

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Determinar la Mezcla Óptima de Vermicompost en la Producción de Plántula de Melón (*Cucumis melo L.*) en Diferentes Genotipos

Por:

LAURA YAMILET PINEDA MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Mayo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Determinar la Mezcla Optima de Vermicompost en la Producción de Plántula
de Melón (*Cucumis melo L.*) en Diferentes Genotipos

Por:

LAURA YAMILET PINEDA MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Asesor Principal



Dr. Fernando Borrego Escalante
Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Mayo, 2024

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Laura Yamilet Pineda Morales

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por brindarme la oportunidad de obtener otro triunfo personal, y darme salud, sabiduría y entendimiento para lograr esta meta, permitiéndome superar obstáculos y alcanzar metas que parecían inalcanzables.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ha sido transformadora y enriquecedora, y estaré eternamente agradecida por el impacto positivo que ha tenido en mi vida y en mi formación profesional.

Al Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza mi asesor, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por apoyarme siempre en todo, por ser un buen maestro, transfiriendo sus conocimientos, por brindarme su amistad, consejos, enseñanzas y paciencia a lo largo de este trabajo de tesis.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante por su apoyo y tiempo brindado en la aportación y revisión del presente trabajo.

Al Dr. Neymar Camposeco Montejo por su aportación en la revisión del presente trabajo y por su tiempo dedicado.

A la MC. Cristina Patricia Aguilar Aranda, por su valiosa colaboración y guía para para la realización de los trabajos de laboratorio realizados en el presente trabajo.

A mis hermanas de corazón Michell Rodríguez y Laura Gonzales que pesar de la distancia, siempre estuvieron para mí.

A mis amigos Brayant Sánchez, Lizbeth Garces, Monserrat García, Yazmín García, Magaly Villeda, Ing.Fabiola Suarez, Gustavo Barrera, Andrés Murillo, Ángel García, Miguel Becerra, Jairo Davalos y Vicente Zarzoza quienes compartieron risas, lágrimas y momentos memorables a lo largo de este camino, gracias por ser mi punto de apoyo, mi equipo de aliento y, lo más importante, la familia que yo elegí.

DEDICATORIA

A mis padres **Abel Pineda y Rocio Morales** no hay palabras suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Gracias por su amor incondicional, paciencia, apoyo y sacrificio para hacer posible mi educación.

A mí, por el arduo trabajo, la perseverancia y la determinación que han hecho posible este logro. Que esta tesis sea un recordatorio constante de mi capacidad para superar desafíos y alcanzar mis metas.

A mi tía **Maribel Morales** por siempre confiar en mí, por sus consejos, por brindarme consuelo en los momentos difíciles y celebrando conmigo en los momentos de triunfo.

A mis hermanos **Miguel Ángel y Rafael** por brindarme su apoyo en todo momento.

A mi sobrino **Iker Matías** desde que llegó a mi vida a sido como una curita al corazón.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS.....	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
HIPOTESIS.....	15
REVISION DE LITERATURA.....	16
Antecedentes y origen del cultivo.....	16
Importancia de la calidad de las semillas	17
Importancia de la producción de plántula.....	17
Ventajas de la producción de plántula.....	18
Producción de plántulas de melón.	20
Sustrato	22
Tipos de sustrato.....	23
Turba	23
Vermicompost	23
Perlita	24
Vermiculita	25
Fibra de coco	25
Tezontle	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Localización del sitio experimental	28
Siembra	28
Descripción de los tratamientos	28
Variables Evaluadas.....	29
Diseño experimental.....	30
Análisis multivariado.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32

Índice de Velocidad de Emergencia	32
Porcentaje de emergencia.....	34
Longitud de plúmula	34
Longitud de raíz.....	35
Diámetro de tallo	38
Numero de hojas	40
Altura	41
Área foliar	43
Peso fresco de la raíz.....	46
Peso fresco de la hoja	46
Peso fresco del tallo	47
Peso fresco de la plántula	48
Peso seco de la raíz	50
Peso seco de la hoja	51
Peso seco del tallo	51
Peso seco de la planta	52
Análisis de componentes principales (ACP)	54
CONCLUSIONES	60
LITERATURA CITADA	61
APENDICE.....	73

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis de varianza de los cuadrados medios para el índice de velocidad de emergencia, emergencia, longitud de plúmula y longitud de raíz en plántulas de melón en condiciones de invernadero.	37
Cuadro 2: Análisis de varianza de los cuadrados medios para el diámetro de tallo, numero de hojas, altura y área foliar en plántulas de melón en condiciones de invernadero.	46
Cuadro 3: Análisis de varianza de los cuadraros medios de materia fresca de cada uno de los órganos de las plántulas de melón en condiciones de invernadero.	50
Cuadro 4: Análisis de varianza de los cuadrados medios de materia seca de cada uno de los órganos de las plántulas de melón en condiciones de invernadero.	54
Cuadro 5: Matriz de correlación de variables de emergencia de semilla, crecimiento vegetativo y biomasa	57
Cuadro 6: Contribución relativa de las variables analizadas en tres componentes principales de tres genotipos de melón en diferentes mezclas de sustrato de turba y vermicompost	58
Cuadro 7: Comparación de medias para genotipo, sustrato e interacción genotipo-sustrato en plántula de melón para las variables: índice de velocidad de emergencia, emergencia, longitud de plúmula y longitud de raíz.	73
Cuadro 8: Comparación de medias para genotipo, sustrato e interacción genotipo-sustrato en plántula de melón para las variables: diámetro de tallo, numero de hojas, altura y área foliar.....	74
Cuadro 9: Comparación de medias para genotipo, sustrato e interacción genotipo-sustrato en plántula de melón para las variables: peso fresco de raíz, peso fresco de hoja, peso fresco de tallo y peso fresco de plántula.	74
Cuadro 10: Comparación de medias para genotipo, sustrato e interacción genotipo-sustrato en plántula de melón para las variables: peso seco de raíz, peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco de plántula.	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	32
Figura 2: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)	33
Figura 3: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de la interacción genotipo-mezcla.....	33
Figura 4: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	36
Figura 5: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)	36
Figura 6: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de la interacción genotipo-mezcla	37
Figura 7: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	39
Figura 8: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$).....	39
Figura 9: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de la interacción genotipo-mezcla	40
Figura 10: Representación gráfica de la variable Altura (ALT), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	42
Figura 11: Representación gráfica de la variable Atura (ALT), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)	42
Figura 12: Representación gráfica de la variable Altura (ALT), de la interacción genotipo-mezcla	43
Figura 13: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	44
Figura 14: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)	45
Figura 15: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de la interacción genotipo-mezcla	45
Figura 16: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)	48

Figura 17: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$).....	49
Figura 18: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de la interacción genotipo-mezcla	49
Figura 19: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$).....	52
Figura 20: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$).....	53
Figura 21: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de la interacción genotipo-mezcla	53
Figura 22: Representación gráfica biplot del análisis de componentes principales de la interacción genotipo*sustrato en diferentes mezclas de turba y vermicompost en plántulas de melón.....	59

RESUMEN

La producción de plántulas demanda considerables cantidades de sustratos a base de turba *Sphagnum* (peat moss), la cual es importada de diferentes países, sin embargo, los costos elevados y explotación no sostenible de esta materia prima han comenzado a restringir su uso. Una alternativa es la mezcla de turba y vermicompost, puede contribuir al reciclaje de estos residuos y aprovechar su contenido de nutrientes. No obstante, para lograr resultados se requiere buscar la proporción correcta de vermicompost en las mezclas destinadas para producción de plántulas de calidad. El objetivo es determinar la mezcla de vermicompost en la germinación y desarrollo de plántulas de melón. Se evaluaron tres genotipos de melón (Megapac, Sunpac y Lariat de HM.Clause) y seis mezclas (Turba 100%, Turba-Vermicompost 80:20, Turba-Vermicompost 60:40, Turba-Vermicompost 40:60, Turba-Vermicompost 80:20 y Vermicompost 100%) para un total de 18 unidades experimentales, bajo un diseño factorial de 6x3 completamente al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos con mejor índice de velocidad de emergencia y longitud de raíz fueron donde se manejó el genotipo Lariat con la mezcla Turba-Vermicompost 60:40, mientras que el mayor diámetro de tallo se observó en plántulas del genotipo Sunpac manejadas con la mezcla Turba-Vermicompost 40:60. Los resultados sugieren que las mezclas de Turba-Vermicompost 60:40 posee características que permiten el desarrollo óptimo de los genotipos de melón.

Palabras clave: Crecimiento, Germinación, Sustratos.

INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas demanda considerables cantidades de sustratos a base de turba *Sphagnum* (peat moss), la cual es importada de diferentes

países (Carballo *et al.*, 2017). Sin embargo, los costos elevados y explotación no sostenible de esta materia prima han comenzado a restringir su uso (Crespo *et al.*, 2018). Una alternativa es la mezcla de turba y vermicompost, puede contribuir al reciclaje de estos residuos y aprovechar su contenido de nutrientes (Delgado *et al.*, 2016). No obstante, para lograr resultados se requiere buscar la proporción correcta de vermicompost en las mezclas destinadas para producción de plántulas de calidad.

En México se siembra en lugares que presentan climas cálidos y escasa precipitación, en el año 2021 se reportaron cerca de 18,000 ha (SIAP, 2022). En el norte del país se localiza la comarca lagunera que comprende los estados de Coahuila y Durango, donde sembraron más de 6 mil ha (SIAP, 2022), donde tradicionalmente, el melón se siembra directamente en el campo. Sin embargo, el alto costo de la semilla y un ciclo vegetativo que se ajusta con dificultad, por su duración, a una época de siembra restringida por las condiciones climáticas, hacen cada vez más común la utilización del trasplante (Preciado *et al.*, 2002), ya que de esta manera el tiempo a cosecha es más corto que el de las plantas sembradas directamente en campo (Dufault, 1994).

La producción de plántula de buena calidad es importante para los productores de diversas hortalizas o viveristas, pues esto mejora el establecimiento del cultivo en campo (Acevedo *et al.*, 2020). La producción de plántulas implica varios factores, pero dos de los más importantes, lo constituyen el sustrato o medio de crecimiento y la nutrición, que se aplique a la plántula (Gaytán *et al.*, 2016). Fundamentalmente de la calidad de la plántula que se use, dependerá la productividad del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2013). Por lo tanto, las plántulas requieren de grandes cantidades de sustratos que en su mayoría son orgánicos y frecuentemente a base de turba de *Sphagnum* (peat moss®) importada principalmente de Canadá, Letonia, Finlandia, Estonia y Holanda (INEGI, 2008), la turba es uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas a nivel mundial, sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las

plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible han comenzado a restringir su uso (Fernández *et al.*, 2006); Berrospe *et al.*, 2012).

El sustrato utilizado en la producción de plántulas tiene cuatro funciones importantes: 1) proveer el agua suficiente a la semilla y posteriormente a la plántula; 2) suministrar los nutrimentos necesarios para el buen desarrollo y crecimiento de la plántula; 3) permitir el buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato; y 4) servir como soporte físico a la plántula (Rodríguez *et al.*, 2010). Además, el sustrato es considerado el componente más sensible en la producción de plántulas ya que cualquier variación en su composición implica la nulidad o irregularidad de la germinación, la malformación de plántulas y la aparición de síntomas de deficiencia o excesos de algunos nutrientes (Santos *et al.*, 2010). Como alternativa a los sustratos comerciales existen diversos tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar para este fin y promover el crecimiento de las plántulas (González *et al.*, 2014). Utilizar sustratos que no empleen turbas, recursos no renovables o que reduzcan su uso, sustituyéndolas en parte por vermicompost, puede contribuir a reciclar estos residuos y aprovechar su contenido en nutrientes (Delgado *et al.*, 2016). Sin embargo, su utilización requiere buscar la proporción correcta de vermicompost en las mezclas para producción plántula.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la mezcla óptima de vermicompost en diferentes genotipos de melón en la germinación y desarrollo de plántulas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar diferentes genotipos y diferente mezcla de sustrato de vermicompost en la germinación de semilla de melón.

Determinar la mezcla de sustrato de vermicompost en el crecimiento de plántulas de melón en diferentes genotipos

HIPOTESIS

H₁: Al menos alguna mezcla evaluada con vermicompost en diferentes genotipos presentará parámetros superiores al sustrato comercial.

H₀: La mezcla de vermicompost en los diferentes genotipos de melón no presentara diferencias en la germinación y crecimiento de plántula de melón respecto al sustrato comercial

REVISION DE LITERATURA

Antecedentes y origen del cultivo

África es considerado el centro de origen del melón, por la frecuente ocurrencia de especies silvestres de *Cucumis*, además de la presencia de plantas silvestres de *Cucumis melo* en el este de África tropical y en el sur del desierto del Sahara, sin embargo, otros autores señalan su origen en el oeste de Asia, por los descubrimientos arqueológicos del Valle Harapan en la India, con vestigios de semillas que datan de unos 2500 a 2000 años antes de Cristo, aunque la mayoría de los autores se inclinan hacia un origen africano (Bisognin *et al.*, 2002)..

