

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Interacción entre Sustratos Orgánicos y Concentraciones de Soluciones Nutritivas en el Crecimiento y Desarrollo de Plántulas de Tomate cv. Río Grande.

Por:

WILBER ARELLANO JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Interacción entre Sustratos Orgánicos y Concentraciones de Soluciones Nutritivas en el Crecimiento y Desarrollo de Plántulas de Tomate cv. Río Grande.

Por:

WILBER ARELLANO JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

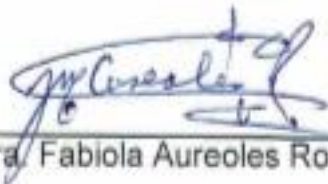
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Armando Hernández Pérez

Asesor Principal



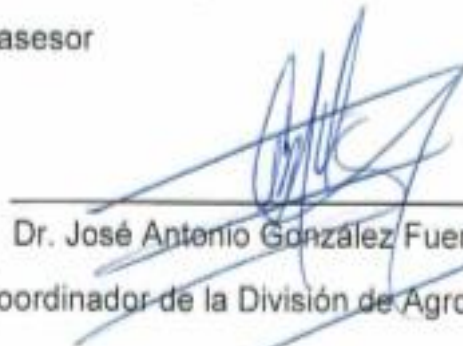
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Coasesor



M.C. Adolfo Ortega Pérez

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 PROBLEMÁTICA.....	11
1.2 Objetivo General.....	13
1.3 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Hipótesis	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 Origen del cultivo	14
2.2 Importancia del cultivo	14
2.3 Agricultura orgánica	14
2.4 El sustrato	15
2.5 Arena	15
2.6 Tierra volcánica.....	16
2.7 Gravas	16
2.8 Perlita.....	16
2.9 Lana de roca.....	16
2.10 Vermiculita	16
2.11 Tierra de bosque (Mantillo vegetal / Humus)	17
2.12 Composta	17
2.13 Kuntan	17
2.14 Lombricomposta	17
2.15 Bokashi	17
2.16 Fibra de coco	18
2.17 Turba	18
2.18 Tipos de turbas:	18
2.18.1 Turba rubia:	18
2.18.2 Turba negra:	18
2.19 Lombricultura	18

2.20	Lombricomposta	19
2.21	Propiedades de la lombricomposta	19
2.21.1	Propiedades físicas:	19
2.22.2	Propiedades químicas:	19
2.22.3	Biológicas	19
2.23	Ruezo	19
2.24	El semillero	20
2.25	Comportamiento del sustrato en semillero.....	20
2.25.1	Germinación	20
2.25.2	Enraizamiento.....	21
2.25.3	Medio de Crecimiento.....	21
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1	Localización del experimento.....	22
3.2	Diseño experimental	23
3.2.1	Material Vegetal.....	23
3.2.2	Descripción de los sustratos orgánicos	23
3.2.3	Siembra	24
3.2.4	Tratamientos evaluados	24
3.2.5	Características del área experimental	24
3.3	Manejo del cultivo:	25
3.3.1	Riego del almácigo	25
3.3.2	Control de malezas.....	25
3.3.3	Fertirrigación.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1	Altura de Planta	30
4.2	Diámetro de Tallo (DT)	32
4.3	Clorofila.....	33
4.4	Peso Fresco Total.....	34
4.5	Peso Seco Total.....	35
V.	CONCLUSIÓN.....	37
VI.	LITERATURA CITADA.....	38
VII.	ANEXOS	42

A) Peso Fresco de Raíz.....	42
B) Peso Fresco de Tallo	42
C) Peso Fresco de Hoja.....	43
D) Peso Seco de Raíz.....	43
E) Peso Seco de Tallo	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del experimento de la UAAAN campus Buenavista.....	22
Figura 2.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 0%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.....	27
Figura 3.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 15%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.....	27
Figura 4.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 30%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.....	27
Figura 5.- Gráfica del Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable altura de planta. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.....	31
Figura 6.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable diámetro de tallo. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.	32
Figura 7.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable clorofila. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.....	33
Figura 8.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable peso fresco total. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.	35
Figura 9.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable peso seco total. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Efecto de las mezclas de sustratos orgánicos (sustrato) y soluciones nutritivas (SN) en la altura, diámetro de tallo y peso fresco los órganos de las plántulas de tomate cv. Rio grande.....	29
Cuadro 2.- Efecto de las mezclas de sustratos orgánicos (sustratos) y soluciones nutritivas (SN) en la clorofila (Clr), longitud de raíz (Lr) y peso seco los órganos de las plántulas de tomate cv. Rio grande.....	30

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Que durante el transcurso de mi carrera me dio la fortaleza para seguir adelante día con día en cada paso que doy y por guiarme siempre en mi camino.

A mi Alma Terra Mater

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que fue mi segunda casa brindándome la oportunidad de formarme como profesionista y por todas las experiencias vividas en el transcurso de mi carrera.

A Andrea Vázquez González

Agradezco a Andrea por haber sido mi compañera inseparable en la Universidad, donde compartimos momentos muy bonitos tanto alegrías como tristezas, gracias por compartirme tus recuerdos y tus historias, por enseñarme que con dedicación se pueden lograr muchas cosas. Siempre recordare tus risas en cada rincón de la escuela y, por si fuera poco, siempre te llevare en mi mente y mi corazón.

Al Dr. Armando Hernández Pérez

Por su invaluable apoyo como asesor principal de tesis y profesor en la Universidad. Por la confianza depositada, al haberme permitido realizar el presente trabajo de investigación, “GRACIAS” por su disposición, asesoría, paciencia, apoyo, conocimientos brindados y por su valiosa amistad.

Al M. C. Adolfo Ortegón Pérez

Por su valioso apoyo, colaboración, asesoría para que se llevara a cabo este trabajo y por su valiosa amistad y confianza.

A Verónica Cruz González

A mi amiga Vero, por su infinita locura y su esencia que siempre la ha caracterizado, quiero agradecerte por compartirme tu filosofía de vida, por orientarme cuando voy por malos pasos y cuando voy por buenos también. Aunque por si bien o para mal muchas veces hemos coincidido y muchas veces no, siempre estás ahí para darme la réplica siempre constructiva, por cierto, y para mejorar. Quiero agradecerte también por ver la vida desde otro ángulo de vista, por ser muy acertada en lo que piensas y tranquila en la tormenta. Siempre le pediré a Dios por ti.

A Alma Delia Jiménez Merino

Por su infinito amor que me ha brindado, por escucharme siempre que la visito, por esa sonrisa que nunca desaparece de su rostro y que en el fondo “Enamora” a muchas personas. Quiero agradecerte porque nunca me dejaste solo cuando más lo necesite, eres una de las tías más especiales en mi vida.

Al Ing. Rubén Flores Sánchez

Por haberme sido mi profesor en la preparatoria y consejero hasta el momento, por haberme apoyado y preparado para entrar a la Universidad, por todas esas victorias, lugares y experiencias que nos llevó “La finca del burro”. Por impulsarme para ser siempre un mejor estudiante.

DEDICATORIA

A mis padres

Dedico esta tesis a mis padres, Elvia Jiménez Merino y Manuel Arellano García que sé, que hicieron un enorme esfuerzo y que a pesar de crisis y tristezas valió la pena ausentarme por más de 4 años. Los Amo Mucho.

A mis hermanos Paola y Rojer

Por su infinito Amor, Alegría, Risas, Momentos y que han sido una guía en mi vida lleno de experiencias. Los quiero mucho hermanita y hermano. Creo que soy el hermano más afortunado de tenerlos. Los Amo también.

RESUMEN

El propósito del trabajo de investigación es determinar el mejor sustrato orgánico y concentración óptima de la solución nutritiva adecuada para la producción de plántula de tomate Var. Río Grande. Se evaluaron 8 sustratos orgánicos resultantes de las combinaciones de las diferentes lombricompostas a base de estiércol de caballo (Ca), vaca (Va), chivo (Ch) y ruzno (Ru), más un testigo sustrato comercial (Peat80+Perl20) y tres concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (0%, 15% y 30%). El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 9 x 3 y cada tratamiento consistió en 3 repeticiones. Se realizó un análisis de varianza de acuerdo con el diseño indicado y una comparación de medias con Tukey al 0.05. Las variables evaluadas fueron altura de plántula, diámetro de tallo, longitud de raíz, contenido relativo de clorofila, peso fresco y seco de los diferentes órganos (raíz, tallo y hoja) de las plántulas. La altura de plántula fue superior en un 99% con la mezcla de lombricomposta de Ca33+Ch33+Va33, mientras que, con el sustrato Peat80+Perl20 el aumento fue solo 23% con respecto a la lombricomposta de Ch100. El contenido de clorofila fue superior en un 36.86% con el sustrato Peat80+Perl20, ya que, con la mezcla de lombricomposta Ca33+Ch33+Va33 el aumento fue un 26.23% con respecto a la lombricomposta de Ca50+Ch50. El peso fresco total fue superior en un 252.4% con la lombricomposta de Va100, con el sustrato Peat80+Perl20 el aumento solo fue 81.28% en comparación a la lombricomposta de Ch100. El peso seco total se aumentó 446.59% con la lombricomposta de Va100, mientras que, que el sustrato Peat80+Perl20 el aumento fue 128.40% con respecto a la lombricomposta de Ch100. En la presente investigación se encontró que los sustratos de lombricomposta de Va100, Ca80+Ru20 y Ca33+Ch33+Va33 se obtiene una mejor calidad de plántula ya que en general las variables evaluadas en estas mezclas se comportaron superiores en comparación con el sustrato comercial.

