros materiales que presenten diferentes propiedades fisicoquímicas para la elaboración de un nuevo sustrato para obtener condiciones cercanas a las adecuadas y mejores condiciones de crecimiento para las plantas (Nelson, 1999; Strojny y Nowak, 2001).

Cuadro 2. Características de la lombricomposta

DETERMINACIONES	RESULTADOS
Humedad	17.5%
pH	8.4%
Materia orgánica	41.7%
Carbón Orgánico	24.1%
Ácido Húmico	5.3%
Ácido Fúlvico	4.3%
Carbón/Nitrógeno	5.8%
Fosforo Total	0.8% de P
Nitrógeno Amoniacal	0.3%
Nitrógeno Total	4%
Fosforo asimilable	247.5ppm de P ₂ O ₅
Potasio Total	1.1%K
Calcio	58%
Magnesio	40.4%
Bacterias	341.9 x 10 ⁵ UFC g ⁻¹
Hongos	34.7 x 10 ⁴ UFC g ⁻¹
Actinomicetos	30.0 x 10 ⁵ UFC g ⁻¹
Total de microorganismos	375.0x 10 ⁵ UFC g ⁻¹

Fuente: Empresa Lombricultura Mexicana S.A de C.V

Respuesta de los cultivos como uso de la lombricomposta

A partir del año 2000 en la universidad estatal de Ohio, se implementó un programa de investigación sobre lombricomposta en la cual se han desarrollado experimentos para evaluar diferentes tipos de lombricomposta sobre germinación, crecimiento, floración y fructificación en varias especies hortícolas y ornamentales, concluyendo que las mejores respuestas a estas especies se presenta cuando se sustituye del 10 al 20 % del volumen total del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de lombricomposta (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998).

La lombricomposta influye positivamente en el desarrollo inicial de la plántula, al ser utilizada como parte del sustrato en mezcla con otros componentes y que la relación de la mezcla debe estar preparada con una cantidad de composta que fluctúe entre el 40 y 50% en relación del total de la mezcla. Ya que propició de forma general una mayor germinación, así como mayor desarrollo tanto de la plúmula como de la radícula, lo que ayuda a que la planta tenga un mejor establecimiento en campo, que puede verse reflejado en el rendimiento. Es conveniente aplicar riego con soluciones a base de elementos mayores, porque normalmente la lombricomposta trae cantidades muy bajas de estos, por lo que podría ser necesario realizar aplicaciones más frecuentes de la solución nutritiva (Ramírez, Ana Araceli, 2013).

4.7. La Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNUS) y consumo nutrimental

La hidroponía es la técnica para producir plantas en solución nutritiva (agua, fertilizante) con o sin el uso de un medio artificial –como arena grava, vermiculita, perlita, lana de roca, musgo, fibra de coco, aserrín- para proveer soporte mecánico. Los sistemas hidropónicos líquidos requieren un soporte físico para las raíces de las plantas mientras que los sistemas con agregados tienen un medio solido en donde se fijan las raíces (Sánchez, 2009).

Baixxauli, y Aguilar (2002) describen a la solución nutritiva como agua con oxígeno (O₂) y todos los nutrientes esenciales para las plantas, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, elementos que la planta requiere en su nutrición en cantidades relativamente elevadas y que se encuentran a nivel de porcentaje en la

planta. También deberá contener los micros elementos esenciales, hierro, cinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno que se aportan generalmente a partir de un complejo comercial. Todos ellos disueltos en una forma iónica completamente disociada. La concentración a la que se encuentran los distintos iones se puede expresar de distintas formas, siendo en los sistemas de cultivo sin suelo la de milimol/l ó meq/l, la más común para el caso de los macroelementos y de ppm, para los microelementos. La solución nutritiva juega el papel más importante en la producción de fresas hidropónicas, es por ello que es necesario conocer la cantidad que el cultivo demanda de cada nutriente para una solución balanceada y evitar problemas de toxicidad o de deficiencias. Debido a que la fresa es un cultivo altamente sensible a la salinidad.

4.7.1. Salinidad

Según Bunt (1988) y Lemaire (1989) la salinidad se refiere a la concentración de sales presentes en la solución del sustrato y las causas que provocan su incremento en el contenedor pueden ser:

- La presencia de fertilizantes insolubles, cuando se degrada para producir nitratos.
- Cuando la cantidad de sales aportada por el agua es superior a la absorbida por la planta.
- Cuando el sustrato presenta elevada (CIC) y al mismo tiempo, se descompone liberando nutrientes.

4.7.2. La conductividad eléctrica (CE)

Se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato (Noguera, 2000). En aquellos sustratos que son inertes, la salinidad es prácticamente nula, mientras que los sustratos orgánicos pueden tener valores elevados (Baixauli y Aguilar, 2002).

Según Cabrera (1996), mantener los altos niveles nutrimentales en los cultivos en sustrato, originan un alto crecimiento, sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes restringe el crecimiento de las plantas (por inducción de estrés hídrico o toxicidad

de ciertos iones), además de ocasionar quemaduras e incluso la muerte de las plantas (Bunt, 1998).

Si se presentan condiciones de alta salinidad durante la producción, se recurre a prácticas de lixiviación con agua (Bunt, 1998, Cabrera, 1996 y Nelson, 1991).

La eficacia con la que las sales solubles residentes en la solución del sustrato son desplazadas o lixiviadas depende de ciertas características físicas del sustrato, principalmente su granulometría (Cabrera, 1996; Nelson, 1991).

4.7.3. Potencial hidrogeno (pH)

Las plantas pueden vivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de la planta se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas (Noguera, 2000). Los óxidos metálicos de Fe, Mn, Cu, Zn, etc., se hacen más solubles al bajar el pH (por debajo de 5.0), pudiendo llegar a resultar fitotóxicos (Noguera, 2000).

El pH alcalino de los sustratos básicos, puede reducirse mediante la adición de azufre (Martínez et al., 1988). El valor óptimo de pH para los sustratos orgánicos 5.2 – 6.3 (Abad *et al.*, 1993).

4.8. Fertilización y nutrición

Cuadro 3. Los requerimientos nutricionales de la fresa en sistema hidropónico según diversos autores:

Nutriente	Concentración de macronutrientes en la solución nutritiva para la fresa en hidroponía en meq/L.			
	Paranjpe, 2008	Henion y Veschambre, 1997	Furlani y Fernandez, 2004	Morales, 1999
NO3	4.3	12	8.3	11
NH4	0.7	2	0.8	2.0
H2PO4	2.0	2.2	1.6	2.0
K	2.2	5.7	3.9	5.25
Ca	4.8	6	5.2	6.75
Mg	2.0	2.5	3.0	2.5
SO4	3.4	2	3	3.5

Fuente: INTAGRI. 2018.(Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura).