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Subfamilia: Cucurbitoideae

Tribu: Benincaseae

Género: *Cucumis*

Especie:

Cucumis melo L.,

1753

Importancia de la calidad de las semillas

Para todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla a sembrar para procurar el éxito (Fonseca *et al.*, 2023). La semilla es el material de partida para la producción (Caviedes, 2019). Es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa para alcanzar el máximo rendimiento (Fonseca *et al.*, 2023).

La semilla mejorada es tecnología con un valor estratégico ya que permite obtener mayor eficiencia productiva de los recursos: tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, (Merizalde2010). Es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, dado que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca superior a ella (Doria 2010). Si bien a través de prácticas post cosecha, como el secado, acondicionamiento y limpieza de las semillas, es posible mejorar la calidad física de la semilla cosechada, siempre es necesario evaluar la relación costo beneficio. Por lo tanto, podemos afirmar que, suelo más fértil, agua abundante, mejores productos fitosanitarios, pierden su valor en ausencia de una buena semilla, que tiene una posición clave para incidir en la producción. Las evidencias empíricas han demostrado que las semillas de buena calidad permiten obtener buenos resultados, mientras que lo contrario conduce a resultados insatisfactorios o fracasos.

Importancia de la producción de plántula

El éxito en la producción de plántulas implica varios factores, pero dos de los más importantes, lo constituyen el sustrato o medio de crecimiento y la nutrición, que se aplique a la plántula (Gaytán *et al.*, 2016). La calidad de la plántula que se utilice es un factor fundamental que influye de manera significativa en la productividad del cultivo. Una plántula de alta calidad tiene un sistema radicular bien desarrollado, un crecimiento vigoroso, una estructura

foliar saludable y una resistencia adecuada a enfermedades y condiciones ambientales adversas. Estas características aseguran un establecimiento rápido y exitoso en el campo, lo que a su vez contribuye a un rendimiento óptimo durante la fase de producción. (Rodríguez *et al.*, 2013).

Ventajas de la producción de plántula

Según Abril, M. (2017). en la gestión agrícola, la elección de métodos eficientes para la producción de plántulas es crucial para asegurar un rendimiento óptimo en el campo. En este sentido, el uso de bandejas para la siembra de plántulas emerge como una estrategia innovadora que ofrece una serie de ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de semilleros. A continuación, se detallan los beneficios que este enfoque proporciona:

- **Mejor Planificación de Siembras:**

Contar con la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar permite una planificación precisa de las actividades agrícolas en el campo. Esta precisión contribuye a optimizar los recursos disponibles y a maximizar la eficiencia en el proceso de siembra y trasplante (Rodríguez *et al.*, 2007)

- **Ahorro de Semillas:**

Los semilleros tradicionales suelen requerir un excedente de semillas para compensar las pérdidas causadas por la mala germinación y la calidad variable de las plántulas Sánchez, (2004). En contraste, el uso de bandejas permite un control más preciso de la germinación (Higuera *et al.*, 2023) y, por lo tanto, una reducción significativa en el uso de semillas, lo que se traduce en ahorros económicos y una gestión más sostenible de los recursos.

- **Desarrollo Uniforme:**

Jaramillo *et al.*, (2006) destaca que la densidad de siembra constante en las bandejas promueve un desarrollo uniforme de las plántulas, garantizando que cada una reciba una cantidad equitativa de sustrato, agua, luz y nutrientes. Este equilibrio favorece el crecimiento homogéneo de las plantas, lo que facilita las labores de manejo y cosecha en el campo.

- Calidad de Plántulas:

El espacio individual proporcionado a cada planta en las bandejas permite un desarrollo óptimo de las raíces, sin competencia con otras plantas. Este ambiente propicio favorece la formación de sistemas radiculares fuertes y saludables, lo que se traduce en plántulas de alta calidad con un potencial de crecimiento óptimo en el campo.

- Desarrollo Radicular Dirigido:

El diseño de las bandejas facilita un excelente desarrollo radicular, con raíces secundarias bien formadas que se dirigen hacia abajo siguiendo la estructura de las bandejas (Jaramillo *et al.*,2006). Este comportamiento radicular minimiza el enmarañamiento de las raíces y asegura una correcta sujeción de las plántulas al suelo durante el trasplante, lo que reduce el estrés post-trasplante y favorece una rápida adaptación al ambiente exterior.

- Ahorro de Área de Vivero:

El uso de bandejas permite una mayor densidad de siembra en comparación con los semilleros tradicionales, lo que reduce la cantidad de espacio requerido en el vivero. Esta optimización del espacio no solo reduce los costos de producción, sino que también facilita la gestión y el manejo de las plántulas durante su periodo de crecimiento en el vivero.

- Ahorro de Sustrato:

Las bandejas requieren una cantidad significativamente menor de sustrato en comparación con los semilleros tradicionales, lo que se traduce en ahorros económicos y una gestión más eficiente de los recursos. Además, el diseño

compacto y rígido de las bandejas facilita el llenado y la manipulación del sustrato, lo que reduce el tiempo y el esfuerzo requerido en el proceso de siembra.

- Fácil Remoción:

El diseño de las bandejas permite una extracción fácil y sin daños de las plántulas durante el trasplante al campo. Esta característica minimiza el estrés de las plantas y reduce el porcentaje de pérdidas durante el proceso de trasplante, lo que contribuye a una tasa de supervivencia más alta y a un establecimiento más rápido en el campo.

- Bandejas Higiénicas y Esterilizables:

Las bandejas pueden ser desinfectadas fácilmente para reducir el riesgo de infecciones por hongos y bacterias, lo que contribuye a la salud y la calidad de las plántulas. Esta capacidad de esterilización garantiza un ambiente higiénico y seguro para el desarrollo de las plántulas, lo que minimiza los riesgos de enfermedades y aumenta la productividad en el vivero.

- Aumento en la Rotación del Cultivo y de Áreas en Campo:

El rápido desarrollo y la alta calidad de las plántulas producidas en las bandejas permiten una mayor rotación de cultivos y áreas en el campo. Este incremento en la rotación no solo contribuye a la diversificación de cultivos y a la gestión sostenible de los suelos, sino que también aumenta la productividad y la rentabilidad del sistema agrícola en su conjunto.

El uso de bandejas para la siembra de plántulas representa una estrategia innovadora y altamente beneficiosa para optimizar la producción agrícola.

Producción de plántulas de melón.

Tradicionalmente, el melón se siembra directamente en el campo (Rangel *et al.*, 2022). Sin embargo, el alto costo de la semilla y un ciclo vegetativo que se ajusta con dificultad, por su duración, a una época de siembra restringida por

las condiciones climáticas, hacen cada vez más común la utilización del trasplante, ya que de esta manera el tiempo a cosecha es más corto que el de las plantas sembradas directamente en campo (Dufault, 1994); además, existe la posibilidad de adelantar la época de la cosecha. Los factores que afectan el desarrollo vegetativo y el crecimiento de las plántulas al ser establecidas en campo son: el tamaño del contenedor de la raíz (Armenta, 1998), la nutrición de las plántulas antes y después del trasplante (Weston *et al.*, 1989; Armenta, 1998), la edad de la planta y las condiciones de manejo de estas (Leskovar *et al.*, 1991). El desarrollo de plántulas vigorosas con un crecimiento radical profuso es un requisito para el trasplante, ya que les permite reponerse sin síntomas aparentes del estrés causado al ser establecidas en campo y reanudar su desarrollo normal. La nutrición apropiada a partir de la siembra contribuye, en gran medida, al desarrollo de plántulas vigorosas (Dufault, 1986) y es uno de los factores más importantes en la producción de plántulas, en donde el nitrógeno y el potasio son los nutrimentos requeridos en mayor cantidad (Marschner, 1995), especialmente en las etapas tempranas de crecimiento (Steiner, 1973). El estado nutrimental de las plántulas en el momento del trasplante influye en el establecimiento y promueve una producción temprana (Schultheis *et al.*, 1994). En un programa nutrimental para esta etapa fenológica deben evitarse dosis excesivamente altas de N, ya que, aunque favorecen un mayor peso seco del tallo, disminuyen el de la raíz (Tremblay *et al.*, 1989) e incrementan el estrés de las plántulas, al ser trasplantadas en campo (Schultheis *et al.*, 1994). En cambio, dosis relativamente altas de K incrementan el diámetro del tallo y la altura de planta, sin disminuir el peso seco de la raíz (Tremblay *et al.*, 1988). Con relación a la fertilización de plántulas de melón desde la siembra hasta su trasplante, Armenta (1998) señaló para plántulas de tomate que, mediante un incremento gradual en la concentración de la solución nutritiva, se obtiene mayor producción de biomasa y un contenido nutrimental mayor.

Sustrato

Los sustratos o medios de crecimiento tienen como objeto proveer de soporte físico a las plántulas, así como proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces (Pire *et al.*, 2003). Los sustratos pueden contribuir a la intensificación de la producción hortícola y de este modo proveer altos rendimientos en la cosecha, incluso en áreas con condiciones cada vez más adversas (Ansorena, 1994). La superioridad teórica de los sustratos con respecto a los suelos está demostrada en la práctica y actualmente la mayor parte de los cultivos hortícolas de invernaderos en los países más tecnificados de Europa se producen sobre sustratos (Van Schie, 1999).

Las características fisicoquímicas de los sustratos son importantes para la producción de plántulas e inciden en el crecimiento y desarrollo de estas, es por eso que debe poseer buenas propiedades que posibiliten su uso, además con anterioridad deben ser evaluados para identificar aquéllos que presenten características aceptables (López *et al.*, 2013).

Para lograr las propiedades adecuadas en los sustratos, deben combinarse materiales orgánicos e inorgánicos, que sean capaces de brindar soporte físico y nutrimental adecuado para producir plántulas a gran escala y de calidad (Pérez *et al.*, 2017). En las últimas dos décadas, el uso de sustratos comerciales inertes se ha implementado en la producción de tomate en invernadero, en la mayoría de los casos se utilizan sustratos que han generado dependencia tecnológica, costos de producción elevados y agotamiento acelerado de los recursos naturales (Nava *et al.*, 2019).

La calidad de las plántulas obtenidas dependerá del tipo de sustrato a utilizar y de sus características físico-químicas, ya que el desarrollo y funcionamiento de las raíces están determinadas por las condiciones de aireación y el contenido de agua, además de la influencia que estos factores tienen sobre el suministro de los nutrientes necesarios (García *et al.*, 2001).

Tipos de sustrato

Turba

La turba es un material orgánico difícilmente renovable que proviene de la descomposición natural de los residuos vegetales que caen sobre el suelo, descomponiéndose lentamente durante cientos de años. La turba provee características óptimas como medio de crecimiento para las plantas, por lo que ha sido explotado en forma comercial principalmente en países de clima templado (Arenas *et al.*, 2002). Sus características particulares le han permitido ocupar un lugar importante como medio de crecimiento diferente del suelo; convirtiéndose en factor de desarrollo para el sector hortícola durante los últimos años (Abad *et al.*, 2000).

Es uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas a nivel mundial, sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible han comenzado a restringir su uso (Fernández *et al.*, 2006). En México, el principal sustrato para la germinación de plántulas de tomate verde es el cosmopeat, una turba importada de alto costo económico (García *et al.*, 2001), que en ocasiones no está al alcance de muchos campesinos.

Vermicompost

El vermicompost es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas, con el que se obtiene un producto final estabilizado (Vargas, 2010; Moreno *et al.*, 2014). El vermicompost se ha utilizado para aprovechar las excretas de animales como sustrato para las lombrices y generar fertilizantes orgánicos, mejorar los suelos y estimular la producción de los cultivos (Morales *et al.*, 2009).

El vermicompost muestra un alto contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio (Lee *et al.*, 2018). El

vermicompost es un fertilizante orgánico altamente beneficioso y un excelente mejorador de suelos (Díaz *et al.*, 2022), y tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas, rendimiento, fertilidad y microorganismos del suelo (Tharmaraj *et al.*, 2011). Su estructura porosa proporciona una buena aireación y drenaje en el suelo, ayudando al desarrollo de las raíces y previniendo problemas de encharcamiento (Sánchez *et al.*, 2006). Además, su capacidad para retener agua contribuye a mantener niveles óptimos de humedad para las plantas (Rojo *et al.*, 2023). Por último, el vermicompost ofrece numerosos sitios para la actividad microbiana, lo que ayuda a descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes disponibles para las plantas, mejorando así la salud general del suelo (Villegas *et al.*, 2017). Se ha demostrado que el vermicompost tiene un impacto positivo en el crecimiento de las plantas, la germinación y el rendimiento en diversas especies vegetales (Ilie *et al.*, 2021).