Palabras clave: Lombricomposta, Sustrato, Clorofila.

I. INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de tomate rojo se siembra anualmente un aproximado de 50,373.33 Ha, con rendimientos promedio de 69.08 ton ha⁻¹ (SIAP 2017). La agricultura protegida se ha concentrado en los estados de Sinaloa, Baja California y Jalisco, aunque también ha adquirido mayor importancia en otras entidades como Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (FIRA 2016). Cada vez va en aumento la agricultura protegida por las ventajas que brinda como producción, calidad, control de plagas y menor riesgo de exposición al cambio climático. Hay una estimación de los cultivos implementados en esta modalidad de siembra donde se encuentra el tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%) (USDA, 2015). En la horticultura, el papel de los sistemas de cultivo sin suelo puede vincularse a un mejor control en aspectos relacionados con la salud humana, la del propio cultivo y la del medio ambiente (Gavilán y Mazuela, 2005). La superficie de cultivos en los próximos años utilizando algunos medios de enraizamiento está en aumento en todo el mundo. Los factores más importantes son los mayores rendimientos, el control del sistema y la posibilidad de prevenir enfermedades, la facultad que tienen los cultivos de evitar la emisión de nutrientes y agroquímicos fitosanitarios (insecticidas, herbicidas, fungicidas). Pero sobre todo la más importante sea urgente aumentar la eficiencia del riego y fertirriego con la cual se obtienen productos comercializables (Blok y Urrestarazu, 2010). El mejor sustrato será aquel que proporcione la máxima cantidad de agua, el mayor volumen de aire, los elementos nutritivos necesarios, el anclaje adecuado para las raíces y que además no contenga ningún componente que frene el crecimiento de la planta (Pastor, 2002). Desde hace años atrás hasta la fecha las hortalizas y frutas son cultivadas en sustratos principalmente en unidades de cultivo como turba, fibra de coco, lana de roca, perlita, espuma sintética y algunos minerales volcánicos locales. Pero consecuentemente, la superficie mundial de las plantas cultivadas en sustratos va a seguir en aumento, pensando que la turba debe remplazarse debido principalmente al impacto sobre el medioambiente que su extracción supone (Blok y Urrestarazu, 2010).

1.1 PROBLEMÁTICA

El inadecuado porcentaje de elementos que conforman un sustrato orgánico para la producción de plántulas en la etapa de almacigo, puede generar una alta mortalidad de estas al momento de no escoger la mezcla adecuada y al trasplante de las mismas, como consecuencia, esto significa una pérdida económica significativa para los productores (Ilbay, 2013).

Un problema actual es el impacto medioambiental debido a la explotación de las turberas, por el hecho de que la turba es un material natural no renovable, aun cuando todavía las reservas mundiales son enormes, pero los países productores están adquiriendo conciencia de la necesidad de no explotar y restaurar sus yacimientos de turba. Los recursos mundiales se encuentran en unos 6'500.000 km² de turberas con una profundidad media de 1,3 a 1,5 m. Los países en los que están las reservas mayores son Rusia (63%), Canadá (28%) y EE.UU. (15%). Las extracciones actuales de turba en estos países son muy inferiores a la regeneración natural de las mismas por el crecimiento y desarrollo de las poblaciones de Sphagnum, pero, aun así, las tendencias de la opinión pública y de las políticas gubernamentales están encaminadas a la preservación de las turberas y al fomento del uso de los residuos de diferentes orígenes en la agricultura (Abad *et al.*, 2004).

La turba es un material con una capacidad de retención de humedad del 85%. Es tanto que las estrategias de riego se basan en mezclas de gran capacidad para almacenar agua. En el sur de Europa, por ejemplo, prefieren mezclas con una menor cantidad de turba complementándolo con cortezas, arena, productos de madera, productos volcánicos y de compost. Es por eso que en los últimos años se debate implacablemente sobre el consumo de energías de lanas de roca y espumas sintéticas; hay discusión acerca de la utilización de la turba y la liberación de dióxido de carbono relacionada; existe una controversia referente a la cantidad de energía utilizada para el transporte de coco en todo el mundo y por otra parte las polémicas relativas de la dispersión de fertilizante en el medio ambiente. El uso elevado de fertilizantes en la horticultura requerirá de un gran esfuerzo por parte de los productores para mantener la emisión de nitratos y fosfatos en los niveles máximos permitidos por hectárea. Dado que el problema

es que no se presenta un aumento directo en la producción, ni existe una reducción de costos o mano de obra en relación con este esfuerzo, los productores se muestran renuentes a invertir individualmente para reducir las emisiones (Blok y Urrestarazu, 2010). Para conseguir la mejor producción en los cultivos sin suelo en sustratos es necesario encontrar el punto de equilibrio entre agua-aire mediante el manejo del riego con la frecuencia y duración de este (Gavilán, 2015). La presencia de suelos improductivos por sobreexplotación, heterogeneidad, así como por carecer de características físicas, químicas y biológicas apropiadas para la agricultura, ha llevado a desarrollar nuevas técnicas de cultivo. La producción de cultivo sin suelo se incluye el uso de sustratos, se considera una técnica agronómica amigable con el medio ambiente y con el ser humano, ya que, mediante estos sistemas de producción, además de obtener rendimientos altos y productos de calidad, se logra un producto sano. Una de las ventajas del uso de sustratos lo constituye el menor control de plagas y enfermedades de la raíz de diversidad de plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento (Cruz *et al.*, 2013).

1.2 Objetivo General

Evaluar el efecto de las mezclas de sustratos orgánicos y concentraciones de soluciones nutritivas en la producción de plántulas de tomate cv. Rio grande.

1.3 Objetivos Específicos

- Determinar la mezcla de sustrato orgánico más adecuada para obtener plántulas de mayor calidad.
- Determinar el efecto de la combinación de los sustratos y de las soluciones nutritivas en el crecimiento y en el índice de contenido relativo de clorofila de plántulas de tomate.

1.4 Hipótesis

Al menos una combinación de las mezclas de sustratos orgánicos y concentraciones de las soluciones nutritivas influirá en la obtención de plántulas de mayor calidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo

Se dice que el tomate fue reconocido como nativo de América, en la costa occidental de América del sur donde se encuentra la Isla Galápagos, Perú, Ecuador y el norte de Chile (Darwin *et al.*, 2003) posteriormente se expandió más al norte posiblemente como una maleza hasta llegar a México, donde se considera centro de domesticación (Jenkins, 1948).

2.2 Importancia del cultivo

En México, el tomate es una de las especies hortícolas con gran trascendencia tanto en lo económico que se refleja en el valor que tiene la producción en la aportación de divisas a la balanza agropecuaria (SNIEG, 2009) como en lo social que se mide por la cantidad de empleos generados durante el cultivo y comercialización de esta hortaliza. Es por ello, que el tomate se cultiva en toda la República Mexicana (SIACON, 2004).

De esta manera se genera una constancia en oferta y calidad, que conlleva a que la producción de almácigos de hortalizas se desarrolle que actualmente sea una especialidad por sí misma. De un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y el conocimiento técnico en su elaboración son un requerimiento real (Guzmán, 2003).

2.3 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica, ecológica o biológica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales (rechaza insumos de síntesis química fertilizantes, insecticidas, pesticidas y organismos genéticamente transformados) por medio de prácticas especiales, como composta, abonos verdes, control biológico, repelentes naturales a partir de plantas, asociación y rotación de cultivos, etcétera. Esta forma de producción, además de considerar el aspecto ecológico, incluye en su particular filosofía y práctica el mejoramiento de las condiciones de vida de sus practicantes, de tal modo que aspira a una sostenibilidad integral del sistema de producción (económica, social y ecológica).

O sea, la producción orgánica se basa en estándares específicos y precisos de producción que pretenden alcanzar un agroecosistema social, ecológico y económicamente sostenible (Gómez *et al.*, 2002).

La incorporación de las enmiendas orgánicas es una práctica que está tomando cada vez más importancia por sus comprobados efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas (Hernández *et al.*, 2010). La obtención de un buen sustrato dependerá de las condiciones ambientales del área de producción y del costo de los materiales para su formulación (Ilbay, 2013).

2.4 El sustrato

El término “sustrato”, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en un contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada.

Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (Arena, tierra volcánica, grava, perlita, lana de roca, vermiculita, etc.) y químicamente activos (tierra de bosque (mantillo vegetal / humus), composta, kuntan, lombricomposta, bokashi, fibra de coco, turba, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de absorción y fijación de nutrientes (Sáez, 1999).

2.5 Arena

Las arenas sirven como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado y algunas aportan ligera acidez a la tierra. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava.

2.6 Tierra volcánica

La tierra volcánica sirve también como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado, su fama como mezcla proviene por su alta capacidad de drenaje. Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas. El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad.

2.7 Gravas

Las gravas sirven como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado. Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm destacan las gravas de cuarzo y piedra pómez.

2.8 Perlita

Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico de rocas volcánicas. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad. Su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Se utiliza con otros sustratos como turba, arena, etc.

2.9 Lana de roca

Es un material obtenido a partir de la fundición industrial de una mezcla de rocas basálticas, calcáreas y carbón. Al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa, endurece y se corta en la forma deseada. Su empleo no sobrepasa los 3 años, es un material con una gran porosidad y que retiene mucha agua.

2.10 Vermiculita

Se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometido a temperaturas superiores a los 800°C. Puede retener 350 litros de agua por metro cúbico y posee buena capacidad de aireación, aunque con el tiempo tiende a compactarse.