La fresa tiene una demanda alta de nitrógeno y potasio debido a que son los mayores componentes de la fruta. Dosis óptimas de nitrógeno, fósforo y potasio son esenciales para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, niveles excesivos de nitrógeno producen frutos blandos, retardan la maduración, disminuye el rendimiento e incrementan la proliferación de enfermedades provocadas por hongos (Hancock, 1999).

Para asegurar un buen comienzo al cultivo, el nitrógeno (N) debe ser incorporado al sustrato en preplante (Bunt, 1988; Nelson, 1991). Según Cabrera (1996), se puede aplicar nitrógeno en formas solubles tales como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y KNO_3 , o las fuentes nitrogenadas de liberación lenta (como metileno de urea o urea capeada con azufre (Cabrera, 1996).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

El trabajo de investigación se realizó en un invernadero de tipo túnel del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud Norte 25° 21', Longitud Oeste 101° 01' y a una altura de 1,779 msnm. El periodo de trabajo comprendió entre el 28 de febrero de 2018 al 25 de julio 2018.

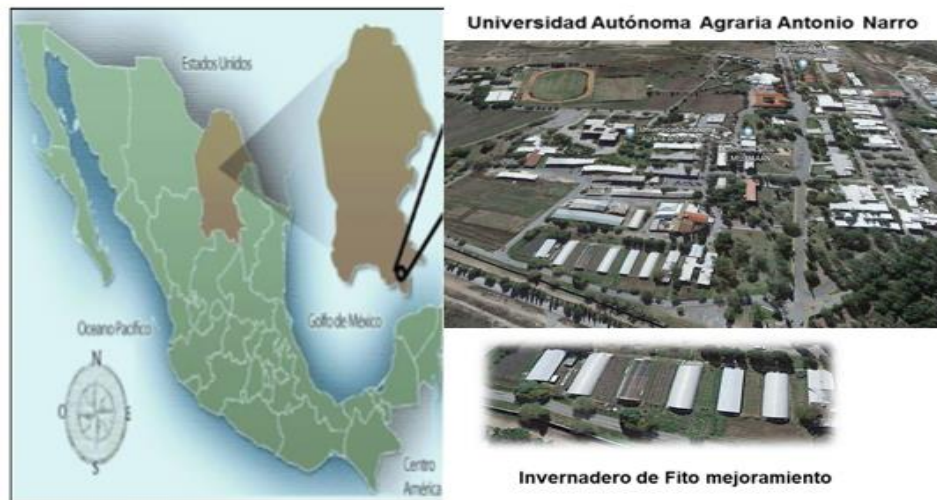


Figura 2. Localización del área experimental

5.2. Material vegetal

Se utilizaron plántulas de fresa variedad Camino Real. Es una de las variedades con más demanda entre los productores de México, es una variedad de día corto, su fruto es grande, firme y de color oscuro. La planta de Camino Real es pequeña y erecta, lo que permite grandes densidades de plantación y facilita la recolección del fruto (CONAFRE A.C, 2007).

5.3. Instalación del experimento

Se utilizaron contenedores de polietileno negro con un volumen de 5 L. Los contenedores se llenaron con un sustrato a base de perlita, *peat moss* y lombricomposta.

5.4. Trasplante

Se plantaron una plántula con el tallo principal en cada contenedor, cubriendo totalmente el cepellón; la distancia entre contenedor fue de 20 cm, y fueron marcadas con el número de tratamiento y repetición correspondiente.

5.5. Tratamientos

El experimento consistió en evaluar cuatro tratamientos, mezclas de sustrato (lombricomposta, *peat moss* y perlita). Las soluciones nutritivas (SN) evaluadas fueron preparadas con agua destilada. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de (80%, 60% y 40%).

Las tres concentraciones se diseñaron a partir de modificaciones de la solución Steiner (1961).

Cuadro 4. Tratamientos evaluados en la producción de fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Camino Real.

Lombricomposta	Mezclas (%)			SN %
	<i>Peat moss</i>	Perlita		
0	70	30	40, 60 y 80	
10	60	30		
20	50	30		
30	40	30		

5.6. Manejo del cultivo:

5.6.1. Riego

Las soluciones fueron preparadas en tambos de 60L con 50% de agua destilada y 50% de agua de la llave para iniciar un riego con baja conductividad eléctrica (CE). La CE de la SN al 40% fue de 1.20 dSm^{-1} , la de 60% de 1.54 dSm^{-1} y la de 80% de 1.90 dSm^{-1} , las soluciones fueron tapadas para evitar el contacto directo con el sol el pH de las soluciones fueron ajustados a 6.0 con H_3PO_4 al 85% y H_2SO_4 al 98%. Se efectuaron 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.

5.6.2. Solución nutritiva

Cuadro 5. Solución nutritiva Steiner en diferentes concentraciones aplicados al riego en las plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) cv. Camino Real.

concentraciones	NO_3^-	H_2PO_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

5.6.3. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se aplicaron preventivos para mosquita blanca el producto que se aplico es el Admire 350SC la dosis que se manejo fue 1g/ L de agua.

En el caso para arañita roja (*Tetranychus urticae*) se aplicaron productos de ingrediente activo abamectinas, que se aplicaron cada mes debido a que no se presentó la plaga. Se preparó una mezcla de 5 L con una dosis recomendada en el envase del producto que dio 6.25 ml por cada 5 L de agua a preparar.

5.7. Variables evaluadas:

Las plantas de fresa se separaron en diferentes órganos

5.7.1. Peso seco

Se muestrearon las plantas de cada contenedor y fueron sometidas a un lavado del sistema radicular con agua potable y agua destilada para eliminar el exceso de sustrato; posteriormente las plantas se separaron en diferentes órganos en raíz, corona y hojas. Los órganos separados se colocaron en bolsas de papel y posteriormente se introdujeron a un horno de secado a 65°C durante 72 h para obtener el peso de la materia seca de cada órgano, utilizando una balanza analítica.

5.7.2. Longitud de raíz

Para esta variable, se midió la longitud de raíz principal, del cuello de la raíz hasta el extremo inferior de ésta y para esto se utilizó una regla graduada en cm.

5.7.3. Volumen de raíz

Para esta variable se utilizó una probeta graduada y se introdujo la raíz usando la técnica de desplazamiento.

5.8. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial (4x3), con un total de doce tratamientos y seis repeticiones por cada tratamiento y en cada repetición con 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.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de biomasa seca y las variables de crecimiento radicular: Longitud de raíz (LR) y Volumen de raíz (VR) de las plantas de fresa fueron afectados significativamente por las diferentes proporciones de lombricomposta y por las diferentes concentraciones de la solución nutritiva (SN), además, la interacción de estos dos factores influyó en todas las variables evaluadas (cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza de crecimiento radicular y peso seco de las plantas de fresa a diferentes proporciones de lombricomposta y por las concentraciones de la solución nutritiva.