La combinación de la turba y vermicompost en un sustrato de cultivo tiene un impacto positivo; la turba a menudo mejora la aireación y la retención de agua y el vermicompost mejora el contenido nutrimental de un sustrato (Zaller, 2007). Además, los subproductos orgánicos y el vermicompost tienden a tener propiedades de aireación y porosidad comparables a la turba, pueden funcionar como sustitutos ideales en los sustratos de propagación (Ramírez, 2003). El vermicompost puede tener propiedades físicas, propiedades fisicoquímicas y químicas similares a la turba que las hacen adecuadas como sustitutos de la turba, estas propiedades incluyen una alta porosidad, capacidad de retención de agua y nutrientes, así como un pH neutro o ligeramente ácido (López *et al.*, 2013).

Perlita

La perlita es un material mineral inerte que se produce al calentar a altas temperaturas el silicio volcánico. Este proceso provoca la expansión del material y la creación de pequeñas cavidades, resultando en un producto

granulado de baja densidad (Fiat *et al.*, 2010). La perlita es ampliamente utilizada en la horticultura, la agricultura y la construcción debido a sus características únicas (Sánchez *et al.*, 2008). Por ejemplo, su estructura porosa permite retener agua y airear el suelo, lo que la hace ideal como medio de cultivo (de Santana Gomes, 2009). Esta característica es de suma importancia para el desarrollo saludable de las plantas, ya que garantiza un suministro constante de agua y nutrientes esenciales (Salto *et al.*, 2016).

Vermiculita

La vermiculita es un mineral de origen aluminoso con alto contenido de magnesio, formado a través de un proceso de hidratación de minerales como la biotita o la flogopita (Luque *et al.*, 1986). Inicialmente, se presenta en terrones de gran tamaño, pero para su uso comercial se reduce a muestras micrométricas mediante tamizado (Cueto, 2019). Este material posee dos capas de agua relacionadas con los cationes intercalados en su estructura, y su capacidad de retener humedad está influenciada por factores como la humedad relativa y la temperatura del entorno, estas características, la vermiculita se ha destacado como un sustrato efectivo en la producción de hortalizas. (Di Benedetto *et al.*, 2000).

Fibra de coco

La fibra de coco, al igual que la turba, es un sustrato orgánico y biodegradable, pero su velocidad de descomposición es mucho más lenta que la de la turba, lo que le permite conservar sus propiedades físicas iniciales durante períodos prolongados (Torres *et al.*, 2017). Esta capacidad de mantener su estructura a lo largo del tiempo ha contribuido a su éxito desde que comenzó a ser utilizada, ya que ha demostrado proporcionar resultados positivos en el cultivo de plantas (García *et al.*, 2019).

La fibra de coco es un sustrato muy utilizado en el cultivo de plantas, y esto se debe a las múltiples ventajas que ofrece (Quintero *et al.*, 2011). Su

característica fibrosa le confiere una lenta tasa de degradación, lo que significa que mantiene sus propiedades de aireación e hidratación a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta, esta estabilidad es fundamental para proporcionar un entorno óptimo para el desarrollo de las raíces y, por ende, para el crecimiento saludable de las plantas (Jerez, 2007; Estupiñan *et al.*, 2019). La fibra de coco es un material que tiene una alta absorción de solución nutritiva, que es fácilmente asimilable por la planta gracias a su pH ácido (Estupiñan *et al.*, 2019).

La fibra de coco es un material que tiene la capacidad de recuperar su retención hídrica y su textura después de sufrir condiciones extremas de secado. Los sustratos de coco son ampliamente utilizados en una gran variedad de cultivos tanto en exterior como invernadero (Estupiñan *et al.*, 2019).

Tezontle

El tezontle es, de hecho, un material mineral de origen volcánico ampliamente utilizado en la agricultura mexicana, especialmente como medio de cultivo para plantas. En México es de los más utilizados como medio de crecimiento, se ha estudiado en la producción de hortalizas desde hace unos 20 años (Ojo de agua *et al.*, 2008) incluso también es muy utilizado en la producción de flores (Vargas *et al.*, 2008) y plantas ornamentales (Rodríguez *et al.*, 2013). A pesar de ello, el tezontle es uno de los sustratos menos conocidos en cuanto a sus características físicas y químicas (San Martín *et al.*, 2012).

En general, es un material considerado inerte desde el punto de vista químico, cuyo extracto de saturación contiene un pH próximo a la neutralidad, lo que lo hace adecuado para una amplia variedad de plantas, su capacidad de intercambio catiónico es muy baja, tiene buena aireación; tiene poros de empaquetamiento simple y vesículas, presenta una proporción variable de porosidad interna, que incluye a los poros cerrados, por lo tanto este tipo de porosidad facilita su manejo con respecto al traslado, cribado y llenado de contenedores al

disminuir su porosidad aparente, sin embargo, su estructura porosa proporciona una excelente aireación para las raíces de las plantas, lo que promueve un crecimiento saludable (Rodríguez *et al.*, 2013). La retención de humedad del tezontle depende de su tamaño de partícula (Bastida, 1999).

El tezontle ofrece la ventaja de poder ser reutilizado en la producción hidropónica. Esta característica no solo promueve la conservación de materiales, sino que también conlleva una reducción de los costos de producción (Rodríguez *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el invernadero no. 2 perteneciente al departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, sus coordenadas geográficas son 25° 22' N; 101° 00' O, con altitud de 1754 msnm.

Siembra

La siembra se realizó el día 23 de septiembre del 2022 en charolas de poliestileno expandido de 80 cm de largo por 25 cm de ancho y 8 cm de profundidad con 200 cavidades, con una plántula por cavidad.

Descripción de los tratamientos

Material genético

Para la realización del experimento se empleó semilla de los genotipos: Megapac, Sunpac y Lariat de la empresa HM. Clause.

Sustratos

Se diseñaron seis mezclas distintas, cada una con proporciones específicas de turba y vermicompost, abarcando desde una turba pura hasta un vermicompost puro. Las mezclas fueron preparadas de la siguiente manera: turba 100%, turba-vermicompost 20:80, turba-vermicompost 40:60, turba-vermicompost 60:40, turba-vermicompost 80:20, vermicompost 100%.

Variables Evaluadas

Índice de Velocidad de Emergencia (IVE), está relacionada con el vigor de la semilla, a partir de la totalidad de la unidad experimental (200 cavidades por contenedor) se determinó el Índice de Velocidad de Emergencia (IVE), calculado mediante la propuesta de Maguire (1962), a partir de conteos de cavidades de contenedores con plántulas emergidas realizados diariamente desde el tercer día hasta los doce días después de siembra.

Porcentaje de emergencia (% PE). Se realizó el conteo de plántulas emergidas a los 14 días después de la siembra.

Longitud de plúmula (mm, LP) se midió con un vernier.

Diámetro de tallo (mm, DT) Se evaluó con un vernier, los días 28 días después de siembra.

Número de hojas (NH) se determinó a los 28 días.

Altura (cm, ALT). Se midió desde la base del tallo o cuello de la plántula hasta el ápice.

Peso fresco de plántula (g, PFP). Las plántulas extraídas de las charolas se limpiaron de sustrato adherido en la raíz y se pesaron en una balanza digital.

Peso seco de plántula (g, PSP). Las plántulas se secaron en estufa a 70 °C durante 72 h, posteriormente se pesaron en una balanza analítica.

Peso fresco y seco de hojas, tallo y raíz (g). Se separaron las hojas, tallos y raíz para obtener el peso fresco de hoja (PFH), tallo (PFT) y raíz (PFR), y peso seco de hoja (PSH), tallo (PST) y raíz (PSR), con el propósito de observar la distribución de la materia seca en estos órganos. Los órganos de las plántulas se pesaron después de extraerse de la charola, en una balanza digital, para evitar pérdida de peso por deshidratación; el secado de las estructuras se realizó en estufa a 70 °C durante 72 h.

Área foliar (cm², AF) se midió con el equipo Li-Cor modelo 1300.

Longitud de la raíz (cm, LR) se utilizó una regla.

Diseño experimental

El experimento fue evaluado bajo un diseño factorial de 6x3 completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza utilizando el software Minitab V19, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un valor de significancia de $p \leq 0.05$.

Este diseño permitió analizar el efecto de las diferentes proporciones de turba y vermicompost en el crecimiento de las plantas durante el ciclo otoño-invierno de 2022.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = variable respuesta

μ = media general

β_k = efecto de los bloques

A_i = efecto de los niveles del Genotipo

B_j = efecto de los niveles del Mezcla

AB_{ij} = efecto de la interacción

E_{ijk} = error experimental

Análisis multivariado

Cálculo de los componentes principales

Se considera una serie de variables (x_1, x_2, \dots, x_p) sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de

variables y_1, y_2, \dots, y_p , no correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada y_j (donde $j = 1, \dots, p$) es una combinación lineal de las x_1, x_2, \dots, x_p variables originales, es decir:

$$Y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = a_j x$$

Siendo $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ un vector de constante, y

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

Si lo que se desea es maximizar la varianza, una forma simple podría ser aumentar los coeficientes a_{j1} . Por ello, para mantener la ortogonalidad de la transformación se impone que el módulo del vector $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ sea

$$a_j a_j = \sum_{k=1}^p a_{kj}^2 = 1$$

El primer componente se calcula eligiendo a_1 de modo que y_1 tenga la mayor varianza posible, sujeta a la restricción de que $a_1 a_1 = 1$. El segundo componente principal se calcula obteniendo a_2 , de modo que la variable obtenida y_2 no este correlacionada no esté correlacionada con y_1 .

Del mismo modo se eligen y_1, y_2, \dots, y_p , no correlacionados entre sí, de manera que las variables aleatorias obtenidas vayan teniendo cada vez menor varianza.

Para la comparación de medias se empleó la prueba Tukey ($P \leq 0.01$ y 0.05), (Steel y Torrie 1980)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Velocidad de Emergencia

El análisis de varianza (Cuadro 1) realizado para la variable índice de velocidad de emergencia mostro diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos y mezcla, pero no hubo diferencias significativas en la interacción genotipo-mezcla, el coeficiente de variación fue de 7.56% indicando una alta confiabilidad de los resultados obtenidos.

En la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$), en la (Figura 1), se muestra el comportamiento de los genotipos. El genotipo con mejor índice de velocidad de emergencia fue el Lariat con un valor de 9.91, y la mejor mezcla es Turba-Vermicompost 80:20 con un valor de 11.47, (Figura 2), y en la interacción el mejor es Lariat Turba- vermicompost 60:40 (Figura 3) con un valor de 12.13. La vermicompost tiene efectos como precocidad en la germinación y el desarrollo, y una producción mayor (Prasanna *et al.*, 2012).