2.11 Tierra de bosque (Mantillo vegetal / Humus)

Es una mezcla de ramitas, corteza y hojas, que al encontrarse por debajo de la superficie y con años de acumulación, presenta un principio de humificación. La composición del humus depende en parte del tipo de suelo, ya que éste puede favorecer el desarrollo de sustancias orgánicas, facilitando la aireación o, por el contrario, puede paralizarla, originando condiciones anaeróbicas. Sobre suelos pesados actúa esponjando el terreno, promueve la agregación del suelo (formación de terrones) y el almacenamiento de agua. Sobre suelos livianos, sueltos, mejora la retención de nutrientes disminuyendo su pérdida por lixiviación (lavado).

2.12 Composta

Es un producto de la descomposición biológica aeróbica y anaeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas. Siendo usado en cualquier proporción sin causar efectos dañinos al suelo.

2.13 Kuntan

Es cascarilla de arroz, cáscara de frijoles o broza del café carbonizado. Se utiliza para mejorar la porosidad del suelo haciéndolo más alcalino.

2.14 Lombricomposta

Es un abono orgánico obtenido de la descomposición de materia orgánica: estiércol, desechos vegetales, entre otros, realizada por las lombrices. Este abono ofrece una alimentación equilibrada a las plantas, ya que aporta nitrógeno, calcio, magnesio, fósforo, potasio y micronutrientes esenciales, contribuyendo a mejorar las condiciones físicas del suelo como: porosidad, infiltración, aireación, etc.

2.15 Bokashi

Es un abono orgánico fermentado y semi descompostado que contiene muchos microorganismos benéficos teniendo la ventaja que los materiales orgánicos a utilizar son accesibles, baratos y se encuentran en la finca.

2.16 Fibra de coco

Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, teniendo un pH ligeramente ácido y su porosidad es bastante buena. Se recomienda ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

2.17 Turba

Es un sustrato que se forma a través de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra principalmente en zonas pantanosas procedente del musgo Sphagnum de las regiones boreales de los hemisferios norte y sur.

2.18 Tipos de turbas:

2.18.1 Turba rubia: Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, puede retener hasta 9 veces su peso en agua, y también proporciona gran cantidad de poros de aire, ayudan a retener y mantener húmedo el sustrato. Es más frecuente su uso en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros.

2.18.2 Turba negra: Proviene de zonas donde reciben aguas de escurrimiento de zonas más altas ricas en limos y arcillas, que le proveen nutrientes y están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica. Estas se encuentran por debajo de las turbas rubias (Jica, 2016).

2.19 Lombricultura

La lombricultura es la biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, esta recicla todo tipo de materia orgánica. Como resultado a los desechos orgánicos producidos por la lombriz se le conoce con el nombre de lombricomposta o humus de lombriz. Este representa el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad (Rodríguez, 2005).

2.20 Lombricomposta

Es un extracto producto final de la digestión de materiales orgánicos por parte de lombrices terrestres, principalmente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). (Rothman *et al.*, 2006). Es una sustancia sin olor similar a la turba, que tiene buena estructura, humedad, capacidad de retención, cantidades relativamente grandes de nutrientes disponibles y micro metabolitos que pueden actuar como reguladores del crecimiento de las plantas (Paul y Metzger, 2005).

2.21 Propiedades de la lombricomposta

2.21.1 Propiedades físicas: Buena retención de humedad (40%–65%), adecuada porosidad (75%–85%) suficiente aireación (10%–35%); por su estructura estable reduce la erosión, así como su capacidad de drenar.

2.22.2 Propiedades químicas: Hormonas de crecimiento, enzimas, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, pH neutro, buena capacidad de intercambio catiónico. Sus minerales y micronutrientes son más fácilmente absorbidos por las plantas que los fertilizantes sintéticos.

2.22.3 Biológicas: Lenta velocidad de descomposición no contiene semillas de otras plantas o malezas, libre de sustancias tóxicas, amplia disponibilidad, alta población microbiológica benéfica. (Morales, 2011).

2.23 Ruezno

Se le llama así a la cáscara externa que rodea la nuez, tiene un espesor de 3 y 4 milímetros. En sus etapas tempranas de desarrollo, el ruezno es de color verde protegiendo a la nuez manteniéndola pegada al nogal y va volviéndose de color marrón a medida que llega a su etapa de madurez, momento en el que el ruezno se abre en cuatro secciones para liberar el fruto que lleva en su interior (Vivero Anju, 2019).

2.24 El semillero

El empleo de sustratos en la horticultura tiene como base la necesidad de obtener plántulas sanas y en buenas condiciones para la producción. Los semilleros hortícolas son el primer uso generalizado de sustratos de cultivo en la producción vegetal (Masaguer, 1997). Las plántulas en los semilleros requieren de un acondicionamiento o "endurecimiento" que les permita sobreponerse al estrés postrasplante. Además, controlar el crecimiento y desarrollo de plántulas en altas densidades, así como la homogeneidad de la partida es una de las tareas intrínsecas de los semilleros y una de las técnicas empleadas es mediante el "acondicionamiento nutritivo" (Ramos, 2002). La estrategia de producción de plantas adultas en semillero se basa en la reducción de costes buscando un óptimo productivo, con el mínimo impacto ambiental. Por ello se pretende avanzar en la mejora de la técnica de obtención de plántulas adultas de tomate en semilleros (Lenschak, 2001).

2.25 Comportamiento del sustrato en semillero

2.25.1 Germinación

Durante la etapa de germinación requerimos de un sustrato que retenga mayor humedad por más tiempo, al contrario del periodo de desarrollo, donde requerimos un sustrato con mayor drenaje y menor retención de humedad, debido a la constante fertirrigación (Erandy, 2015).

Se requieren entre seis y ocho días en promedio para que las semillas de tomate germinen plenamente. Fuera de la buena calidad de la semilla, la velocidad de germinación está influenciada por la temperatura óptima y la humedad del suelo, el cual debe estar a capacidad de campo. La temperatura óptima para la germinación está entre 16 y 28° C (Estupiñán y del Pilar 2017).

2.25.2 Enraizamiento.

Una plántula de calidad es el punto final de un buen trabajo en almacigo y el punto de inicio de una plantación exitosa. Debe tener la parte aérea tantas raíces equilibradas aproximadamente de los mismos tamaños sanos y vigorosos (Piñuela *et al.*, 2013). La lombricomposta favorece una mayor concentración de fosforo, promoviendo una mayor diversidad, colonización y desarrollo de estructuras auxiliares de hongos micorrízicos arbusculares, los cuales interactúan con la planta en una mayor producción de raíces (Koizumi, 2015).

2.25.3 Medio de Crecimiento

Un medio de crecimiento puede estar compuesto por un solo material; sin embargo, la combinación de dos o más materiales nos brinda mejores condiciones para llegar a crear el sustrato ideal, que se requiera según la etapa de crecimiento del cultivo, el tipo de contenedor empleado así como las condiciones ambientales en el área de producción ([Erandy, 2015](#)), ya que la lombricomposta aporta N, P, K, Ca, Mg y carbono (Duran y Henriquez, 2010) es factible usarla como medio de crecimiento de especies hortícolas cultivadas en condiciones de invernadero (Cruz *et al.*, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en un invernadero tipo semicircular, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas son: Latitud 25°22' N y Longitud 101°02' O y una altitud de 1742 msnm, con un clima BWhw (x) (e) que se clasifica como templado seco extremoso con lluvias en verano (Zepeda, 2005) y una temperatura media anual entre 18°C y 22°C (García, 2004).



Figura 1.-Ubicación del experimento de la UAAAN campus Buenavista.

3.2 Diseño experimental

Este experimento se realizó con un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 9x3, es decir, 9 mezclas de sustratos orgánicos y 3 concentraciones de soluciones nutritivas, dando un total de 27 tratamientos y en cada tratamiento 3 repeticiones. A los datos se les efectuó un análisis de varianza y una prueba de comparación múltiple de medias con el método de Tukey ($p \leq 0.05$) que fueron analizados con el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

3.2.1 Material Vegetal

El material vegetal utilizado en este experimento fue semillas de tomate de la variedad Río Grande Saladette. Estas semillas fueron proporcionadas por el departamento de Horticultura en la UAAAN, cuyas características son: variedad de crecimiento determinado, de fruto alargado, que se adapta a condiciones de invernadero como a campo abierto.

3.2.2 Descripción de los sustratos orgánicos

La preparación de la lombricomposta se llevó a cabo en la planta de lombricultura de la UAAAN, a partir de estiércol de caballo, chivo y vaca, utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se utilizaron 4 cajas de plástico de 0.50 m de largo, 0.30 m de ancho y 0.30 m de alto, para obtener un volumen de 0.045 m³ de sustrato aproximadamente, donde se tenían alimentando las lombrices por varias semanas. En el caso del ruezno el composteo consistió en agregar agua cada 3 días.

Los tipos de lombricomposta, se realizaron en cajones de madera:

- a) Lombricomposta de estiércol de caballo: No hubo problema al incorporarlo directamente a la dieta de las lombrices pues tiene un pH neutro.
- b) Lombricomposta de estiércol de chivo: Se tuvo que compostear un poco ya que hubo problemas con su pH.
- c) Lombricomposta de estiércol de vaca: También se tuvo que compostear por un tiempo ya que hubo problemas con su pH.

- d) Ruezno: Se composteo con agua, pero tampoco hubo problemas con su pH.

3.2.3 Siembra

La siembra de tomate se realizó el 03 de mayo del 2019 cuando los sustratos ya estaban lombricomposteados y cribados, utilizando charolas de 200 cavidades.