Lombricomposta (%)	PSH	PSR	PSC	LR	VR	PST
0	22.33 a	8.02 a	2.50 b	37.77 a	37.16 a	32.85 a
10	19.44 c	5.16 b	2.86 a	34.05 b	27.66 b	27.47 c
20	21.66 b	5.16 b	2.13 c	31.55 c	24.50 c	28.97 b
30	16.08 b	3.85 c	1.87 d	27.61 d	19.11 d	21.80 d
ANOVA	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
SN (%)						
40	19.70 b	5.38 b	2.67 a	32.54 ba	27.54 a	27.76 b
60	18.81 c	5.29 b	2.18 b	32.41 b	26.25 b	26.29 c
80	21.12 a	5.97 a	2.16 b	33.29 a	27.54 a	29.27 a
ANOVA	<.0001	<.0001	<.0001	0.036	<.0001	<.0001
interacción	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C.V (%)	1.9016	5.7064	10.0218	3.7697	1.6158	2.2719

SN= solución nutritiva; ANOVA= Análisis de varianza; CV= coeficiente de variación; interacción=Lombricomposta*SN; PSH= Peso Seco de la Hoja, PSR= Peso Seco de Raíz, PSC= Peso Seco de Corona, LR= Longitud de raíz, VR= Volumen de raíz, PST= Peso Seco Total.

6.1. Peso Seco de Hoja

El efecto de la proporción de la SN en el PSH depende la concentración de lombricomposta en el medio de crecimiento (Figura 3). Las plantas desarrolladas con 0% de lombricomposta se incrementó la biomasa seca con las soluciones al 40% y 60%, pero en la SN al 80% se redujo el peso seco y se mantuvo así al agregar un 10% de lombricomposta, mientras en la SN de 40% y 60% se redujo este efecto fue más marcada con la SN al 60%, no obstante, la adición de un 20% de lombricomposta se incrementa el PSH con la SN al 80%, mas no fue así con las SN al 40% y 60%, así mismo, con la proporción de 30% de lombricomposta se redujo drásticamente el PSH con el 80% de la SN (Figura 3). Los resultados obtenidos no coinciden con lo encontrado por Valdrighi et al. (1996) quien al trabajar con el cultivo de Radicheta (*Chicorium intybus L*) en la aplicación de lombricomposta, mejoraron significativamente la biomasa del cultivo. También Milpa (2011) menciona que al aplicar lombricomposta en *Iris xiphium L.* (Iris de Holanda) obtuvo mayor contenido de biomasa. Esto pudo deberse a la calidad de propiedades fisicoquímicas de la lombricomposta, los efectos de la lombricomposta en la biomasa son variables, algunos autores reportan aumentos (Ozores, 1994), otros señalan que no hay efecto (Hartz, 1996), al respecto, Rodríguez y Cano (2007) señalan que los efectos dependen del material del que se obtiene la lombricomposta.

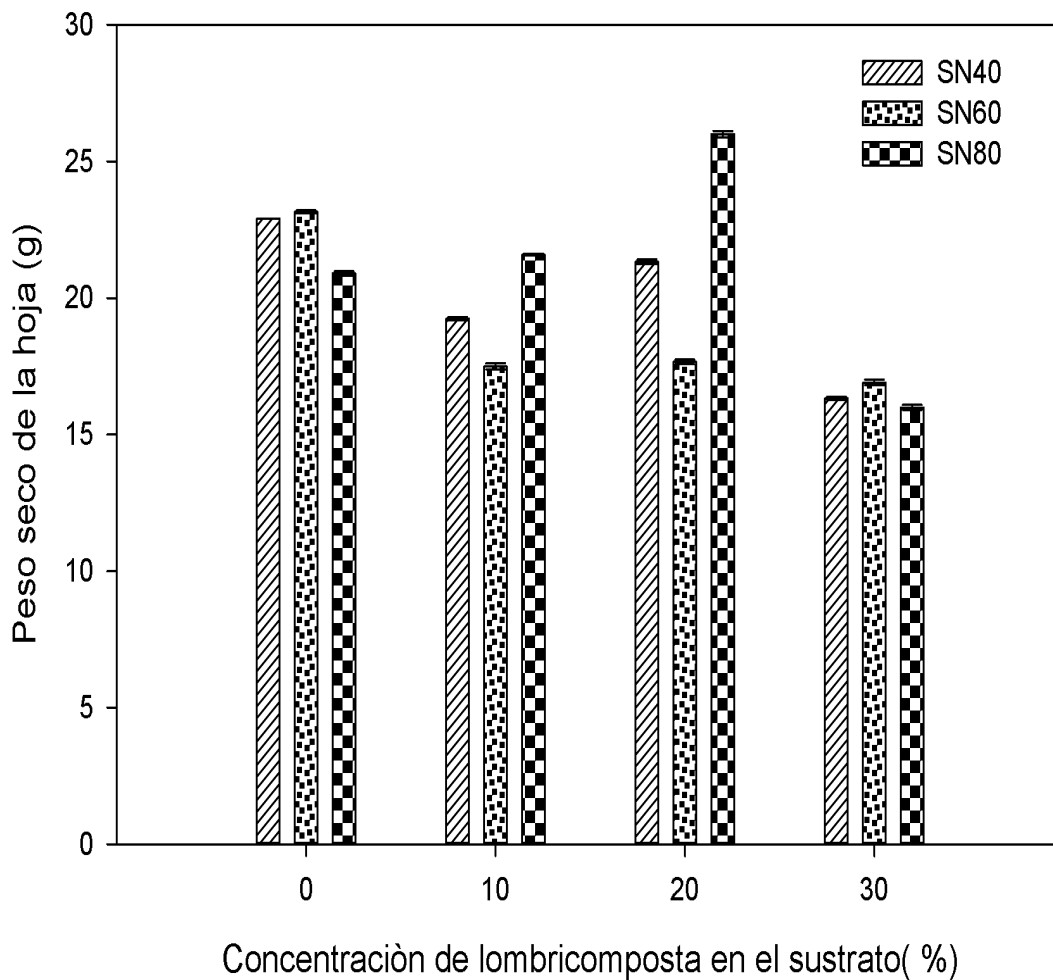


Figura 3. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de hoja de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

6.2. Peso Seco de Corona

En general el peso seco de corona (PSC) fue mayor al emplear un 10% de lombricomposta como parte de la mezcla del sustrato manejando una SN al 80% (Figura 4).