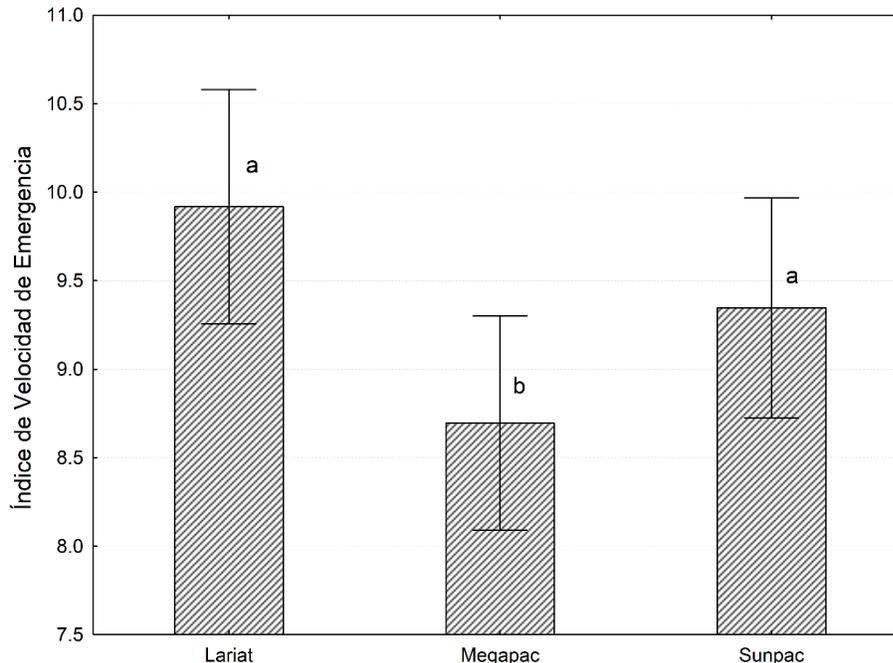


Figura 1: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

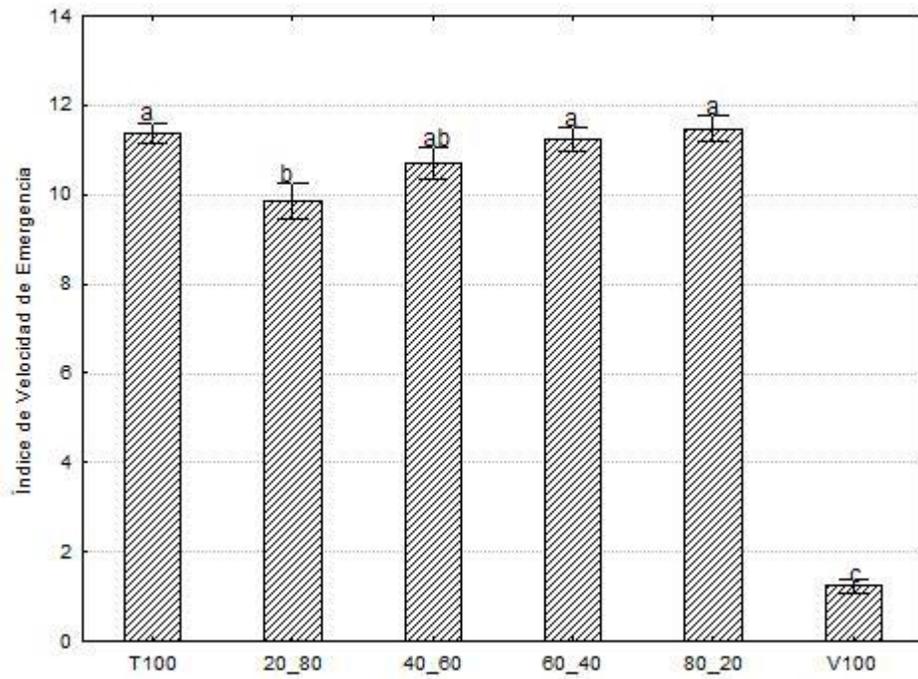


Figura 2: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

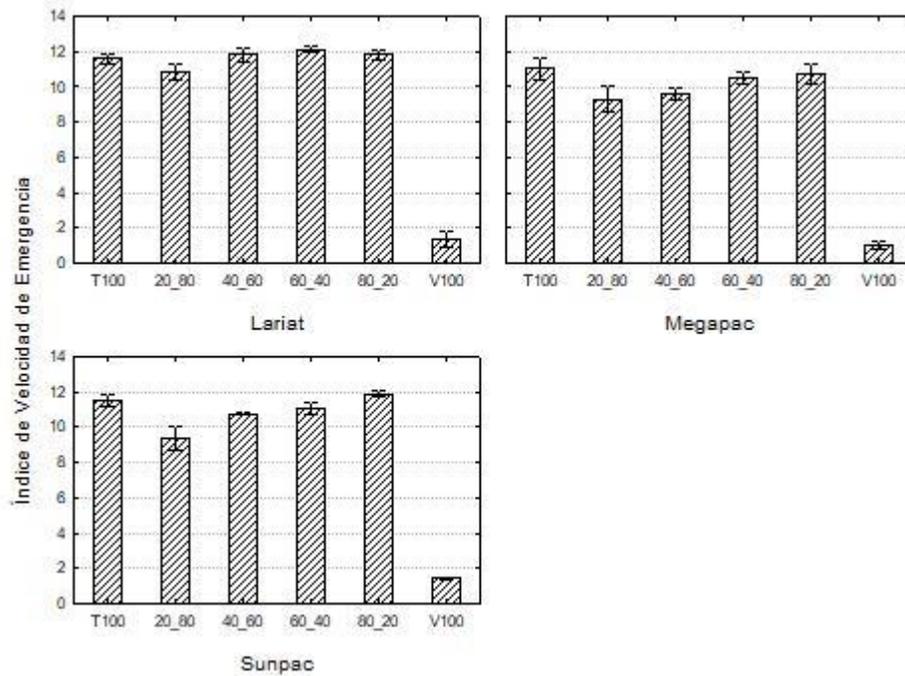


Figura 3: Representación gráfica de la variable índice de velocidad de emergencia (IVE), de la interacción genotipo-mezcla.

Porcentaje de emergencia

En los datos obtenidos (Cuadro 1) se observó que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre las mezclas, pero no hubo diferencias significativas entre los genotipos y la interacción genotipo-mezcla, el coeficiente de variación fue de 4.27% indicando una alta confiabilidad de los resultados obtenidos.

En la comparación de Tukey ($p \leq 0.05$) Cuadro 7, las mezclas Turba-Vermicompost 80:20, Turba-Vermicompost 60:40, Turba-Vermicompost 40:60, Turba-Vermicompost 20:80 y Turba 100% mostraron los porcentajes de emergencia más altos, con valores desde 96.66% hasta 98.88%, diferentes a la Vermicompost 100% con 13.88%.

En la interacción genotipo-mezcla, Lariat-Turba 100%, Megapac-Turba-Vermicompost 40:60, Sunpac-Turba 100% y Sunpac-Turba-Vermicompost 80:20 fueron los que tuvieron un 100% de germinación, la vermicompost puede favorecer la germinación y acortar el tiempo de producción de plántulas (Chanda *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2017). El genotipo con el menor porcentaje de germinación fue Megapac-Vermicompost 100% con un valor del 10%.

Longitud de plúmula

El análisis de varianza (Cuadro 1) realizado para la variable longitud de plúmula mostró que existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos, las mezclas y la interacción entre genotipo-mezcla tiene diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Además, se encontró un coeficiente de variación del 4.66%, lo que indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos. Según la prueba de comparación de Tukey ($p \leq 0.05$), el genotipo que exhibió la mejor longitud de plúmula fue Sunpac con 17.55 mm con la mezcla Turba-Vermicompost 60:40, con un valor de 18.70 mm. En cuanto a la interacción genotipo-mezcla, destacando la interacción Sunpac-Turba-Vermicompost 60:40 con la longitud de la plúmula

de 22.73 mm. Lo que sugiere que Sunpac, cuando se cultiva en una mezcla de 60% turba y 40% vermicompost, produce plántulas con una longitud de plúmula significativamente mayor en comparación con otras combinaciones.

Longitud de raíz

De acuerdo con los datos obtenidos en la variable longitud de raíz y al realizar el análisis de varianza, cuyos resultados se presentan en la (Cuadro 1) se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre las mezclas, para los genotipos y la interacción genotipo-mezcla no hubo diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 6.21% indicando una alta confiabilidad de los resultados obtenidos. En cuanto a la comparación de medias realizada mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en la Figura 4 se identificó que el genotipo con la longitud de raíz más destacada fue el Lariat con un valor de 9.18 cm, debido a que el vermicompost como sustrato promueve el crecimiento de la raíz, plantas vigorosas y con un volumen mayor de raíces (Nava *et al.*, 2019). Por otro lado, la mejor mezcla de sustrato fue Turba-Vermicompost 60:40 (Figura 5), con un valor de 11.93 cm, la mejor interacción-mezcla es Lariat-Turba-Vermicompost 60:40 con un valor de 14.83cm (Figura 6). También se ha comprobado que la combinación de la turba y vermicompost favorece la longitud de las raíces de las plantas (Lizaola *et al.*, 2003).

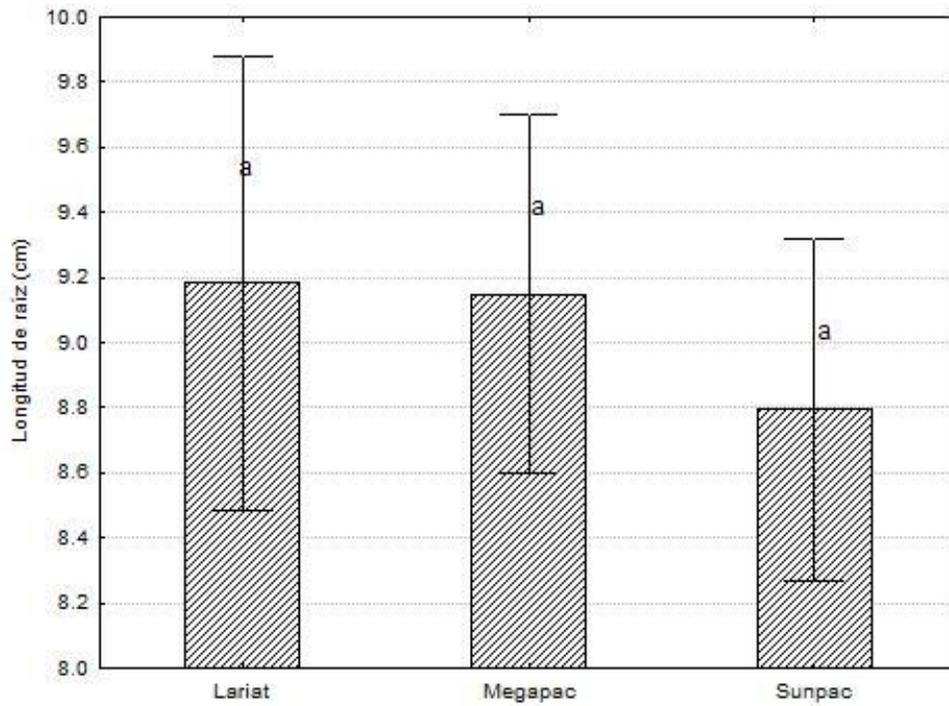


Figura 4: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

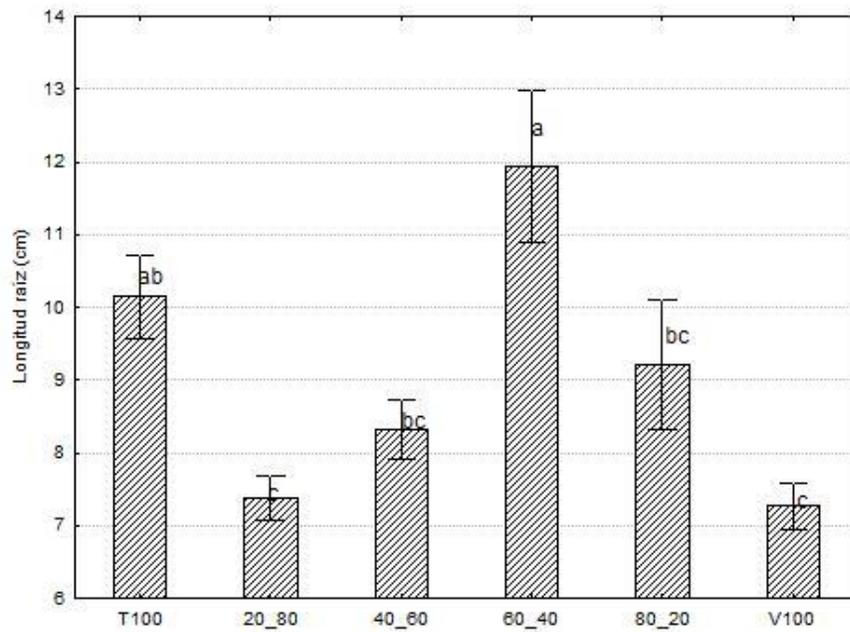


Figura 5: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

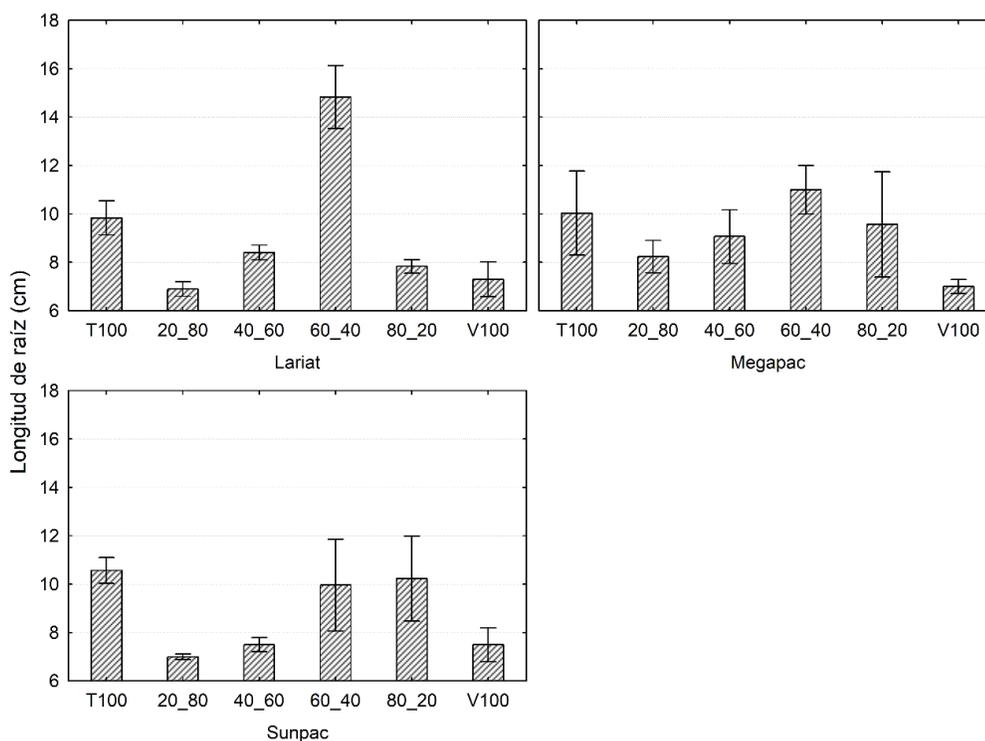


Figura 6: Representación gráfica de la variable Longitud de raíz (LR), de la interacción genotipo-mezcla

Cuadro 1: Análisis de varianza de los cuadrados medios para el índice de velocidad de emergencia, emergencia, longitud de plúmula y longitud de raíz en plántulas de melón en condiciones de invernadero.