3.2.4 Tratamientos evaluados

Los sustratos utilizados fueron:

- Lombricomposta de estiércol de Vaca 100% (Va100)
- Lombricomposta de estiércol de Caballo 50%+Chivo 50% (Ca50+Ch50)
- Lombricomposta de estiércol de Caballo 80% + Ruezno 20% (Ca80+Ru20)
- Lombricomposta de Caballo 33%+Chivo33%+Vaca 33% (Ca33+Ch33+Va33)
- Lombricomposta de estiércol de Chivo 50%+Vaca 50% (Ch50+Va50)
- Lombricomposta de estiércol de Caballo 50%+Vaca 50% (Ca50+Va50)
- Lombricomposta de estiércol de Chivo 100% (Ch100)
- Lombricomposta de estiércol de Caballo 100% (Ca100)
- Peat moss 80% + perlita 20% (Peat80+Perl20)

3.2.5 Características del área experimental

El invernadero está estructurado con fibra de vidrio orientado de norte a sur, cuenta con un calentador, dos extractores y una pared húmeda. Durante el experimento se registraron temperaturas mínimas y máximas en promedio de 13°C y 36°C.

3.3 Manejo del cultivo:

3.3.1 Riego del almácigo

Posterior a la siembra, se regaba manualmente en la mañana y en la tarde según las necesidades hídricas de la plántula. Todo esto se hizo aplicando agua destilada durante dos semanas que duro la emergencia de las plántulas.

3.3.2 Control de malezas

Las malezas que emergieron dentro del invernadero fueron eliminadas manualmente.

3.3.3 Fertirrigación

La fertilización se realizó diario a partir de los 17 días después de la siembra aplicando agua destilada solamente, a la solución del 0%, teniendo un recipiente de la Solución Nutritiva al 15% y otro al 30%. Los primeros 16 días fueron de riego normal sin solución nutritiva en todos los tratamientos.

3.4 Variables evaluadas:

Altura de planta: La altura de planta se determinó desde la base de la planta, hasta la parte más apical de la misma, con la ayuda de una regla de 30 cm.

Diámetro de tallo: Se midió el diámetro de tallo de cada plántula utilizando un vernier, todas las mediciones se registraron en mm.

Longitud de raíz:

Para esta variable las plántulas fueron sometidas a un lavado del sistema radicular con agua de llave, se utilizó una regla de 30 cm, midiendo desde la base del tallo hasta la parte más apical de la raíz.

Clorofila: Este parámetro se obtuvo con un medidor de clorofila SPAD 502 Plus de Konica Minolta. Sacando el promedio de tres hojas por planta, calculando un total de tres plántulas por cada tratamiento.

Biomasa fresca.

Peso fresco de hoja: Se obtuvo pesando únicamente las hojas, con una balanza analítica.

Peso fresco de raíz: Se obtuvo pesando únicamente las raíces, esto se logró eliminando el exceso de sustrato con agua de llave y luego se registró el peso con una balanza analítica.

Peso fresco de tallo: Se obtuvo pesando únicamente los tallos, con una balanza analítica.

Peso fresco total: Se obtuvo sumando el peso fresco de los diferentes órganos (raíz, tallo y hoja) de las plántulas.

Biomasa seca.

Peso seco de hoja: Se obtuvo pesando únicamente las hojas donde previamente se secaron en un pequeño horno de secado a 65°C durante 72 horas, luego se registró el peso con una balanza analítica digital de precisión de 0.01g.

Peso seco de raíz: Se obtuvo pesando únicamente las raíces donde previamente se secaron en un pequeño horno de secado a 65°C durante 72 horas, luego se obtuvo el peso con una balanza analítica digital de precisión de 0.01g.

Peso seco de tallo: Se obtuvo pesando los tallos donde previamente se secaron en un pequeño horno de secado a 65°C durante 72 horas, luego se registró el peso con una balanza analítica digital de precisión de 0.01g.

Peso seco total: se obtuvo mediante una suma aritmética de los diferentes pesos de los órganos las plántulas.



Figura 2.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 0%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.



Figura 3.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 15%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.



Figura 4.- Plántulas de tomate a una solución nutritiva al 30%, de izquierda a derecha con lombricomposta de Va100, Ca50+Ch50, Ca80+Ru20, Ca33+Ch33+Va33, Ch50+Va50, Ca50+Va50, Ch100, Ca100 y Peat80+Perl20.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta, diámetro de tallo y el peso fresco de cada uno de los órganos de las plántulas fueron afectadas significativamente por las diferentes mezclas de sustratos orgánicos y por las concentraciones de las soluciones nutritivas (SN), la interacción de estos dos factores también afectó de manera significativa (Cuadro 1). Las plántulas que fueron desarrolladas con lombricomposta a base de estiércol de Vaca al 100% (Va100) y con la mezcla de 33% de lombricomposta de Ca33+Ch33+Va33 se presentaron la mayor altura, mientras que aquellas crecidas con lombricomposta a base de estiércol de chivo al 100% (Ch100) esta se redujo. El diámetro de tallo se incrementó con la combinación de lombricomposta de Ca50+Ru50 (Caballo + Ruezno) en comparación de la lombricomposta de Ch100 ya que se disminuye drásticamente (Cuadro 1). El peso fresco de hoja, tallo, raíz y total fueron superiores con la lombricomposta de Va100, pero con la lombricomposta de Ch100 en general afecto de manera negativa estas variables, aunque el peso fresco de hoja también disminuyó con el peat80+perl20 (sustrato comercial) y Ch50+Va50 (Cuadro 1). El incremento de la concentración de la SN aumentó la altura, diámetro de tallo y el peso fresco de los diferentes órganos de las plántulas (Cuadro 1), lo que sugiere que al 30% de la SN se obtuvieron mayor calidad de plántula.

El contenido relativo de clorofila, longitud de raíz y el peso seco de cada uno de los órganos de las plántulas fueron influenciadas significativamente por los sustratos orgánicos, así como la concentración de la SN y por la interacción de ambos factores tuvieron efectos significativos a excepción de la longitud de raíz pues, no se encontró diferencias significativas (Cuadro 2). El mayor contenido relativo de clorofila se registró en plántulas crecidas sobre Peat80+Perl20, mientras que, la lombricomposta de Ch100 esta se redujo notablemente, en general la lombricomposta de los diferentes estiércoles y la mezcla de las mismas disminuyeron la clorofila de las hojas. La lombricomposta de Ca80+Ru20 incremento la longitud de raíz comparando con la lombricomposta de Ch100 (Cuadro 2). El peso seco de hoja fue mayor en plántulas desarrolladas con lombricomposta de Ca80+Ru20 y la lombricomposta de Ch100 o Peat80+Perl20 disminuyeron el peso seco de este órgano. La lombricomposta de Va100 aumentó el pese seco de tallo y raíz, pero, con Ch100 y Ca50+Ch50 se

obtuvieron menor peso seco estos. El peso seco total fue superior con lombricomposta Va100 y Ca80+Ru20, mientras que las plántulas crecidas en Peat80+Perl20, Ca100 y Ca50+Ch50 registran una disminución en el peso seco total (Cuadro 2). Las plántulas que fueron nutridas con 30% de la SN presentaron mayor contenido relativo de clorofila, mayor peso seco de tallo, hoja, raíz y total en comparación a las concentraciones inferiores a esta SN (Cuadro 2).

Cuadro 1.- Efecto de las mezclas de sustratos orgánicos (sustrato) y soluciones nutritivas (SN) en la altura, diámetro de tallo y peso fresco los órganos de las plántulas de tomate cv. Río grande.

Sustratos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso fresco de hoja (g)	Peso fresco tallo (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso fresco total (g planta ⁻¹)
Peat80+Perl20	10.51f	0.74de	6.11e	3.66ef	12.88d	22.66d
Va100	16.80a	1.57ab	14.61 ^a	9.66a	20.16a	44.05a
Ch100	8.51g	0.60e	6.22e	2.44f	3.83e	12.50e
Ca100	13.82cd	1.00cd	7.55de	4.77de	12.00d	29.50cd
Ca50+Ch50	11.07ef	0.75de	11.33bc	5.66cd	10.00d	26.61cd
Ca80+Ru20	15.79ab	1.69a	13.16ab	8.33ab	15.88c	38.50ab
Ch50+Va50	12.25de	0.90de	7.11e	5.00de	11.11d	24.61d
Ca50+Va50	14.73bc	1.06cd	9.61cd	7.16bc	15.72c	33.50bc
Ca33+Ch33+Va33	16.94a	1.31bc	12.05b	9.00a	17.61b	39.66ab
Anova $P \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SN (%)						
0	11.43c	0.81c	7.75c	4.38c	11.96b	24.98b
15	13.70b	0.01b	9.07b	6.05b	12.66b	28.20b
30	15.01a	1.38a	12.42 ^a	8.12a	15.11a	37.35a
Anova $P \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Interacción $P \leq$	0.001	0.04	0.002	0.001	0.01	0.04
CV (%)	8.26	20.11	15.08	17.17	20.16	17.36

ANOVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación, Interacción= sustratos*SN, Peat+Perl= sustrato comercial, Va, Ch y Ca= Lombricomposta de estiércoles de vaca, chivo y caballo, Ru= lombricomposta de ruzno, 20, 33, 50 y 100 es el porcentaje que corresponde de cada lombricomposta. Las a, b, c, d y e indican las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

Cuadro 2.- Efecto de las mezclas de sustratos orgánicos (sustratos) y soluciones nutritivas (SN) en la clorofila (Clr), longitud de raíz (Lr) y peso seco los órganos de las plántulas de tomate cv. Rio grande.