Las plantas desarrolladas con el 0% de lombricomposta se observa diferencias en el PSC con las diferentes concentraciones de SN, esto indica a mayor concentración de la SN disminuye el PSC, este efecto se influyó más con la SN al 80%, sin embargo al emplear un 10% de la lombricomposta se recupera ligeramente con la SN al 80%, mientras tanto con la SN al 40% se redujo el PSC y con la SN al 60% se mantuvo el PSC, pero la adición de un 20% de lombricomposta se redujo drásticamente el PSC con la SN al 80%, no obstante con el 30% de lombricomposta se recuperó nuevamente el PSC con la SN al 80%, pero con la SN al 40% y 60% no hubo diferencias (Figura 4).

Singh *et al.* (2008) mostraron que en cultivo de fresa la altura de planta, área foliar, peso de biomasa fresca y peso de biomasa seca manifestaron mejores resultados en suelo abonado con la mayor cantidad de lombricomposta (10 t ha^{-1}) en relación con menores cantidades de lombricomposta (2.5 , 5.0 Y 7.5 t ha^{-1}). En cambio, otros autores como Bachman y Metzger (2008) probaron bajas proporciones de lombricomposta y obtuvieron mayor peso de biomasa seca en planta de tomate en sustratos con proporción de lombricomposta al 20% en comparación con proporciones al 10 y 5% mezclados con residuos vegetales.

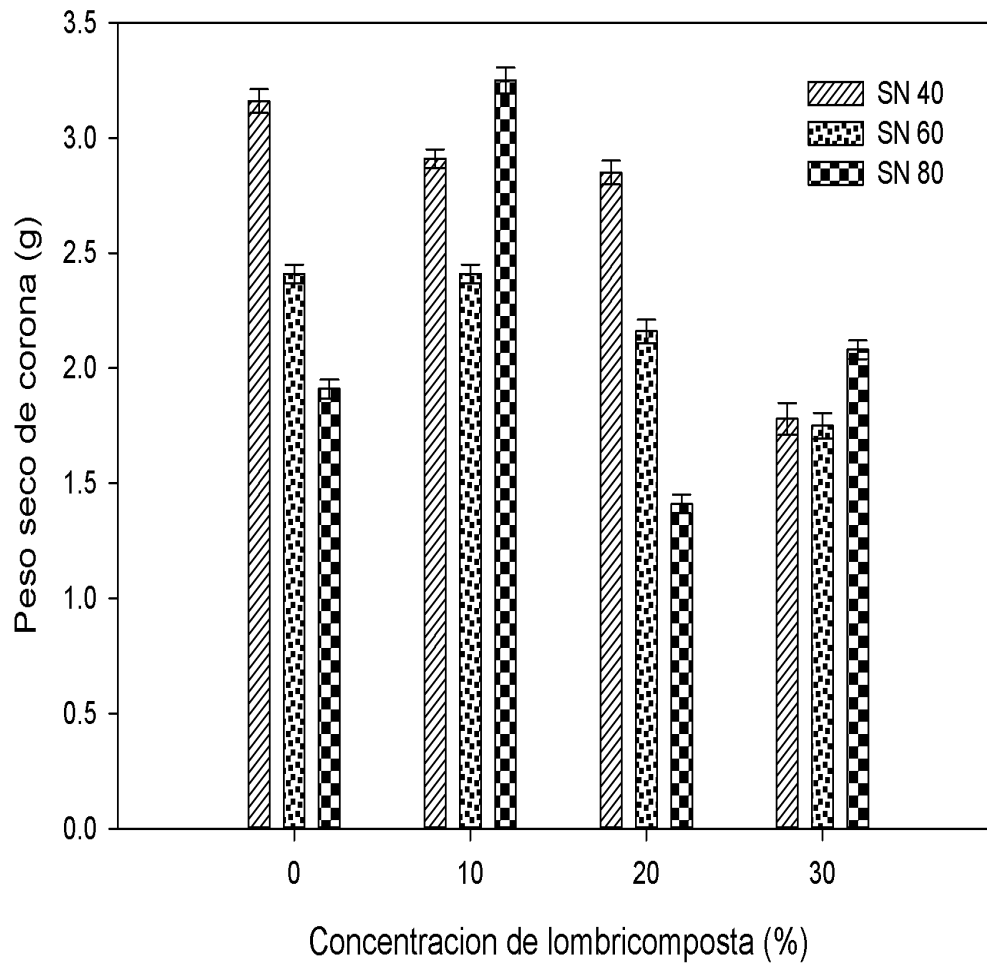


Figura 4. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de corona de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

6.3. Peso Seco de Raíz

El efecto de la concentración de la SN en el peso seco de raíz (PSR) depende la dosis de lombricomposta en el medio de crecimiento (Figura 5). Los tratamientos desarrollados con 0% de lombricomposta presenta una diferencia en el PSR con las diferentes concentraciones de la SN, ya que a mayor proporción de la SN incrementa el PSR, pero al adicionar un 10% de lombricomposta se disminuyó el PSR este efecto se observó más en la SN al 60%, sin embargo al agregar un 20% de lombricomposta se recupera ligeramente con la SN al 60%, pero no fue así con la SN al 40% y 80%, es importante destacar al aumentar un 30% de lombricomposta disminuye el PSR con las tres SN al de 40%, 60% Y 80%, este pudo haber sido un aumento de sales en los sustratos.(Figura 5).

Cacierra *et al.* 2005 indicaron que la acumulación de sales en plantas de fresa reduce el vigor, retarda el crecimiento y disminuye la producción de biomasa.

Kepenek y Koyuncu, 2002). En todos los casos se documenta que la salinidad reduce el crecimiento de los órganos del vegetal; sin embargo, la respuesta de las plantas es diferencial y depende de la especie y el cultivar.