FV	GL	IVE.	EME	LP	LR
Genotipos	2	6.73**	19.90ns	84.31**	0.84ns
Mezcla	5	144.05**	10619.40**	82.40**	28.88**
Genotipo*Mezcla	10	0.58ns	8.20ns	8.08*	5.52ns
Error	36	0.49	15.30	3.30	3.51
Valor Min		1.00	10.00	7.56	6.90
Media		9.29	83.89	15.18	9.11
Valor Max		12.13	100.00	22.74	14.83
CV%		7.56	4.27	4.66	6.21

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **IVE:** índice de velocidad de emergencia; **EME:** porcentaje de emergencia; **LP:** longitud de plúmula; **LR:** longitud de raíz; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

Diámetro de tallo

Los resultados del análisis de varianza para la variable del diámetro del tallo, presenta diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los Genotipos y Mezclas, en la interacción Genotipo*Mezcla presenta diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Los Genotipos como las Mezclas, y su interacción conjunta, ejercen un impacto significativo sobre el diámetro del tallo, el coeficiente de variación fue de 1.23% (Cuadro 2). En la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) Cuadro 8, se identificó que el genotipo con el mayor diámetro de tallo fue el Sunpac con un valor de 2.95 mm (Figura 7), el grosor de tallo es un indicador del estado vigoroso de una plántula ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales pueden trasladarse a los sitios de demanda (Parra *et al.*, 2010). Por otro lado, en la Figura 8 se muestra que la mejor mezcla fue Turba-Vermicompost 40:60 con un valor de 3.21mm. La mejor interacción fue Sunpac-Turba-Vermicompost 40:60 con un valor de 3.44mm (Figura 9). Estos resultados apuntan hacia una variación significativa en el diámetro del tallo entre los genotipos evaluados, destacando la influencia del sustrato en esta variable.

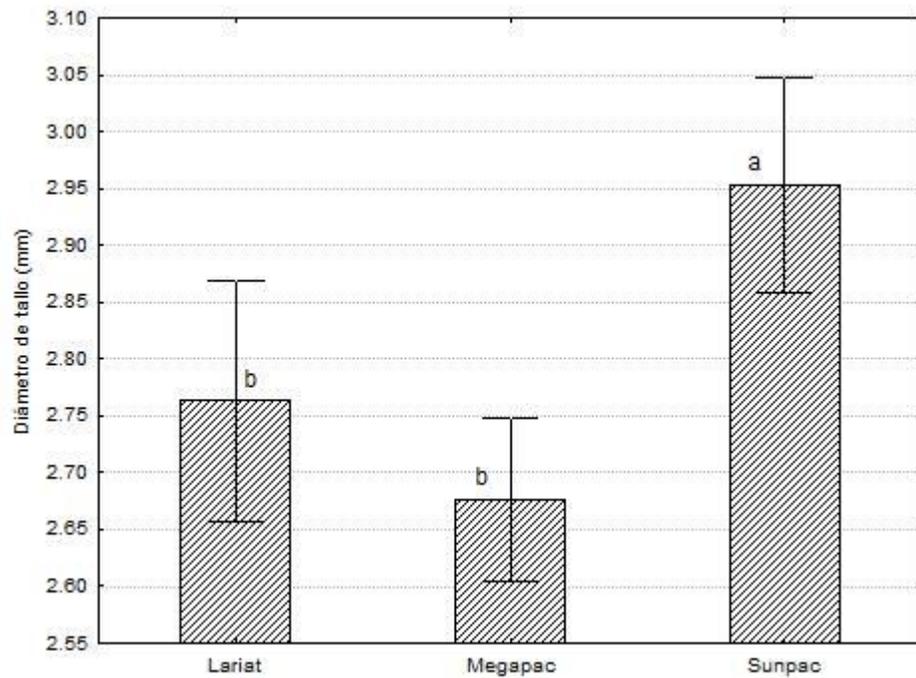


Figura 7: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

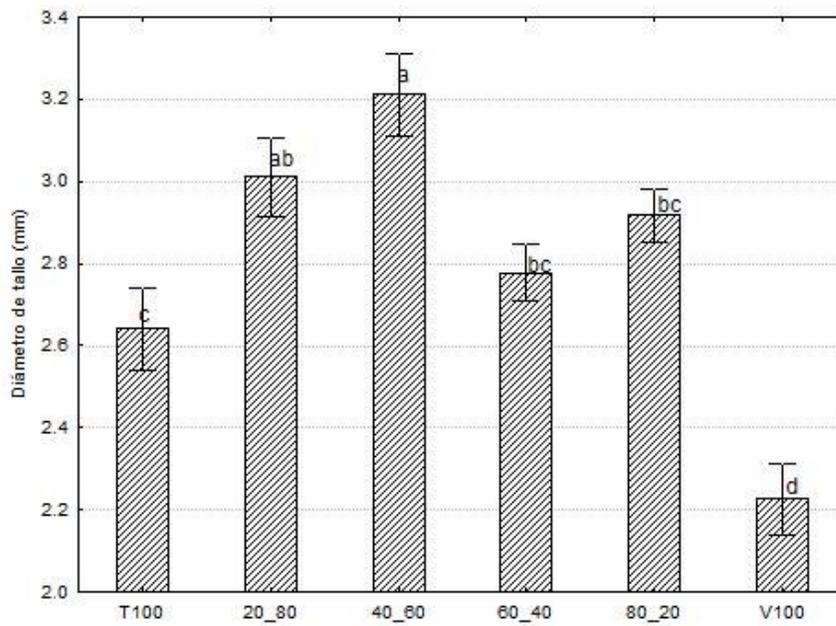


Figura 8: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

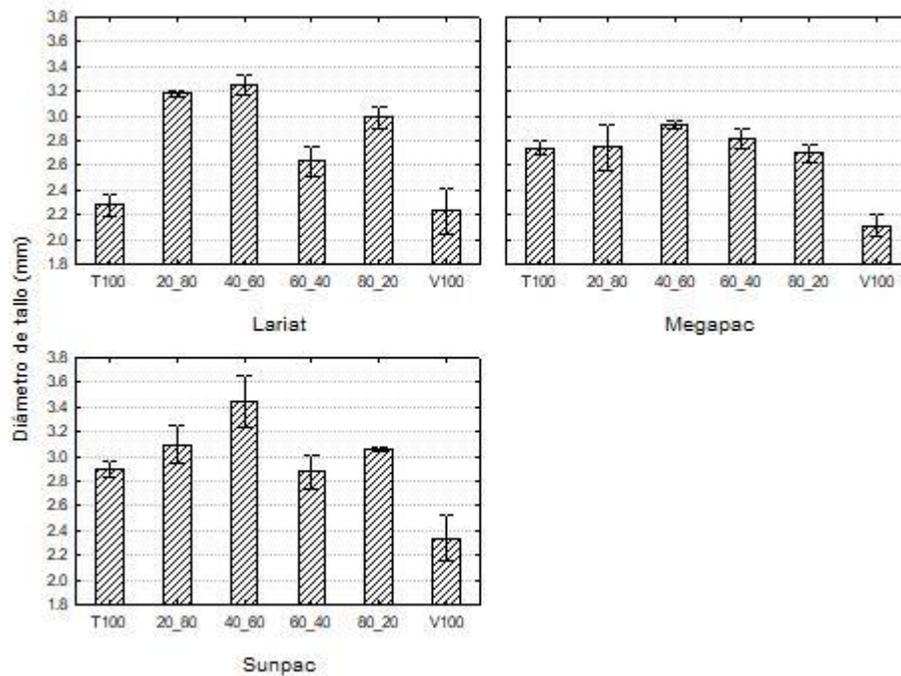


Figura 9: Representación gráfica de la variable Diámetro de tallo (DT), de la interacción genotipo-mezcla

Numero de hojas

En el análisis de varianza para la variable número de hojas (Cuadro 2), mostré diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) en las mezclas, pero no hubo diferencias significativas en los Genotipos y la interacción genotipo-mezcla, el coeficiente de variación fue de 1.48%. En el análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se identificó que las mezclas Turba-Vermicompost 40:60 mostró el mayor número de hojas, con un valor de 1.77, en cuanto a la interacción genotipo-mezcla las combinaciones Megapac Turba-Vermicompost 40:60 y Megapac Turba-Vermicompost 20:80 presentan el mayor número de hojas con dos hojas presentes, la mezcla ejerció una influencia en el número de hojas, trabajos realizados en la producción de plántulas de chile utilizando vermicompost y turba aumento el número de hojas de la planta de chile (López *et al.*, 2013)

Altura

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2) para la variable de altura revelaron la presencia de diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) en los genotipos y mezclas, en la interacción entre Genotipo*Mezcla presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Estos hallazgos indican que las mezclas como los genotipos, así como su interacción conjunta, ejercen un impacto significativo en la altura de la planta, el coeficiente de variación fue de 1.48%. Los resultados obtenidos a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), proporcionan información valiosa sobre la influencia de los genotipos y las mezclas en la altura de las plantas. En la Figura 10 se observó que el genotipo Sunpac exhibió la mayor altura con un valor 3.33 cm, debido a que las plántulas con mayor altura son más apreciadas para el trasplante (Magdaleno *et al.*, 2006) mientras que la mejor mezcla es Turba-Vermicompost 40:60 con un valor de 4.65 cm (Figura 11), por otro lado, en la Figura 12 se muestra que la mejor interacción es Sunpac Turba-Vermicompost 40:60 con un valor de 5.06 cm.

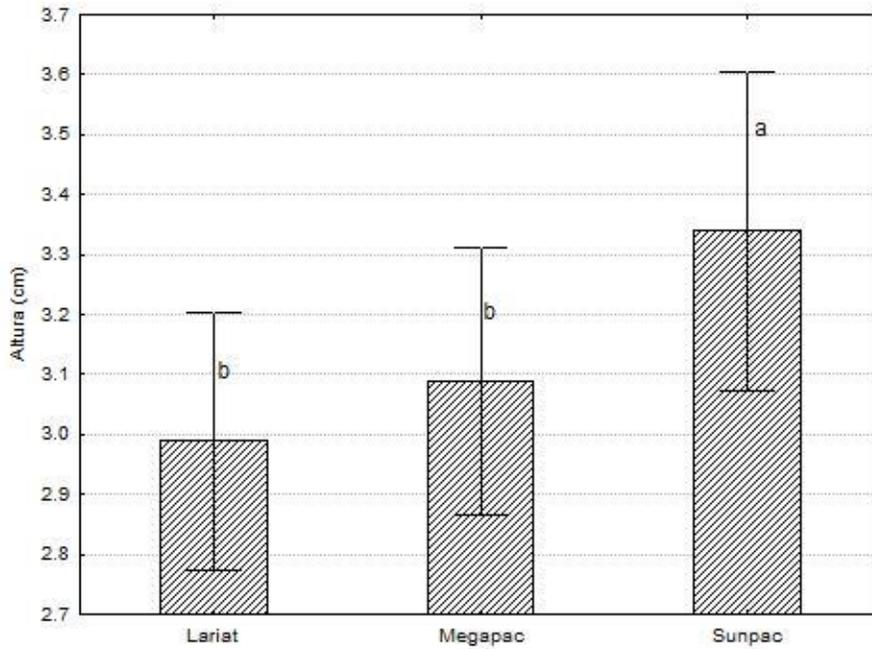


Figura 10: Representación gráfica de la variable Altura (ALT), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

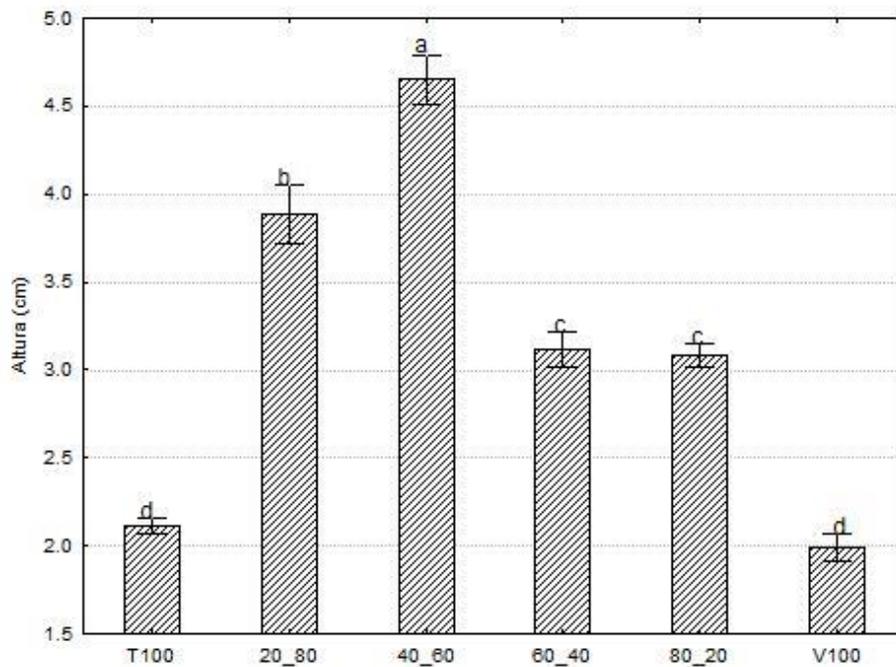


Figura 11: Representación gráfica de la variable Atura (ALT), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