Sustratos	Clr (Spad)	Lr (cm)	Peso seco de hoja (g)	Peso seco de tallo (g)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco total (g planta ⁻¹)
Peat80+Perl20	35.01a	8.95b	0.80e	0.35 e	0.85 b	2.01 c
Va100	29.40b	7.99b	1.99ab	1.03 a	1.58 a	4.81 a
Ch100	12.73d	4.47c	0.51e	0.15 f	0.21 c	0.88 d
Ca100	30.68b	9.34b	0.99de	0.44 e	0.96 b	2.25 c
Ca50+Ch50	25.58c	7.92b	1.32cd	0.34 e	0.47 c	2.16 c
Ca80+Ru20	31.12b	11.37a	2.11 ^a	0.88 b	0.96 b	4.10 a
Ch50+Va50	31.26b	9.70ab	1.32cd	0.42 e	0.96 b	2.70bc
Ca50+Va50	30.27b	8.85 b	1.53bc	0.63 d	1.09 b	3.27 b
Ca33+Ch33+Va33	32.29ab	9.32 b	1.75abc	0.77 c	1.84 a	4.24 a
ANOVA $P \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SN (%)						
0	26.91 c	8.75 a	1.28 b	0.43 c	0.80 c	2.57 b
15	28.93 b	8.45 a	1.26 b	0.54 b	0.98 b	2.75 b
30	31.94 a	8.77 a	1.58 a	0.69 a	1.20 a	3.48 a
ANOVA $P \leq$	0.001	0.60	0.001	0.001	0.001	0.001
Interacción $P \leq$	0.02	0.97	0.06	0.001	0.04	0.001
CV (%)	7.19	15.16	23.32	12.15	20.74	16.1

ANOVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación, Interacción= sustratos*SN, Peat+Perl= sustrato comercial, Va, Ch y Ca= Lombricomposta de estiércoles de vaca, chivo y caballo, Ru= lombricomposta de ruezno, 20, 33, 50 y 100 es el porciento que corresponde de cada lombricomposta. Las letras a, b, c, d y e indican las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

4.1 Altura de Planta

El incremento de la concentración de la SN aumentó la altura de plántula independientemente de las proporciones de la mezcla de sustratos orgánicos a excepción de la lombricomposta de Ca50+Ch50, ya que, la mayor altura se presentó en plántulas que recibieron 15% de la SN (Figura 5). En general la mejor altura se registró en aquellas desarrolladas con lombricomposta de Va100 y lombricomposta de Ca33+Ch33+Va33 con el 30% de la SN (Figura 5). La lombricomposta de Ch100 redujo la altura sin importar la concentración de la SN a suministrar, asimismo, la altura de las plántulas desarrollas con Peat80+Perl20 fue mucho menor cuando no recibieron ninguna concentración de la SN (Figura

5). El incremento de la altura de plántula puede ser debido a una mayor concentración de elementos nutritivos y hormonas presentes en la lombricomposta de Va100, Ca33+Ch33+Va33 y lombricomposta de Ca80+Ru20. Fernández *et al.* (2016) señala que los ácidos húmicos a base de lombricomposta promueven el crecimiento de las plantas porque tienen efectos similares que las auxinas. Además, Flores (2016) señala que, en plántulas de chile jalapeño desarrollaron mayor sistema radicular con lombricomposta de caballo, de conejo y turba ácida. Además, Ávila-Peralta (2015) reporta que, el crecimiento y la micorrización en plantas de tomate en invernadero fue incrementada cuando se utilizó un sustrato a base de lombricomposta.

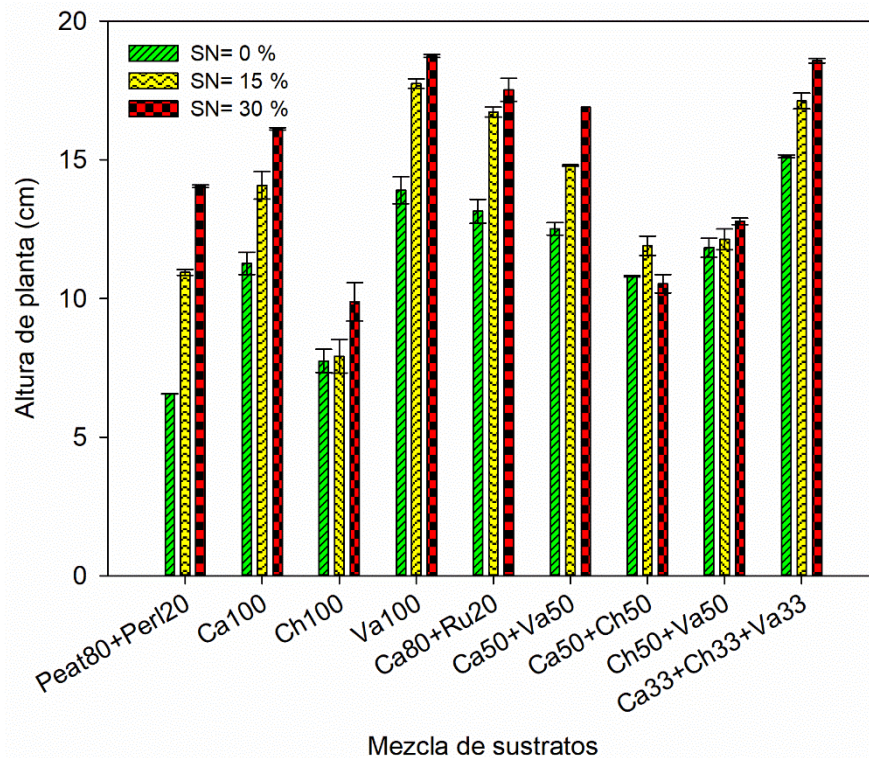


Figura 5.- Gráfica del Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable altura de planta. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.

4.2 Diámetro de Tallo (DT)

El diámetro de tallo de la plántula fue superior con la lombricomposta de Va100 y Ca80+Ru20 siempre y cuando estas hayan sido nutridas con el 30% de la SN (Figura 6). Además, la lombricomposta de Va100, Ca80+Ru20 y Ca33+Ch33+Va33 fue mayor el DT con 0% de la SN comparado a los otros sustratos sin el suministro de la SN (Figura 6). El mayor grosor de diámetro de tallo puede ser brindada debido a un buen desarrollo de las raíces dado por la aireación del sustrato de la lombricomposta de Ca80+ Ru20 y lombricomposta de Va100. Esto concuerda con Ortega *et al.*, (2010) donde menciona que en la lombricomposta las adecuadas propiedades físicas, ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plántulas de tomate.

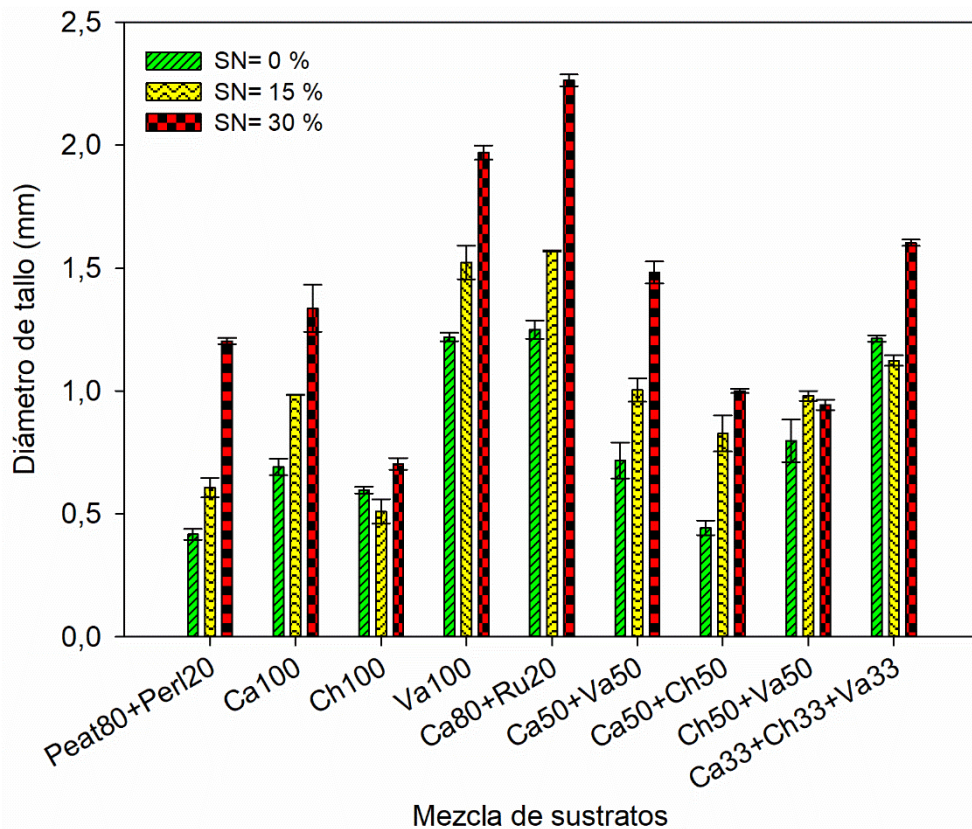


Figura 6.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable diámetro de tallo. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.