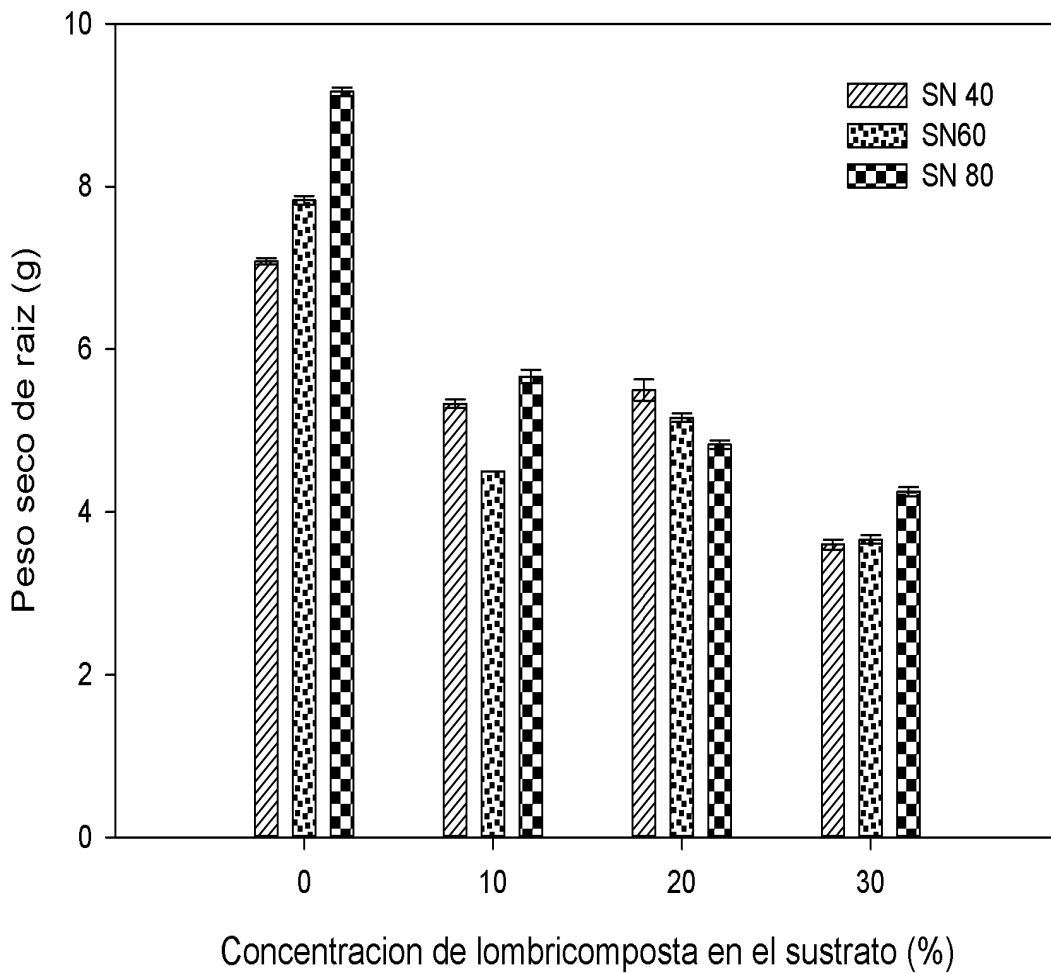


Figura 5. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco de raíz de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

6.4. Longitud de Raíz

Los tratamientos desarrollados con el 0% de lombricomposta hubo diferencias entre en la LR con las diferentes concentraciones de la SN. Al manejar un 80% de SN aumento la LR de las plantas, Sin embargo, con el 10% de lombricomposta disminuye la LR este efecto fue más marcado con la SN al 60%, pero al incorporar un 20% de lombricomposta incremento la LR con la SN al 60%, pero al proporcionar un 30% de lombricomposta se disminuyó la LR con la tres SN al 40%, 60% y 80% (Figura 6). Acosta D, *et al* 2014. observó un posible efecto negativo de la lombricomposta ya que el crecimiento de la raíz tendió a disminuir mientras mayor fue su concentración en el sustrato.

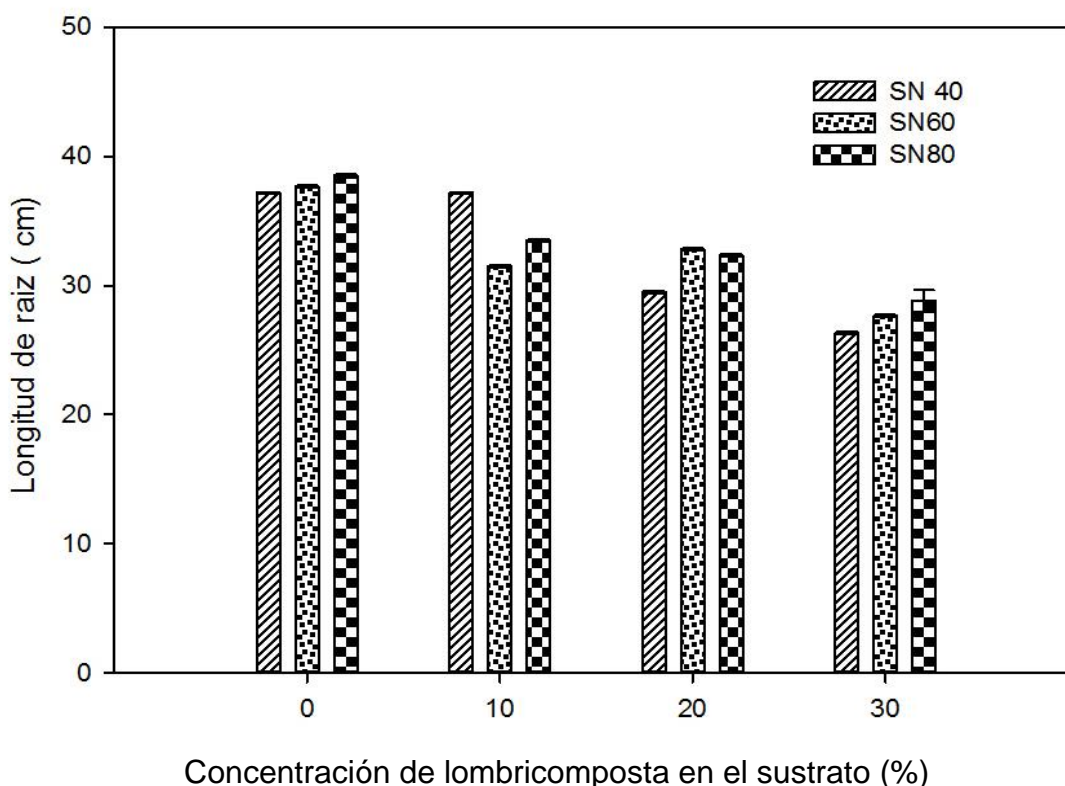


Figura 6. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en la longitud de raíz de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

6.5. Volumen de Raíz

Obtuvimos distintos comportamientos en el volumen de raíz (VR) según la dosis de lombricomposta y concentración de la SN empleada (Figura 7). Obteniendo un mayor volumen de raíz al cultivar las plantas en una mezcla de sustrato con el 0% de lombricomposta, decreciendo esta variable conforme se incrementó la dosis de lombricomposta en el sustrato (Figura 7). De esta forma se obtuvo mayor volumen de raíz usando un SN al 60% con una dosis de 0% de lombricomposta.

(Díaz *et al.*, 2004) observaron un posible efecto negativo de la lombricomposta ya que el crecimiento de la raíz tendió a disminuir mientras mayor fue su concentración en el sustrato.

Kale *et al.* (1992) señalan que el efecto de la lombricomposta no es inmediato, sino que la respuesta de la planta puede tomar cierto tiempo.