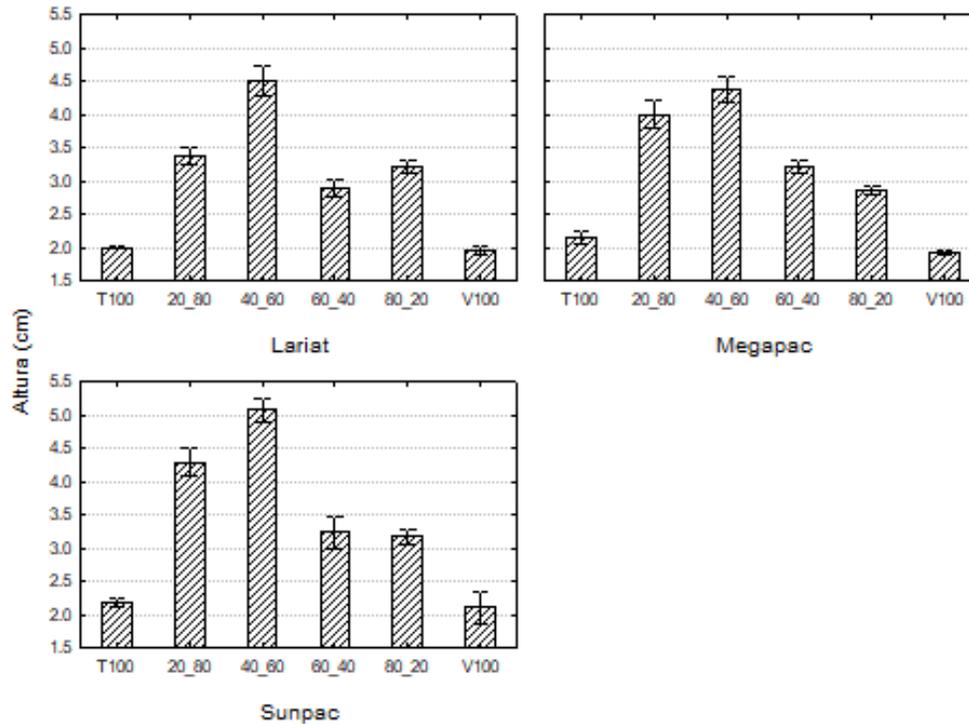


Figura 12: Representación gráfica de la variable Altura (ALT), de la interacción genotipo-mezcla

Área foliar

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2) para la variable área foliar revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) en las mezclas, lo que sugiere que el tipo de mezclas tiene un impacto significativo en el área foliar de las plantas. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los genotipos, interacción Genotipo*Mezcla, el coeficiente de variación fue de 11.28% esto indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos. Al aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en la Figura 13 se identificó que el genotipo Sunpac exhibió la mejor área foliar, con un valor de 17.86cm². Por otro lado, la mejor mezcla fue Turba-Vermicompost 60:40 (Figura 14) con un

valor de 30.10 cm², la mejor interacción fue Sunpac Turba-Vermicompost 60:40 con un valor de 33.86cm² (Figura 15).

Estos resultados indican que el tipo de sustrato puede influir significativamente en el área foliar de las plantas, mientras que los genotipos no parecen tener un efecto notable en esta variable específica.

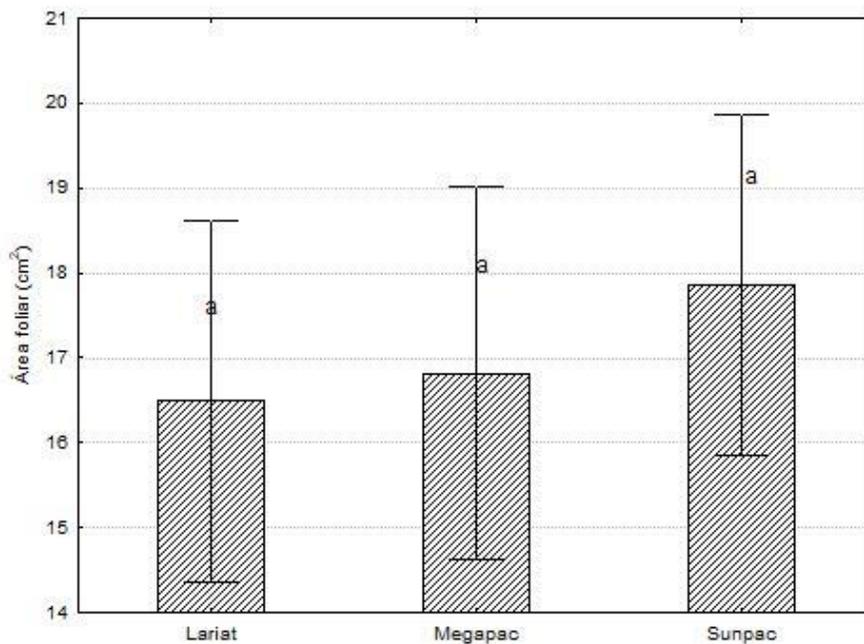


Figura 13: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de los tres genotipos (Tukey P≤0.05)

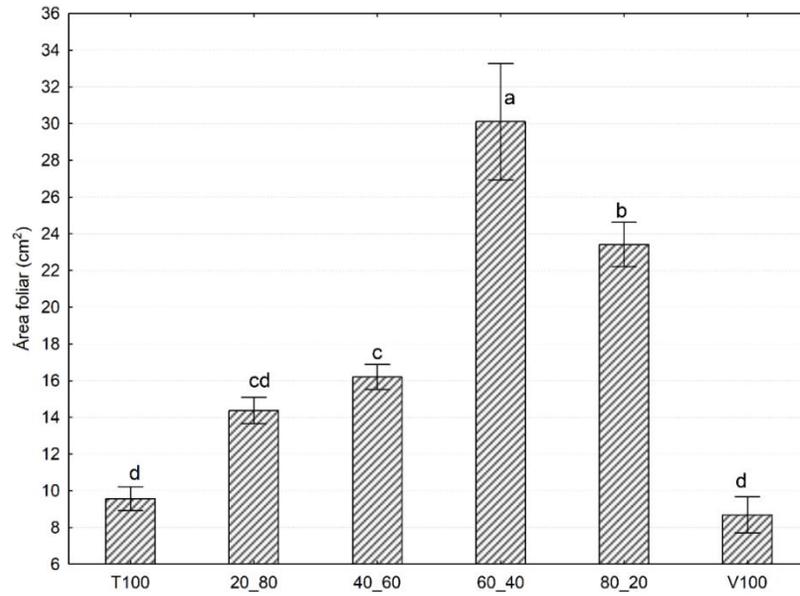


Figura 14: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

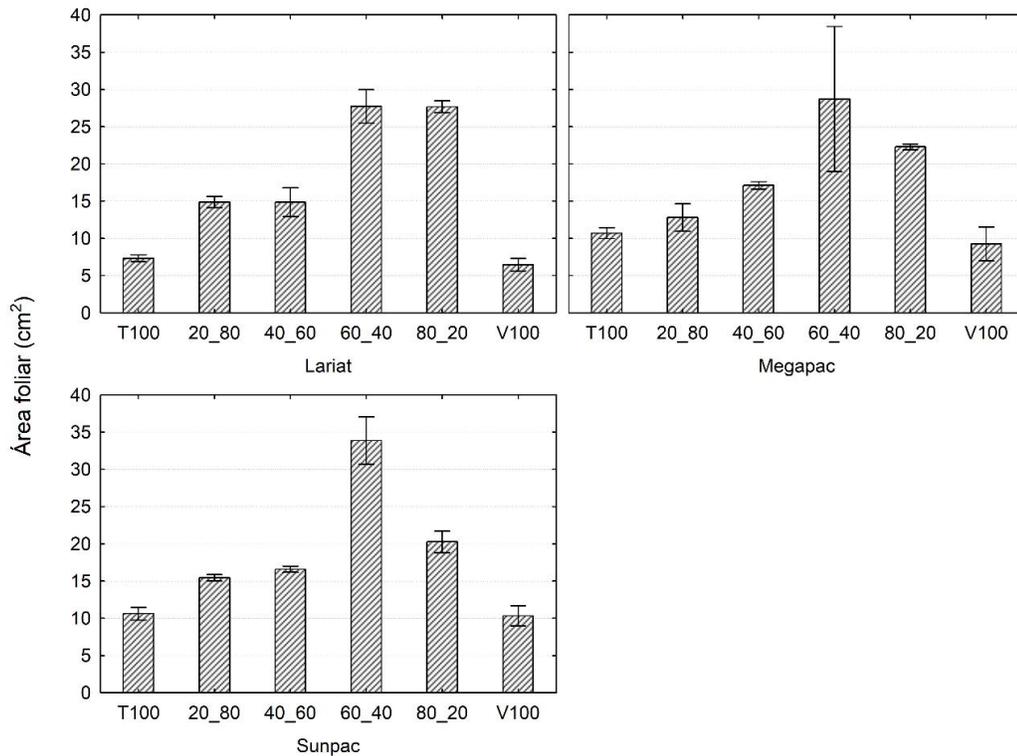


Figura 15: Representación gráfica de la variable Área foliar (AF), de la interacción genotipo-mezcla

Cuadro 2: Análisis de varianza de los cuadrados medios para el diámetro de tallo, número de hojas, altura y área foliar en plántulas de melón en condiciones de invernadero.

FV	GL	DT	NH	ALT	AF
Genotipos	2	0.36**	0.20ns	0.59**	9.18ns
Mezcla	5	1.05**	0.93**	9.40**	620.20**
Genotipo*Mezcla	10	0.10*	0.15ns	0.15*	20.09ns
Error	36	0.04	0.10	0.07	21.74
Valor Min		2.11	1.00	1.91	6.47
Media		2.8	1.29	3.14	17.06
Valor Max		3.44	2.00	5.06	33.86
CV%		1.23	2.80	1.48	11.28

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **DT:** Diámetro de tallo; **NH:** Número de hojas; **ALT:** Altura; **AF:** Área foliar; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

Peso fresco de la raíz

El análisis de varianza (Cuadro 3) realizado reveló que los genotipos tuvieron un efecto significativo ($p \leq 0.01$), para la mezcla con una significancia de ($p \leq 0.05$) en el peso fresco de la raíz, pero la interacción entre Genotipo-Mezcla no fue significativa. Además, el bajo coeficiente de variación (0.03%).

Al realizar la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 9) se encontró que el genotipo Sunpac tiene el valor de 0.61 g de peso fresco de la raíz y la mejor mezcla Turba-Vermicompost 20:80 con 0.75 g y de acuerdo con la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) en la interacción Genotipo-Mezcla las mejores combinaciones son Lariat Turba-Vermicompost 20:80, Sunpac Turba 100% y Sunpac Turba-Vermicompost 20:80 0.92, 0.85 y 0.81 g, Se ha demostrado ampliamente que la vermicompost utilizado en combinación con turba influye positivamente en el crecimiento de las raíces de varias especies vegetales (Toor *et al.*, 2024).

Peso fresco de la hoja

El análisis de varianza efectuado para evaluar la variable del peso fresco de la hoja reveló diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre las

Mezclas utilizadas, indicando que el tipo de mezcla influyó significativamente en el desarrollo foliar. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ni entre los diferentes Genotipos ni en la interacción Genotipo*mezcla, el coeficiente de variación (Cuadro 3) fue de 0.11% esto indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 9), en los genotipos estadísticamente son similares, pero en las Mezclas resultó que Turba-Vermicompost 60:40 y Turba-Vermicompost 80:20 con 0.74 y 0.61 g tiene los mejores valores de peso fresco de hoja, en la interacción Genotipo*Mezcla Sunpac Turba-Vermicompost 60:40 exhibió el mayor Peso Fresco de la Hoja, alcanzando un valor de 0.78 g, lo que sugiere que la vermicompost tiene un efecto en el desarrollo de las hojas (Luu *et al.*, 2024)

Peso fresco del tallo

El análisis de varianza efectuado para evaluar la variable peso fresco del tallo (Cuadro 3) reveló diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre las Mezclas, pero no hubo diferencias significativas entre los Genotipos y la interacción Genotipo-Mezcla, el coeficiente de variación fue de 01.24% esto indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 9), se identificó que los genotipos no hay diferencias estadísticas, en las mezclas Turba-Vermicompost 60:40 con 1.18 g de peso fresco del tallo, en la interacción fueron Sunpac Turba-Vermicompost 60:40 y Lariat Turba-Vermicompost 60:40, con valores de 1.29 g y 1.23 g respectivamente. Respectivamente (Cuadro 9). Esto sugiere que la composición de la mezcla puede tener un impacto significativo en el peso del tallo de las plantas de acuerdo con los estudios donde han encontrado que la incorporación de vermicompost puede aumentar significativamente el peso del tallo y la biomasa de la planta (Turp *et al.*, 2021).