4.3 Clorofila

El contenido relativo de clorofila de la hoja en general se incrementó con el 30% de la SN en los diferentes sustratos orgánicos, si embargo, este aumento fue más marcada con el sustrato Peat80+Perl20 y con la lombricomposta de Ca33+Ch33+Va33 más el 30% de la SN (Figura 7). No obstante, las plántulas desarrolladas con lombricomposta de Ch100 esta disminuyo independientemente de la concentración de la SN aplicada (Figura 7). Contrario a nuestros resultados fue registrado por Flores (2016) quien señala que, en plántulas de chile jalapeño crecidas con turba ácida tenían un verde menos intenso que las desarrolladas con lombricomposta de estiércol de conejo, gallinaza y caballo. Asimismo, el suministro de 20 y 50 mg L⁻¹ de ácidos húmicos a base de lombricomposta mejora la clorofila a, b y total en hojas de banano (*Musa sp*) (Fernández *et al.*, 2016).

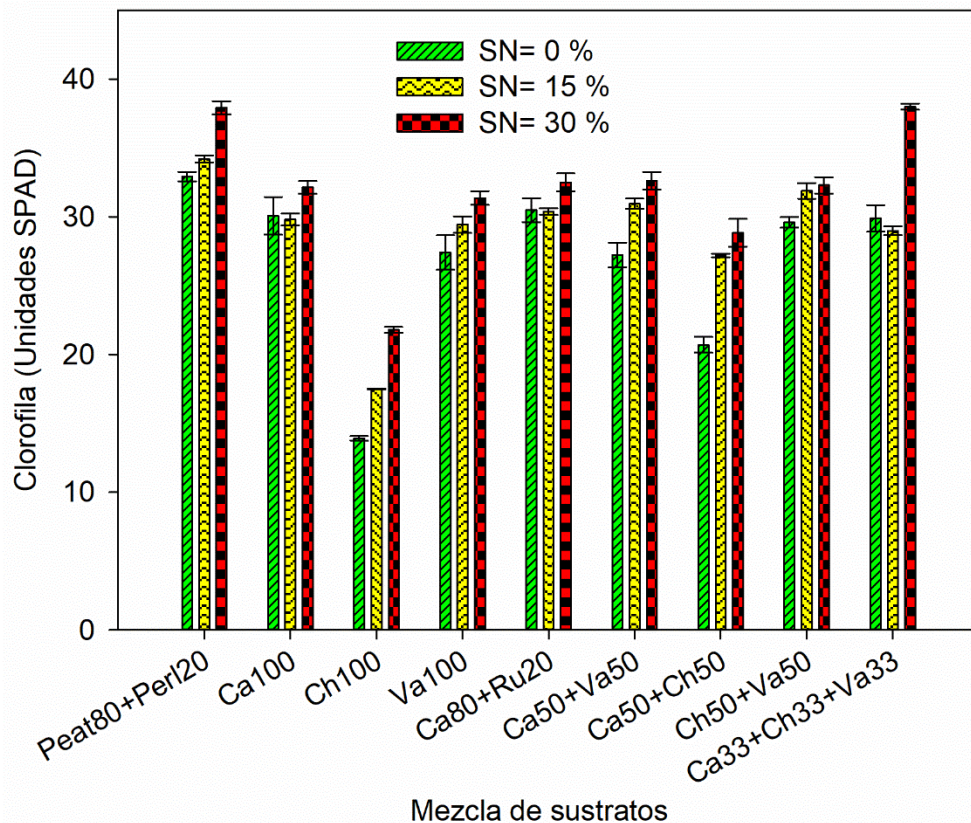


Figura 7.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable clorofila. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.

4.4 Peso Fresco Total

El incremento de la SN aumentó el peso fresco total de las plántulas independientemente de las diferentes proporciones de los sustratos orgánicos (Figura 8). El mayor peso fresco se presentó en plántulas crecidas con la lombricomposta de Va100 y con la SN al 30%. La lombricomposta de Ch100 redujo el peso fresco en las diferentes concentraciones de la SN (0, 15 y 30%), mientras que, en el sustrato Peat80+Perl20 esta disminución solo fue en plántulas que no recibieron SN (0% de SN) (Figura 8). Este efecto fue similar en los diferentes órganos (raíz, tallo y hoja) de las plántulas (Anexo, A, B y C). El aumento del peso fresco total con la lombricomposta de Va100 puede ser debido a las características físicas, químicas y biológicas. Esto se asemeja a lo señalado por Ramírez y Rodríguez (2015) en general, la lombricomposta tuvo un efecto favorable en el desarrollo de las plantas debido a que la lombricomposta es un abono orgánico equilibrado, ya que contiene una serie de elementos menores y mayores, ácidos húmicos y fúlvicos, así como algunos microorganismos y hormonas vegetales que estimulan el desarrollo inicial de la plántula. Además, Criollo y Padrón, (2018) reportaron que comprobaron que después de los 21 días en la siembra de semilla de tomate en una relación de lombricomposta35% + arena50% + bocashi15% incremento el número de hojas, diámetro de tallo, longitud de tallo, peso fresco de raíz y peso fresco de tallo. La disminución del peso fresco de total con la lombricomposta Ch100 pues ser debido a que este material se compactaba fácilmente y por lo tanto redujo de oxigenación en la raíz. Lo anterior es señalado por Urrestarazu y Mazuela (2005), quienes indican que la deficiencia de oxígeno para la respiración de la raíz puede ser un factor limitante en el crecimiento de estas, y reducir de inmediato la absorción de agua y de nutrimentos, lo que afecta de manera negativa al crecimiento. Preciado *et al.* (2002) indica que el vigor de las plantas es el resultado de la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden translocarse a los sitios de demanda. Esto coincide con Monge (2007) reporta que las características físicas del sustrato y la disponibilidad de nutrientes influyen enormemente en el

desarrollo radical de una plántula, no obstante, se deben considerar otros factores como la disponibilidad de agua en el medio.

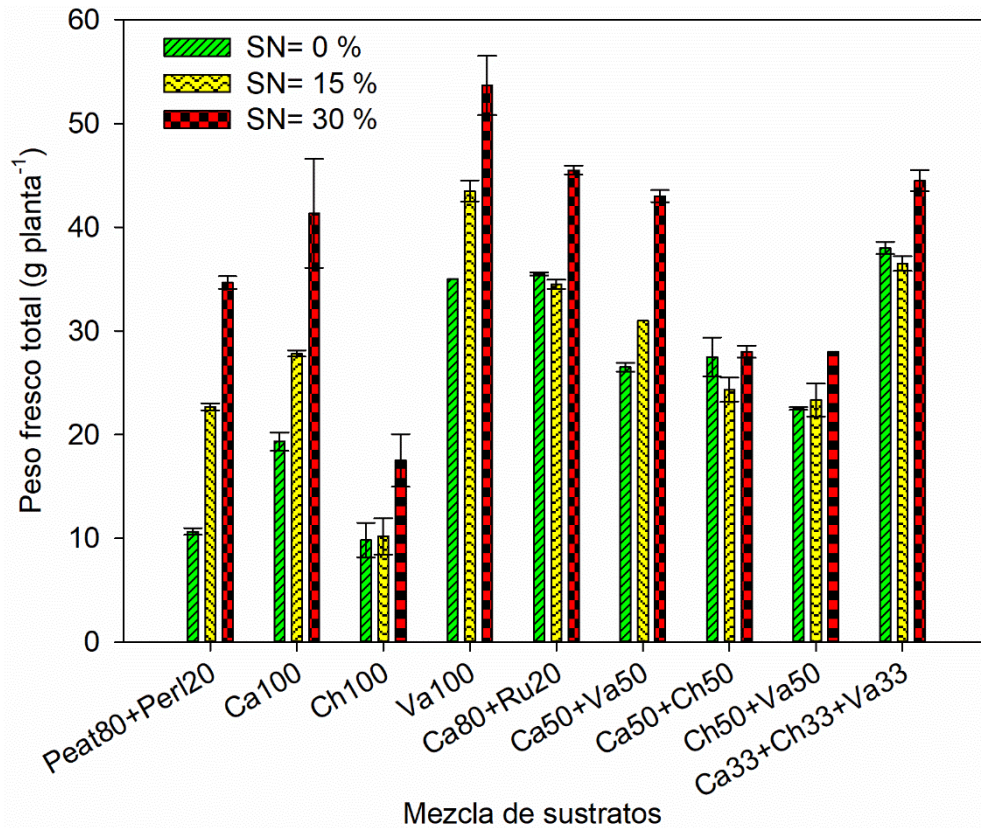


Figura 8.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable peso fresco total. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.

4.5 Peso Seco Total

El incremento de la concentración de la SN aumento el peso seco total de las plántulas en la mayoría de las proporciones de los sustratos orgánicos a excepción, de la lombricomposta de Ca50+Ch50 ya que no se incrementó con las proporciones de las SN y la lombricomposta de Ca33+Ch33+Va33 el peso seco se redujo ligeramente con el 15% de la SN (Figura 9). La lombricomposta de Va100 promovió mayor peso seco con el 30% de la SN, mientras que, la lombricomposta Ch100 disminuyó drásticamente este peso (Figura 9). Este efecto fue similar en los diferentes pesos secos de raíz y tallo de las plántulas (Anexo D y E). Resultados similares se obtuvieron con Ortega *et al.*, (2010) donde menciona que el peso seco de las plántulas de tomate presentó diferencias estadísticas significativas, y los mejores sustratos fueron la turba,

lombricomposta y aserrín. El incremento en materia seca fue influido por los sustratos y de la SN pues estas incrementaron mayor altura de la plántula y el diámetro del tallo. Por su parte, Bautista (2016) menciona que, el mayor contenido de biomasa en la planta de tomate es influenciado por factores como nutrición y riego. Ávila-Peralta *et al.* (2015), mencionan que, los sustratos a base de lombricomposta facilitan las condiciones ideales para que los hongos micorrícicos, el cual, favoreció el crecimiento radicular en mayor peso seco de raíz. Además, una mezcla adecuada de lombricomposta y turba mejoraron la germinación y desarrollo de las plántulas de lechuga y tomate, lo cual las hace adecuadas para su utilización en agricultura (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2017).