Atiyeh *et al.* (2000) señalaron que el uso de más de 20% de lombricomposta hace disminuir la población debido a un incremento en la conductividad eléctrica.

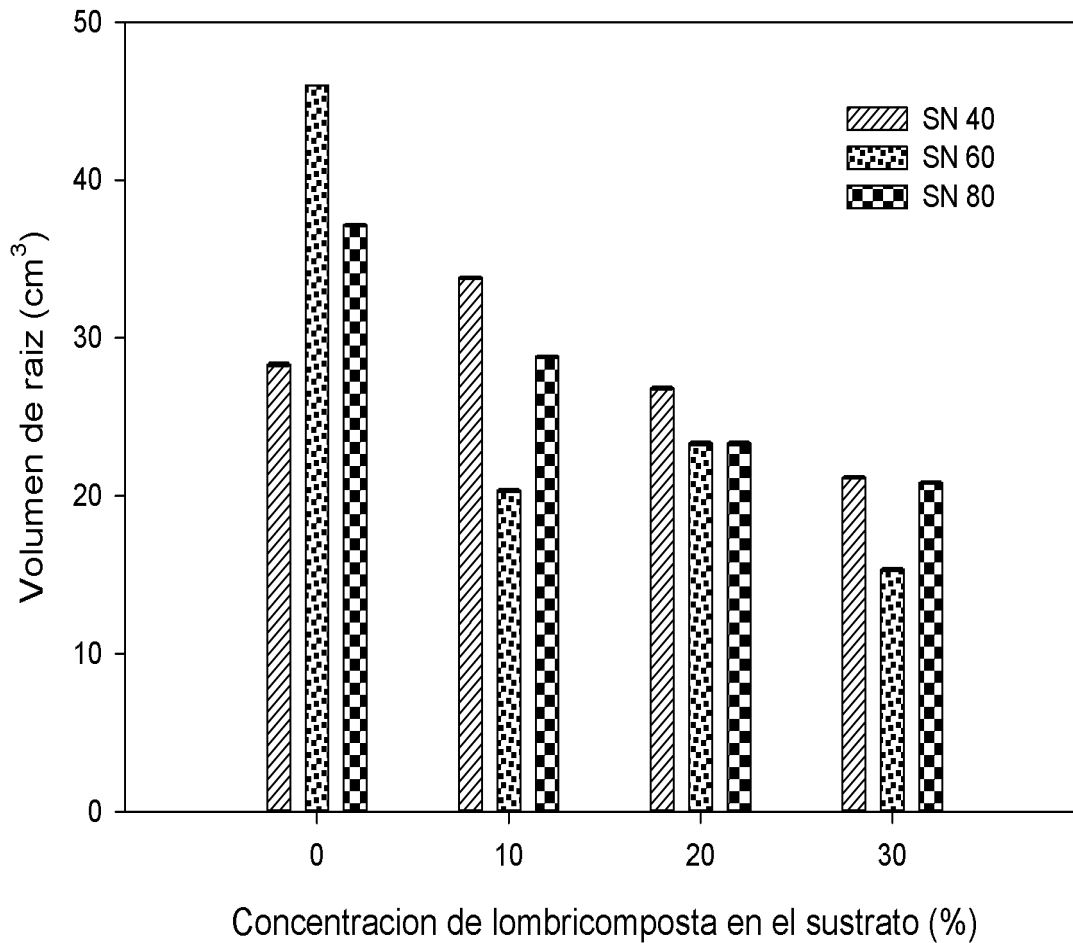


Figura 7. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el volumen de raíz de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

6.6. Peso Seco Total

El efecto de la proporción de la SN en el peso seco total de la planta (PST) depende la concentración de lombricomposta en el medio de crecimiento (Figura 8). Las plantas desarrolladas con 0% de lombricomposta se observa diferencias entre el PST con los diferentes concentraciones de la SN, debido con el 80% de la SN disminuyo el PST, mientras con la SN al 40% y 60% hubo mayor PST, al incorporar un 10 y 20% de lombricomposta hubo mayor PST con la SN al 80% y con la SN al 60% hubo menor PST de las plantas, mientras con el 30% de lombricomposta no hubo aumento de PST de las plantas de fresa (Figura 8). Diversos autores sugieren menores proporciones de lombricomposta, como Manh y Wang (2014) quienes indican que la proporción ideal de lombricomposta en sustrato es de 30% en cultivos de melón (*Cucumis melo L.*); Morales-Corts *et al.* (2014) proponen utilizar 25 % de lombricomposta en el medio de crecimiento en cultivos de romero y lechuga, mientras que Arancon *et al.* (2004) recomiendan una mezcla de sustrato con 20 % de lombricomposta en cultivo de chile pimiento (*Capsicum annum L.*). Cabe mencionar que el valor nutricional de la lombricomposta dependerá de su composición, por lo que los resultados pueden ser variables (Ariel *et al.*, 2009).