Peso fresco de la plántula

El análisis de varianza efectuado para evaluar la variable peso fresco de la plántula (Cuadro 3) reveló diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) en las Mezclas, en los Genotipos presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), pero en la interacción Genotipo*Mezcla no mostraron diferencias estadísticas el coeficiente de variación fue de 8.39% esto indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se pudo identificar que el genotipo que mostró el mayor peso fresco de la plántula fue Sunpac (Figura 16, Cuadro 9) con un valor medio de 1.94 g. Por otro lado, la mejor mezcla es Turba-Vermicompost 60:40 con un valor de 2.53 g (Figura 17), la mejor interacción que se mostro fue Sunpac Turba-Vermicompost 60:40 con un valor de 2.78 g (Figura 18). Estos hallazgos sugieren que tanto la composición del sustrato como el genotipo juegan un papel crucial en la acumulación de biomasa en plantas (Shirkhodaei y Hadi., 2014).

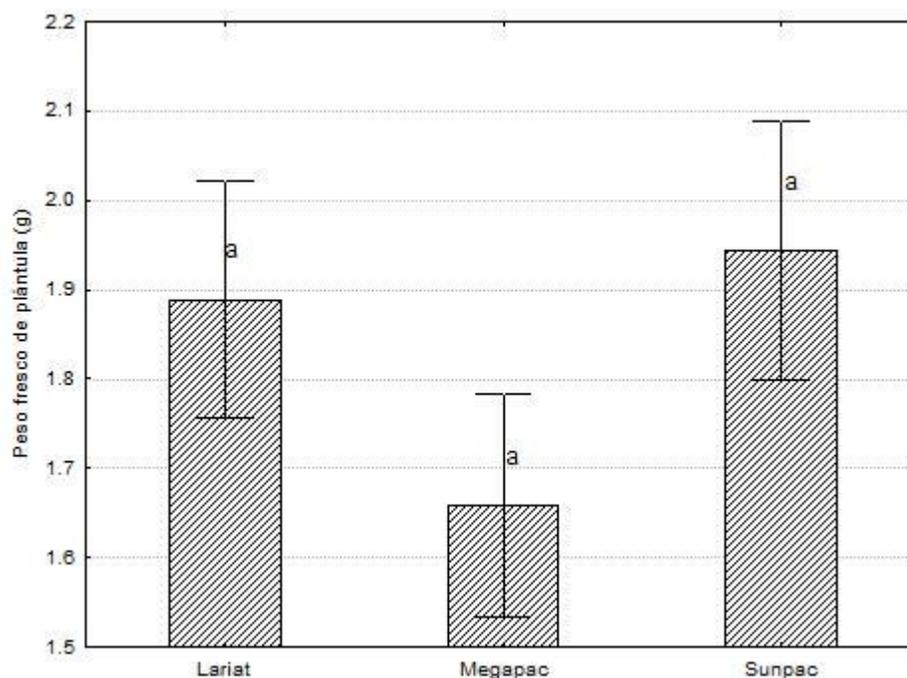


Figura 16: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

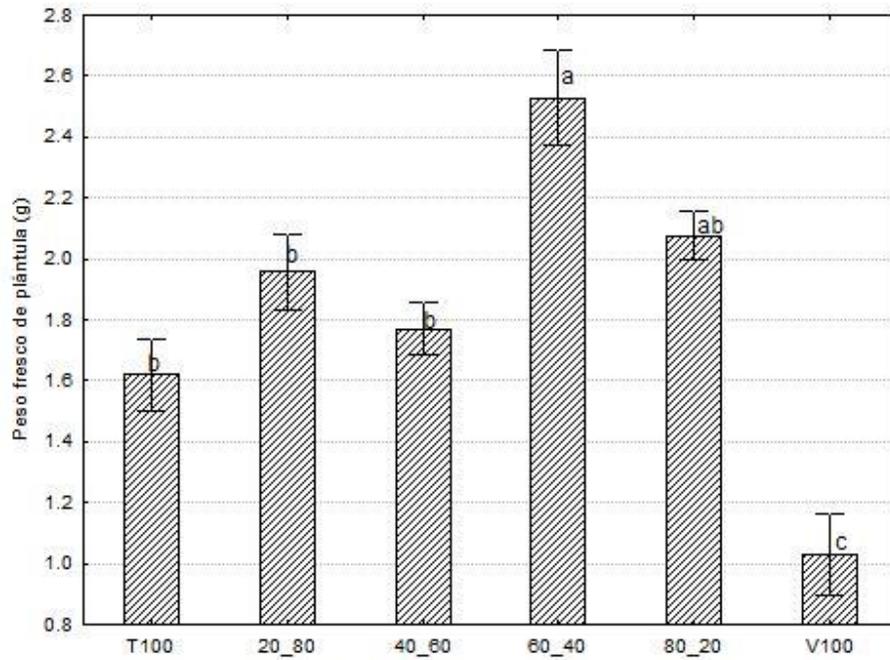


Figura 17: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

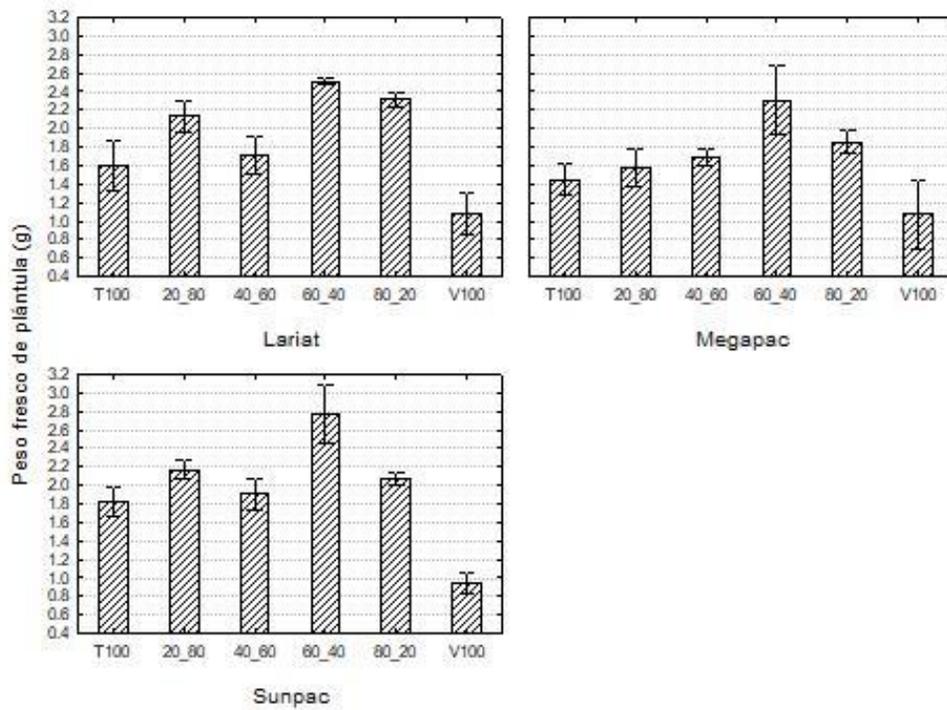


Figura 18: Representación gráfica de la variable Peso fresco de plántula (PFP), de la interacción genotipo-mezcla

Cuadro 3: Análisis de varianza de los cuadraros medios de materia fresca de cada uno de los órganos de las plántulas de melón en condiciones de invernadero.

FV	GL	PFR	PFH	PFT	PFP
Genotipos	2	0.16*	0.0001ns	0.06ns	0.41*
Mezcla	5	0.51**	0.38**	0.39**	2.26**
Genotipo*Mezcla	10	0.03ns	0.02ns	0.03ns	0.08ns
Error	36	0.04	0.01	0.04	0.13
Valor Min		0.09	0.18	0.55	0.085
Media		0.54	0.43	0.84	0.17
Valor Max		0.91	0.77	1.29	0.48
CV%		0.03	0.11	1.24	8.39

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **PFR:** Peso fresco de la raíz; **PFH:** Peso fresco de la hoja; **PFT:** Peso fresco del tallo; **PFP:** Peso fresco de la plántula; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

Peso seco de la raíz

El análisis de varianza realizado para evaluar el peso seco de la raíz en diferentes Genotipos y Mezclas (Cuadro 4), reveló resultados de importancia, por lo tanto, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$), pero no se observaron diferencias significativas en la interacción Genotipo*Mezcla, el coeficiente de variación fue de 13.27% esto indica una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Al aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10) para comparar las medias entre los diferentes genotipos, se identificó que el genotipo Sunpac presenta el mayor peso seco de la raíz con 0.03 g, en la mezcla de sustrato Turba-Vermicompost 20:80 con 0.03 g, en la interacción Sunpac*Turba-Vermicompost 20:80 con 0.04 g de peso seco de raíz. Estos hallazgos indican que la composición genética de los diferentes genotipos puede tener un impacto significativo en la acumulación de biomasa en las raíces de las plantas (Allard *et al.*, 2013).

Peso seco de la hoja

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 4) para la variable peso seco de la hoja no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los Genotipos, Mezclas y la interacción Genotipo*Mezcla, con un coeficiente de variación del 6.85%.

En la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10) entre los genotipos, mezclas y la interacción Genotipo*Mezcla no hubo diferencias estadísticas solo numéricas, donde Sunpac destaco con 0.11 g, en las mezclas Turba-Vermicompost 60:40 con 0.18 g y la interacción Lariat Turba-Vermicompost 60:40 con 0.11 g.

Peso seco del tallo

El análisis de varianza (Cuadro 4) realizado para evaluar el peso seco del tallo se mostraron en las Mezclas diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$), en cambio en los genotipos y en la interacción Genotipo*Mezcla no se presentaron diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 4.28%.

En la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10), se identificó las mezclas Turba-Vermicompost 20:80 presentó el peso seco de tallo con 0.09 g, en la interacción presento diferencias en la comparación de medias Tukey Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10) donde las combinaciones Lariat Turba-Vermicompost 60:40 y Sunpac Turba-Vermicompost 20:80 presentan los valores de 0.10 g respectivamente. Estos resultados sugieren que la composición del sustrato puede tener un impacto significativo en la acumulación de biomasa relacionada con en el peso seco del tallo de las plántulas (Durán *et al.*, 2010).

Peso seco de la planta

El análisis de varianza de los datos obtenidos (Cuadro 4) revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en las Mezclas, mientras que en los Genotipos e interacción Genotipo*Mezcla no se encontraron diferencias significativas. El coeficiente de variación del 8.39 %.

Al realizar la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10), en la mezcla Turba-Vermicompost 60:40 presenta los mejores valores 0.29 g (Figura 20). En la interacción Genotipo*Mezcla en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$, Cuadro 10) la mejor combinación general fue cuando se utilizó Sunpac Turba-Vermicompost 60:40 con un valor de 0.48 g (Figura 21), donde la utilización de vermicompost a una concentración del 40% favorece en la acumulación de biomasa en la plántula, donde Duran (2010), aplicó vermicompost al 50% obteniendo la mayor acumulación de biomasa y la importancia en la acumulación materia seca indica mejor calidad e idoneidad para el trasplante (Rosca, 2009; Akef Bziouech *et al.*, 2024)

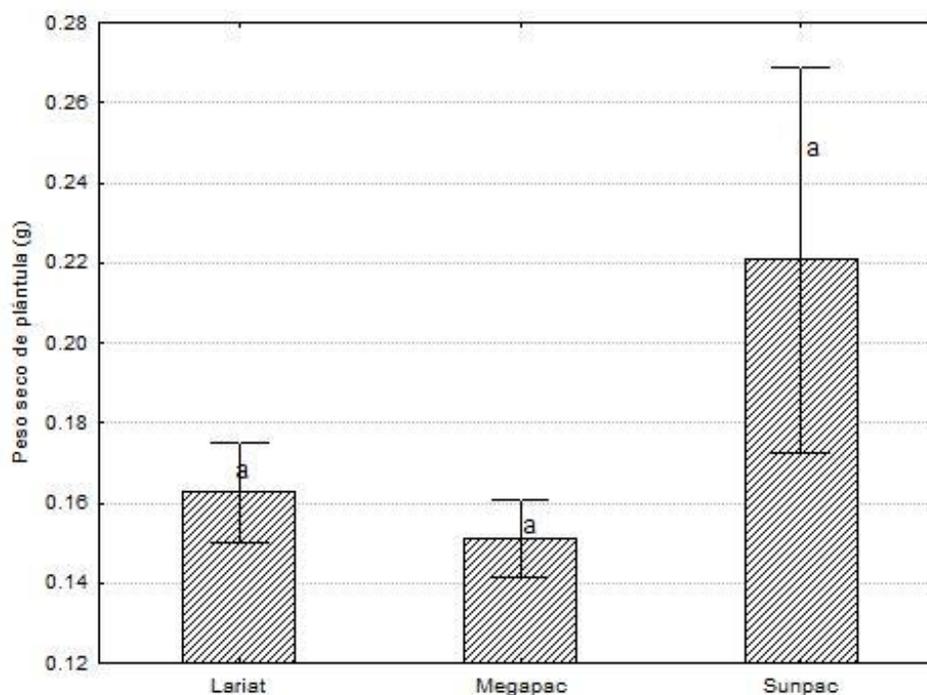


Figura 19: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de los tres genotipos (Tukey $P \leq 0.05$)