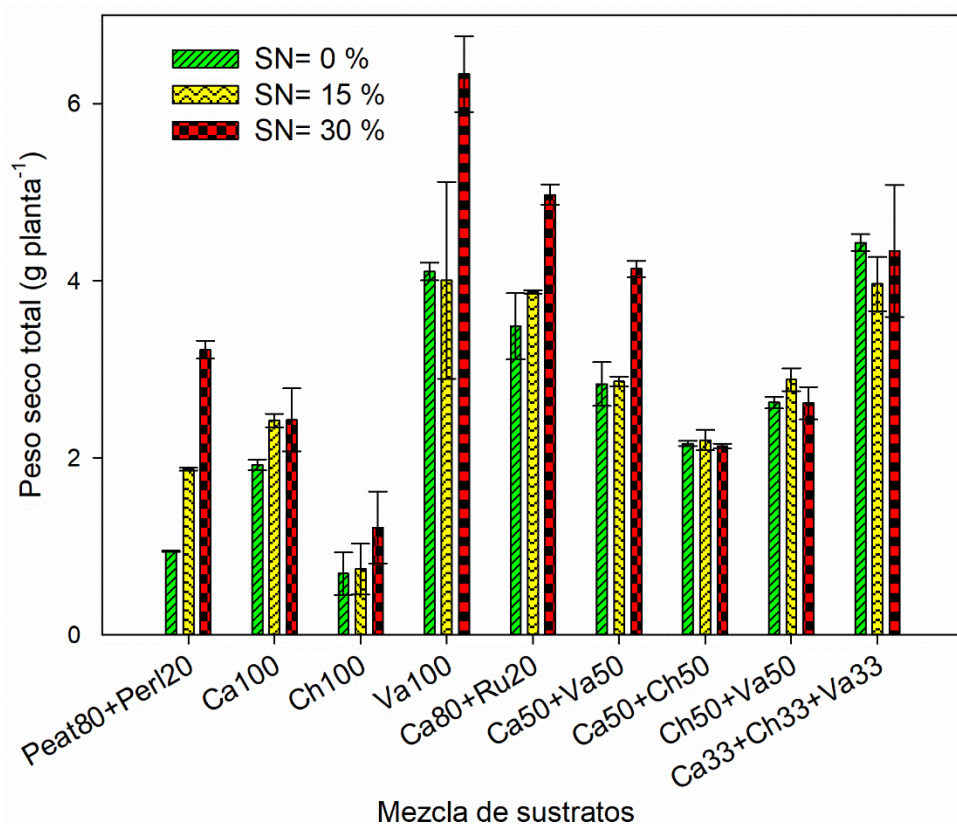


Figura 9.- Efecto de la interacción entre la mezcla de sustratos y la concentración de la solución nutritiva en la variable peso seco total. Las barras indican el error estándar de los tratamientos.

V. CONCLUSIÓN

Un incremento de la SN en conjunto con cualquier proporción de mezcla de sustratos orgánicos influye de manera positiva en el crecimiento, producción de biomasa y calidad de plántula. El mayor crecimiento de plántula se obtuvo con la SN al 30%.

La lombricomposta de Va100 y mezcla de estos Ca80+Ru20 y Ca33+Ch33+Va33 se obtiene una mejor calidad de plántula ya que en general las variables evaluadas se comportaron superiores, en comparación con el sustrato comercial (Peat80+Perl20). Este último solo incremento el contenido relativo de clorofila.

La lombricomposta a base de estiércol de Va100 o una mezcla de estos con una concentración de la SN igual 30% se puede implementar como un sustituto al uso de sustrato comercial.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, M., Noguera, P., & Carrión, C. 2004.** Los sustratos en los cultivos sin suelo. *Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Mundi-Prensa*, 113-158.
- Bautista, R., 2016.** Evaluación de los métodos para medir el índice de área foliar en el tomate en invernadero.
- Blok, C., y Urrestarazu, M. 2010.** El uso de los sustratos en Europa es cada vez mayor. *HORTICULTURA*, 50, 289.
- Cabrera, R. I. 1999.** Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5-11.
- Criollo, L. M. M., & Padrón, R. A. R. 2018.** Sustratos orgánicos para la producción de plántulas de tomate en vivero. *Acta Iguazu*, 8(3), 48-61.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermudez, A., y Juarez-Lopez, P. 2013.** Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2).
- Cruz, E.; Osorio, R.; Martínez, E.; Lozano del Río J.; Gómez, A. y Sánchez R. 2010.** Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. México. *Interciencia*. 35(5): 363-368
- DARWIN, Sarah C.; KNAPP, Sandra; Peralta, Iris E 2003.** Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*, vol. 1, no 1, p. 29-53.
- Duran, L. Y. and Henriquez C. 2010.** El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en la planta. Costa Rica. *Agrono. Mesoam.* 21(1):85-93.
- Estupiñán, A., & del Pilar, M. 2017.** Diseño del manual de procedimientos para la plantulación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill sp) en la empresa Plántulas de Colombia SAS, Sutamarchán Boyacá.
- Fernández, M. B. M., Chávez, E. S., Montero, D. C., García, A. C., López, D. M., Ardisana, E. F. H., y Álvarez, S. P. (2016).** Influence of vermicompost humic acid on chlorophyll content and acclimatization in banana clone, Enano Guantanamero. *African Journal of Biotechnology*, 15(47), 2659-2670.

- Flores, S. R. 2016.** Efecto de la Lombricomposta en la Germinación y Crecimiento Inicial de Chile Jalapeño (*Capsicum annum* cv. Annum)
- García, E. 2004.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.
- Gavilán, M. U. 2015.** Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Paraninfo, SA.
- Gómez Cruz, Gómez Tovar, y Schwentesius Ridemann, 2002.** Dinámica del mercado internacional de productos orgánicos y las perspectivas para México. *Revista Momento Económico*, (120).
- Guzmán, J. M. 2003.** Sustratos y tecnología de almácigo. *Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. San José, Costa Rica*, 25.
- Hernández-Rodríguez, A., Robles-Hernández, L., Ojeda-Barríos, D., Prieto-Luévano, J., González-Franco, A. C., & Guerrero-Prieto, V. (2017).** Semicompost and vermicompost mixed with Peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings. *Interciencia*, 42(11), 774-779.
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barríos, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M. 2010.** Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnocienc. Chihuahua*, 4, 1-6.
- Ilbay Ilvay, L. A. 2013.** Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*brassica oleracea* var. itálica) (Bachelor's thesis).
- Jenkins, J.A. 1948.** The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*, 2(4), 379-392.
- Jica, 2016.** Manual del protagonista viveros y semilleros
- Koizumi, B. Y. P. C. 2015.** Análisis comparativo de calidad suelo y productividad en dos sistemas de cultivo de tomate verde (*Physalis ixocarpa*) en Calakmul, Campeche.
- Masaguer, 1997.** Los sustratos en los semilleros hortícolas. *Vida rural*, (47), 52-55.
- Monge, C. A. S. 2007.** Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*licopersicon esculentum*) mill y chile dulce (*capsicum annum*) linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica.
- Morales, M. R. 2011.** Lombricomposta.

- Ortega M, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., & Ocampo-Mendoza, J. 2010.** Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai*, 6(3), 365-372.
- Paul, L. C., & Metzger, J. D. 2005.** Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. *HortScience*, 40(7), 2020-2023.
- Peralta, O. 2015.** Evaluación de micorrizas nativas y comerciales combinadas con lombricomposta en plantas de tomate (*solanum lycopersicum* L.) en invernadero (doctoral dissertation, universidad autónoma agraria antonio narro).
- Piñuela, A., Guerra, A., & Pérez, E. 2013.** Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales.
- Preciado, R. P. G A B Castillo, J L T Torres, J K Shibata, L T Chávez, A M Garza 2002.** Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20:67-76.
- Ramírez, M, A. A., y Rodríguez, C. 2015.** Evaluación de la lombricomposta como parte del sustrato en la producción de plántula de tomate (*lycopersicon esculentum* mill.) (no. sb349. r35. a1 2013.).
- Rodríguez, F. 2005.** Lombricultura para pequeños emprendedores. Fabián Rodríguez.
- Roldán, G. Q., y Soto, C. M. 2005.** Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía mesoamericana*, 16(2), 171-183.
- Rothman, M. S., Dondo, G. P., Tonelli, B. B., & Montiel, M. J. 2006.** Evaluación del uso de Extracto de Lombricompuesto en el Cultivo de Espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) a Campo. *Revista Científica Agropecuaria*, 10(2), 101-107.
- Sáez, J. N. P. 1999.** Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.
- Torres, R. Mendoza, E. B. J.; Marco, L. M.; Eduardo Gómez, C. 2016.** Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Ciencia y Tecnología*, 9(2): 1390-4051.
- Urrestarazu, M. and P. C. Mazuela, 2005.** Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. *Scientia Horticulturae* 106:484-490

USDA. FAS. 2015. GAIN Report Number MX5024. "Mexican Tomato Production Up Slightly". Global Agricultural Information Network, 6/8/2015

Zepeda, R. V. 2005. Las regiones climáticas de México, Vol. 2. UNAM, CD MX, México.