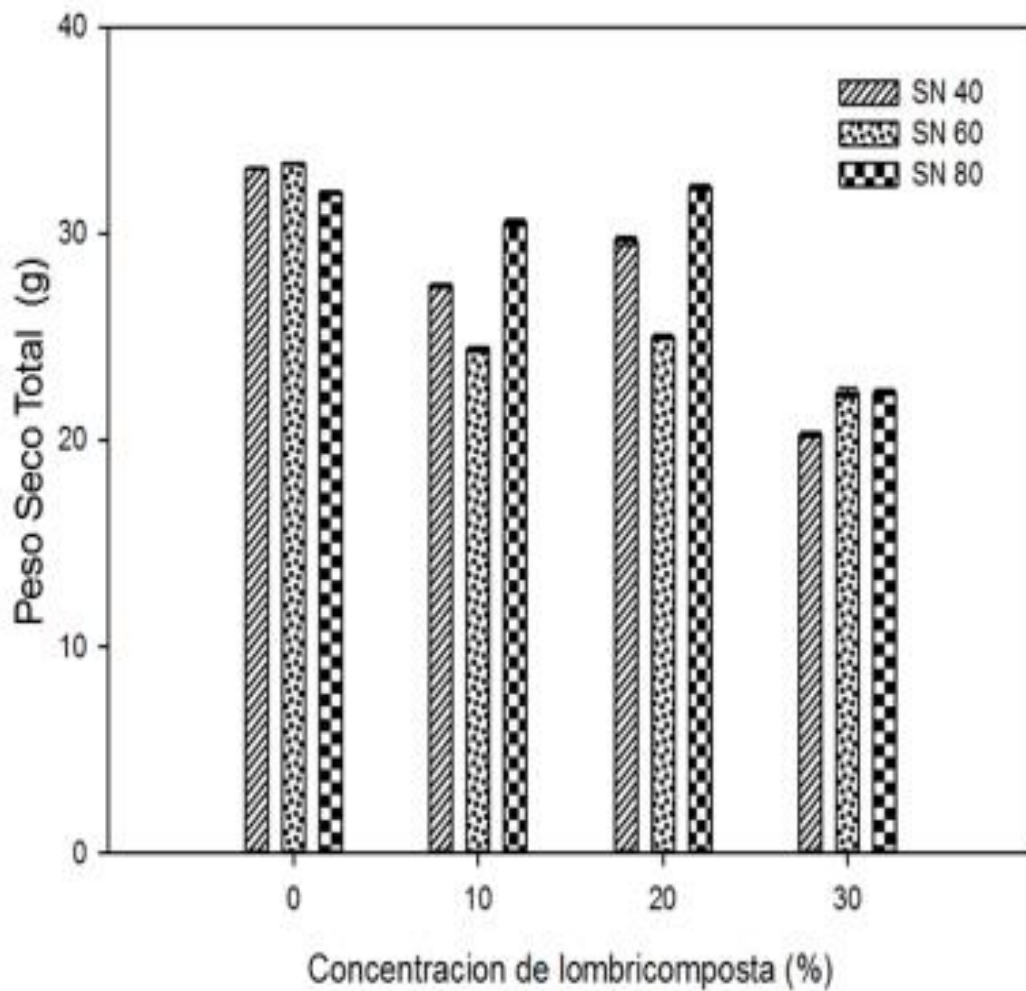


Figura 8. Efecto de la interacción entre dosis de lombricomposta y de la concentración de la SN en el peso seco total de las plantas de fresa cv. Camino Real. SN 40, 60 y 80= solución nutritiva al 40%, 60% y 80%. Las barras indican el error estándar de la media.

VII. CONCLUSIÓN

La concentración de lombricomposta en el sustrato mejora el peso seco de hoja y peso seco de corona principalmente cuando se usa entre el 10% y 20% lo cual nos indica que podría lograr una mayor producción de fruto.

El aumento de la concentración de la solución nutritiva (Steiner) se presentó mejor respuesta la mayoría de las variables evaluadas. El peso seco de raíz fue mayor con el 80% de la solución nutritiva, mientras que el aumento de la dosis de lombricomposta esta variable decreció.

En general el aumento de la concentración de la solución nutritiva y lombricomposta disminuye la mayoría de las variables, a excepción del peso seco de hoja pues, fue mayor con 20% de lombricomposta y 80% de la solución nutritiva.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, B. M. 1995. Sustratos para el Cultivo sin Suelo. En: Nuez, V. F. (Coord.). El Cultivo del Tomate. Ediciones. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 131-166.
- Abad, B. M. y Noguera, P. 2000. Los Sustratos para los cultivos sin suelo. En: G. M. Urrestarazu. (Ed.). Manual de Cultivos sin Suelo. Mundi-Prensa. Almería, España. pp. 137-182.
- Abad, B. M.; Noguera, P. y Carrión, B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En.: G. M. Urrestarazu. (Ed.). Tratado de cultivo sin suelo. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 113-158.
- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A. and Noguera, V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82:241-245.
- Abad, M.; Martínez, M. D.; Martínez, P. F.; y Martínez, J. 1993. Evaluación Agronómica de los Sustratos de Cultivo. *Actas de Horticultura*, 11: pp. 141-154
- Acosta D, et al. 2014. Vermicomposta como componente de sustrato en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill. y *Petunia hybrida* E.Vilm. en contenedor. *Bioagro*, vol. 26, núm. 2, mayo-agosto, 2014, pp. 107-114. Barquisimeto, Venezuela.
- Ana Araceli. 2013. Evaluación de la Lombricomposta Como Parte del Sustrato en la Producción de Plántula de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis licenciatura UAAAN.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A, Atiyeh, R. and Metzger, J. D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93: 139-144.
- Arias, M.D. 2003. Utilización agrícola de los derivados del mesocarpio del coco. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ariel, R. V., George, A M., Gabriel, O. S. and Carlos, H. C. 2009. Postharvest Handling: A Systems Approach. Cap 5. Editorial Elsevier (2da Ed.). Nutritional Quality of Fruits and Vegetables.

- Atiyeh, R. M.; Arancon N. Q.; Edwards C. A. and Metzger J. D. 2000. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, Elsevier. 75: 175-180.
- Awang, Y., Shaharon, A.S., Mohamad, R.B. and Selamat, A. 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(1):63-71.
- Bachman, G. R. and Metzger. J. D. 2008. Growth of bedding plants In commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155-3161.
- Baixxauli, S. C; Aguilar, O. J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Edición Generalitat Valenciana. Valencia. España.
- Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for Container- Grown Plants. Unwin Hyman. London. Great Britain. pp. 309 -350.
- Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. En: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal. J. Narciso Pastor S. Ed. Universitat de Lleida. pp. 19-31.
- Cabrera, R. I. 1996. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo. Ser. Hort.* 5: pp. 5-11.
- Cabrera, R. I. 2004. Aspectos a considerar en la nutrición mineral de las plantas a través del fertirriego. *Memorias Seminario Internacional de Fertirriego*. Bogotá, Colombia. pp. 9-15.
- Casierra, P.; García, N. 2005. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria sp.*) bajo estrés salino. *Revista Agronomía colombiana*, 2005.23(1): 8389.
- Castellanos, J. Z. (Editor). (2004). *Manual de producción hortícola*. 2ª edición. Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. México.
- CONAFRE A.C, 2007. Sistema Producto Fresa: Plan Rector Comité Nacional de sistema Producto Fresa, Zamora Michoacán, México disponible en: <http://www.conafresa.com.mx/>.
- Diaz P. A. 2005. Medios de cosecha para plantaciones de frutilla hidropónica. Universidad de Chile, 95p.
- Díaz, S. F. R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura*. Invernaderos Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah, México.

- Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. p. 401-424. In: Edwards C. A (Editor). Editorial Earthworm Ecology (2nd Ed.), Florida, USA.
- Duran, L. y Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2):275-28.
- Epstein, E. 1997. *The Science of Composting*. 483 p. Technomic Publishing, Pennsylvania, US.
- Evans, M.R. and Gachukia, M. 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. *HortScience*, 39:232-235.
- Foth, H. D. and Ellis, B. G. 1997. *Soil Fertility*. 290 p. Editorial Chemical Rubber Company (2nd Ed.), Florida, USA.
- Hancock, J. F. 1999. *Strawberries*. CABI. Publishing's. New York, N Y. USA. 237.p.
- Hartz, T. K., F. J. Costa and W. L. Schrader. 1996. Suitability of Composted Green Waste for Horticultural Uses. *Hort Science* 31: 61-96.
- Heide, O.M. and A.K. Prestrud. 2005. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. *Tree Physiology*, 25:109-114
- Heide, O.M. 1977. Review papers: Figure period and temperature Interactions in growth and flowering of strawberry. *Physiol Plant*. 40: 21-26.
- Hernández, J., Mármol, L., Guerrero, F., Salas, E., Bárcenas, J., Polo, V. y Colmenares, C. 2010. Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Revista de la Facultad de Agronomía* 27: 491-520.
- Ingeniería Agrícola. 2008. Importancia estratégica como base fundamental para la autosuficiencia y como base de la riqueza de las naciones. Lima: Universidad Nacional La Molina, 78 p.
- INTAGRI. 2018. Producción Hidropónica de Fresa. Serie Frutillas, Num.26. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.
- Kale R, Mallesh B, Kubra B, Bagyaraj D (1992) Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biol. Biochem.* 12: 1317-1320.
- Kepenek y Koyuncu, 2002. Efecto de la sal sobre la expresión de resistencia sobre algunos cultivares de fresa nacionales y extranjero. *Acta horticultura*. 573.33.
- Lemaire, F., Dartigues, A., Riviére, L.M. Charpeinter, S. 1989. *Cultures en Pots et Conteneurs*. INRA-PHM Revue-Horticole, París-Limoges. 184 pp.

- López Pérez L., Cárdenas Navarro R., Lobit P., Martínez Castro O., Escalante Linares O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 No. 2 pp. 171– 174.
- Manh, V. H. and Wang, C. H. 2014. Vermicompost as an Important Component in Substrate: Effects on Seedling Quality and Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). APCBEE Procedia8: 32-40.
- Mendieta M. 2011. Distribución Espacial de Nutrientos en la Solución del Suelo para la Producción Intensiva de Fresa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Menéndez-Valderrey, J. L. “Agrimonia euratoria L.”. Asturnatura.com (En Línea). Núm.147, 30/09/07. Pag. Web <http://www.asturnatura.com/especie/fragaria-vesca.html>. ISSN [1887-5068](http://www.asturnatura.com/especie/fragaria-vesca.html). (Consultado el 20/10/13).
- Milpa, M. S 2011 Cultivo en maceta de Iris de Holanda (*Iris xiphium* L). con diferentes concentraciones de humus de lombriz y sus lixiviados. Scielo. Argentina 44: 109-117.
- Moinereau, J., Herrmann, P., Favrot, J.C. et Riviere, L.M. 1987. Les substrats. Inventaire, caractéristiques, ressources. Les cultures hors sol, INRA, París, :15-77.
- Montano-Mata, N. J., Simosa-Malle, J. A. Y Perdomo-Gallardo, A. J. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. UDO Agrícola 9(4): 807-815.
- Morales-Corts, M. R., Gómez-Sánchez, M. A. and Perez-Sánchez, R. 2014'. Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slungum compost and their mixes as growing media for horticultural production. Scientia Horticulturae 172: 155.
- Morgan, L. 2002. Producción intensiva de fresa. Productores de Hortalizas 11(8): 14-17.
- Nagavallemmam, K., Wani, S., Lacroix, S., Padmaja, V., Vineela, C., Babu-Rao, M. and Sahrawat, K. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. 20 p. Editorial International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. and Dass, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresource. Technology 71:5-12.
- Nelson, P. V. 1991. Root Media. In Greenhouse Operation and Management. 4th edition Prentice Hall. Englewood Calif, N J, EEUU. pp. 95-114.
- Nelson, P. V. 1999. Greenhouse operation and management. Editorial Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

- NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. 2008. Humus de lombriz (Lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba. Consultado el 23 de octubre del 2020.
- Noguera, P. 1999. Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustrato. Tesis Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Noguera, P., Abad, M., Noguera, V., Puchades, R. and Maquieira, A. 2000. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. *Acta Horticulturae*, 517:279-288.
- Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Maquieira, A. and Noguera, V. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34:593-605.
- Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAOSTAT).2018. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Consultado el 20 de febrero de 2020.
- Ozores, H. 1994. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Mundi Prensa. México. pp.54-61.
- Quadratin.2013. Genera cultivo de fresa 15 mil empleos. Consultado: 12 de octubre 2020. Disponible en: <https://www.quadratin.com.mx/>.
- Quintero, M.F., González-Murillo, C.A., Flórez, V.J. and Guzmán, J.M. 2009. Physical evaluation of four substrates for cut-rose crops. *Acta Horticulturae*, 843:349-357.
- Riggle, D.1998. Vermicomposting research and education. *ByoCycle* 5: 54-56. <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/may98.htm>.(Consulta: octubre 13, 2020).
- Rodríguez, D. E. 2004. La caracterización física de los sustratos. Memorias Seminario Internacional de Fertirriego. Bogotá, Colombia. pp. 18-21.
- Rodríguez, D., N. y E. Cano R. 2007. Como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10: 11-13.
- SAGARPA. 2017. Aumentan exportaciones de fresa “Hecho en México” 21.2 por ciento [comunicado de prensa]. www.gob.mx/sagarpa. (9, abril, 2020).
- SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.www.gob.mx/sagarpa. (9, abril, 2020).
- Sánchez, C. F., P. E. C. Moreno, A. E. C Cruz. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Rev, Chapingo Serie Hort.* 15: 67-73.

- Santibáñez, F. 1994. Crop requirements: Temperate crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York., USA. pp. 174-188.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 10 de enero de 2020.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018), <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 15 de febrero de 2020.
- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. and Patil, R. T. 2008. Vermicompost Substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99:8507-8511.
- Stevenson, F. J. 1986. *Cycles of Soil*. John Wiley. USA. 380 p.
- Strojny, Z. and Nowak, J. S. 2001. Effect of different growing media on the growth of some bedding plants. *Acta Horticulturae* 644: 157-162.
- Subler, S., C. Edwards, and J. Metzger. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *BioCycle* 39: 63-66. [http:// gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm](http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm) (Consulta: octubre 13, 2020).
- Sudzuki F. 1988. *cultivo de Frutales Menores*. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 185 p.
- Terés, V. 2001. *Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y Modelización*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal, Fitotecnia. 525. p.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. and Laubscher, C. 2010. Review: Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production *International Journal of the Physical Sciences* 5(13): 1964-1973.
- Urreslarazu, M., Salas, M. C., Padilla, M. I., Moreno, J., Elorrieta, M. A. and Carrasco, G. A 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soil-less cropping. *Acta Horticulturae* 549: 147-152.
- Valdrighi, M. M.; Pera, A.; Agnolucci, M.; Frassinetti, S.; Lunardi, D. and Vallini, G. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58:133-144.