PAGINAS ELECTRÓNICAS

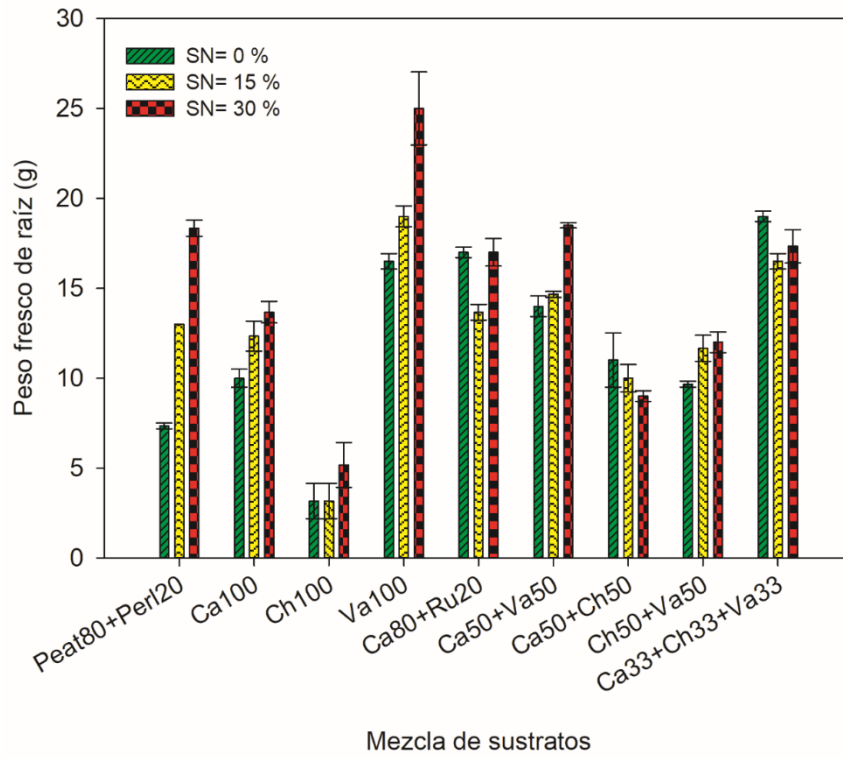
Erandy, R. 2015. Características de los principales sustratos para la producción protegida de alimentos. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/en-busca-del-sustrato-ideal/> (03, diciembre, 2019).

FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura 2016. Disponible en: www.Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf, (02, febrero, 2019)

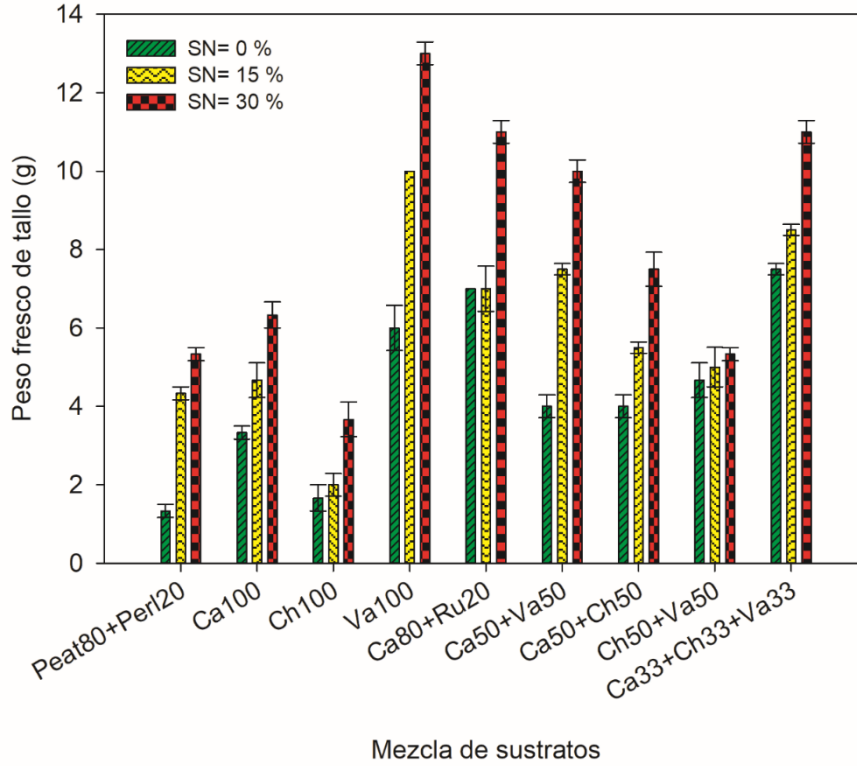
VIVERO ANJU, 2019. Conociendo la Nuez Pecán. Disponible en: <https://www.viveroanju.com.ar/pages/conociendo-la-nuez-pecan>. (06 diciembre 2019).

VII. ANEXOS

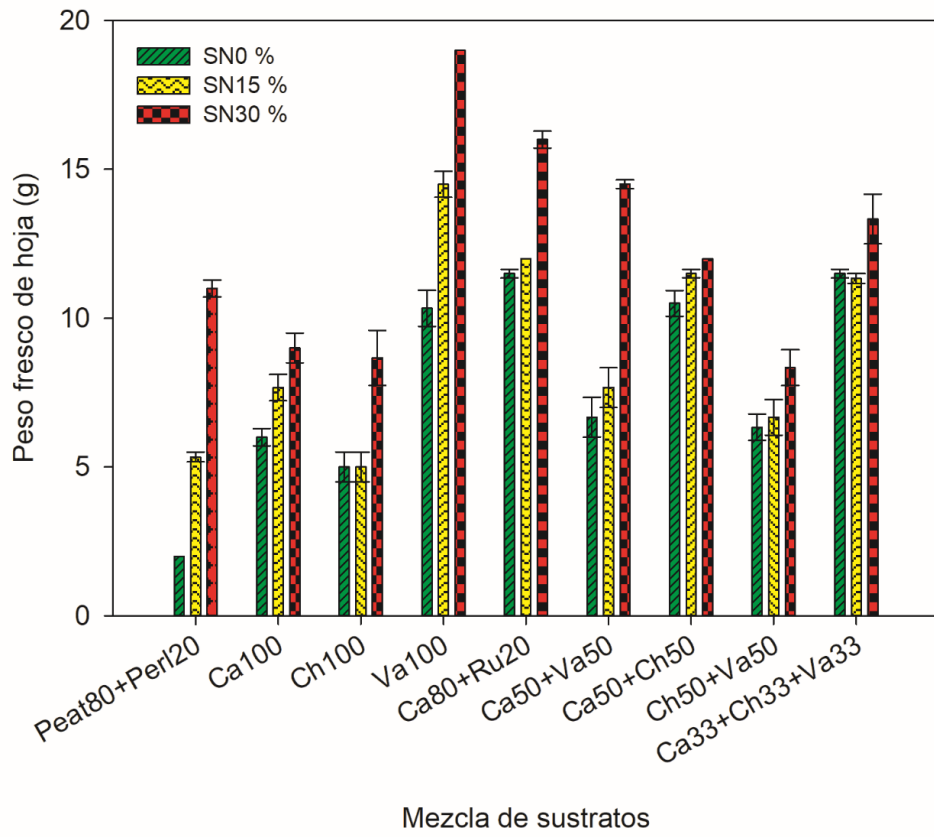
A) Peso Fresco de Raíz



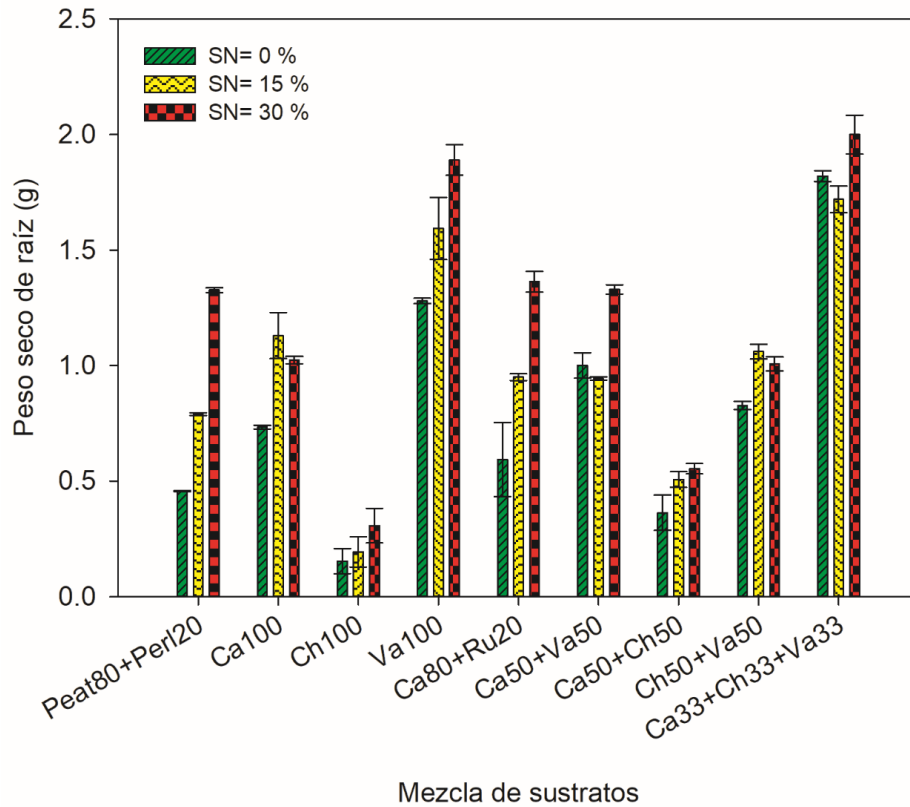
B) Peso Fresco de Tallo



C) Peso Fresco de Hoja



D) Peso Seco de Raíz



E) Peso Seco de Tallo