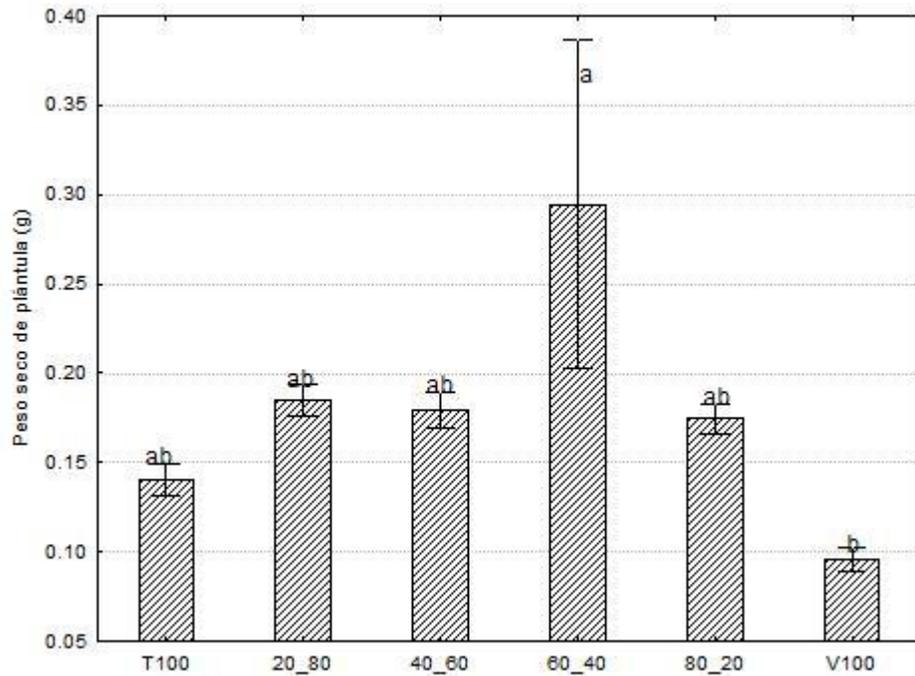


Figura 20: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de seis mezclas en diferentes porcentajes de los sustratos Turba y Vermicompost (Tukey $P \leq 0.05$)

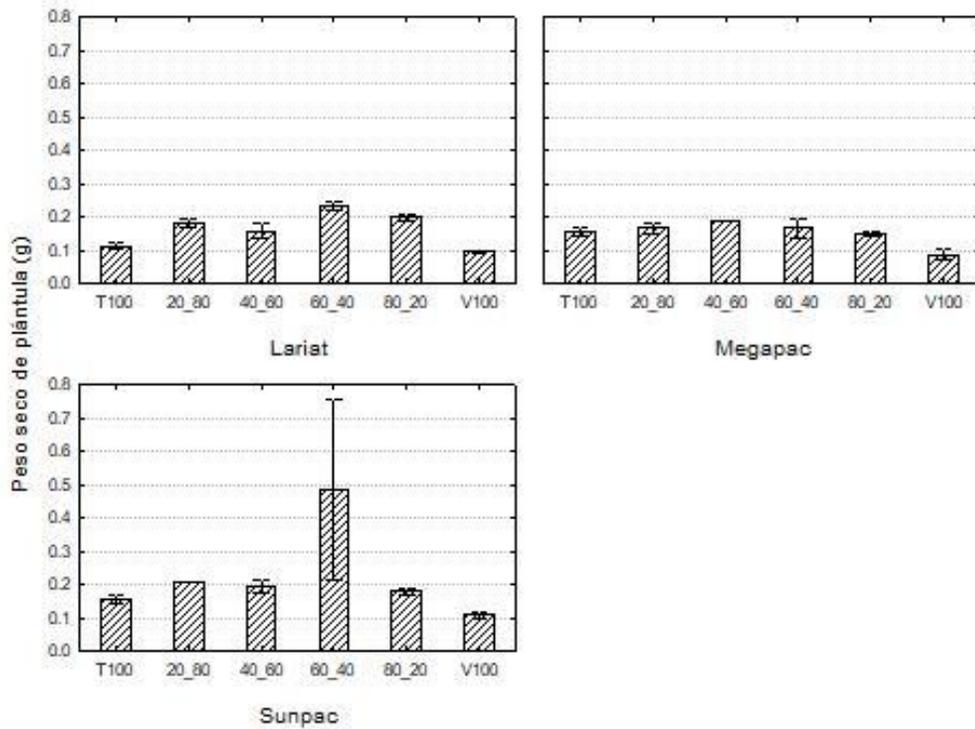


Figura 21: Representación gráfica de la variable Peso seco de plántula (PSP), de la interacción genotipo-mezcla

Cuadro 4: Análisis de varianza de los cuadrados medios de materia seca de cada uno de los órganos de las plántulas de melón en condiciones de invernadero.

FV	GL	PSR	PSH	PST	PSP
Genotipos	2	0.00031**	0.01ns	0.0005ns	0.03ns
Mezcla	5	0.00045**	0.02ns	0.0018**	0.04*
Genotipo*Mezcla	10	0.00002ns	0.01ns	0.0004ns	0.01ns
Error	36	0.00006	0.01	0.0002	0.01
Valor Min		0.01	0.02	0.04	0.08
Media		0.02	0.07	0.07	0.17
Valor Max		0.03	0.36	0.1	0.48
CV%		13.27	6.85	4.28	8.39

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad **PSR:** Peso seco de la raíz; **PSH:** Peso seco de la hoja; **PST:** Peso seco del tallo; **PSP:** Peso seco de la *plántula*; **CV:** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

Análisis de componentes principales (ACP)

En el Cuadro 5 se presentan las correlaciones de Pearson para las dieciséis variables evaluadas para posteriormente realizar un análisis de componentes principales (ACP). En las variables evaluadas muestran alta correlación lineal positivas entre IVE y EME (0.97); IVE y LP (0.67); IVE y DT (0.60); IVE y PFR (0.70); IVE y PFP (0.66); EME y LP (0.62); EME y DT (0.64); EME y PFP (0.63); EME y PFR (0.60); DT y ALT (0.68); AF y PFH (0.99); AF y PFT (0.68) AF y PFP (0.79); PFH y PFT (0.65) PFH y PFP (0.76); PFR y PFP (0.64); PFR y PSR (0.87); PFT y PFP (0.82); PFT y PST (0.63); PFP y PST (0.70); PST y PSR (0.60); PSH y PSP (0.98).

El ACP consiste en una transformación lineal de m variables originales en m nuevas variables, donde cada nueva variable es una combinación lineal de los valores originales. Para esta transformación lineal debe construirse primero la matriz de varianza-covarianza o la matriz de coeficientes de correlación (Aranibar, 2018). La técnica de componentes principales es útil en la construcción de muestras estratificadas y en la reducción de variables correlacionadas a un conjunto más pequeño de variables no correlacionadas

(Colina *et al.*, 1991). En el ACP de un conjunto de datos para dieciséis variables, se llevó a cabo la transformación de las variables originales en las componentes principales (Iezzoni *et al.*, 1991), se obtuvo tres nuevas variables que en conjunto acumularon 82.63% de la varianza observada en las variables originales (Cuadro 5) y que sirven como un resumen de la estructura de las asociaciones entre los tres componentes principales asignados los nombres a cada componente principal CP1 “*emergencia de la semilla*”, CP2 “*crecimiento vegetativo*” y CP3 “*biomasa*”.

La descripción de los componentes principales (Cuadro 6) el CP1 está relacionada con la emergencia de la semilla, tiene una alta contribución de las variables IVE, EME, DT, PFR y PSR, este componente explica 53.02% de la variación total (Cuadro 5), siendo las variables que más contribuyen PFR y EME con los valores más altos 0.850 y 0.835, estos valores cuentan con un valor positivo y están relacionadas a la emergencia de la semilla. El CP2 las variables AF (0.829), PFH (0.807), PFT (7.98) y PFP (7.59) con un valor positivo lo que está relacionada con el crecimiento vegetativo, explicando un 18.61% de la variación total y el 71.63% de la variación acumulada. El CP3 constituido por las siguientes variables PSH (0.803) y PSP (0.786) con 11.01% de la variación total y 82.63% de la varianza acumulada estos valores cuentan con un valor positivo y están relacionados con la biomasa.

Basándonos en los resultados de la prueba de Tukey, se ha decidido realizar un biplot para visualizar las interacciones entre los tratamientos y las variables relacionadas con el crecimiento de las plántulas. En la Figura 22, podemos observar que hay tres grupos (interacciones) que se destacan: Lariat-Vermicompost 20-80, Sunpac Turba-Vermicompost 40:60 y Sunpac Turba-Vermicompost 20:80.

Estos grupos se destacan por su comportamiento positivo en relación con las variables DT, PFP, ALT y PSR, donde las plántulas que se desarrollaron bajo estos tratamientos mostraron resultados favorables en términos de desarrollo vegetativo, producción de raíces y altura, estas características indican un

crecimiento óptimo y saludable de las plántulas bajo estos tratamientos específicos, lo que puede tener implicaciones positivas en términos de su capacidad para establecerse en el campo. Por otro lado, con los grupos Megapac Turba-Vermicompost 60:40 y Lariat Turba-Vermicompost 80:20 tuvieron un comportamiento positivo en relación con las variables PFP,PSP,PSH,LR,PFH,AF Y PFT que están relacionadas con la biomasa y por lo tanto también con la calidad de planta.

Cuadro 5: Matriz de correlación de variables de emergencia de semilla, crecimiento vegetativo y biomasa

	IVE	EME	LP	DT	NH	ALT	LR	AF	PFH	PFR	PFT	PFH	PSH	PST	PSR	PSP
IVE	1															
EME	0.97**	1														
LP	0.67**	0.62**	1													
DT	0.60**	0.64**	0.42**	1												
NH	0.12	0.22	-0.11	0.31*	1											
ALT	0.43**	0.52**	0.17	0.68**	0.56**	1										
LR	0.37**	0.33*	0.31*	-0.01	-0.20	-0.17	1									
AF	0.45**	0.42**	0.48**	0.35**	0.08	0.27	0.29*	1								
PFH	0.44**	0.41**	0.42**	0.34*	0.08	0.28*	0.28*	0.99**	1							
PFR	0.70**	0.70**	0.50**	0.48**	0.13	0.30*	0.16	0.18	0.13	1						
PFT	0.30*	0.26	0.38**	0.33*	-0.11	0.11	0.23	0.68**	0.65**	0.19	1					
PFH	0.66**	0.63**	0.59**	0.52**	0.04	0.31*	0.30*	0.79**	0.76**	0.64**	0.82**	1				
PSH	0.17	0.18	0.37**	0.06	0.09	0.18	-0.02	0.32*	0.30*	0.01	0.18	0.21	1			
PST	0.54**	0.54**	0.43**	0.56**	0.18	0.40**	0.18	0.46**	0.44**	0.47**	0.63**	0.70**	0.12	1		
PSR	0.58**	0.60**	0.44**	0.49**	0.21	0.37**	0.15	0.21	0.17	0.87**	0.20	0.60**	0.10	0.47**	1	
PSP	0.29*	0.31*	0.45**	0.18	0.13	0.26*	0.02	0.40**	0.37**	0.15	0.29*	0.35**	0.98**	0.31*	0.25	1

Nivel de significación de Pearson: * = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$, respectivamente; **IVE**: índice de velocidad de emergencia; % **EME**: porcentaje de emergencia; **LP**: longitud de plúmula; **LR**: longitud de raíz; **DT**: Diámetro de tallo; **NH**: Numero de hojas; **ALT**: Altura; **AF**: Área foliar; **PFR**: Peso fresco de la raíz; **PFH**: Peso fresco de la hoja; **PFT**: Peso fresco del tallo; **PFH**: Peso fresco de la plántula; **PSR**: Peso seco de la raíz; **PSH**: Peso seco de la hoja; **PST**: Peso seco del tallo; **PSP**: Peso seco de la plántula

Cuadro 6: Contribución relativa de las variables analizadas en tres componentes principales de tres genotipos de melón en diferentes mezclas de sustrato de turba y vermicompost

Variable	Emergencia de Semilla CP1	Crecimiento Vegetal CP2	Biomasa CP3
IVE	0.795	0.401	0.021
EME	0.835	0.321	0.090
LP	0.460	0.571	0.103
DT	0.759	0.122	0.231
NH	0.388	-0.341	0.510
ALT	0.638	-0.118	0.527
LR	0.110	0.533	-0.396
AF	0.186	0.829	0.280
PFH	0.165	0.807	0.282
PFR	0.850	0.146	-0.136
PFT	0.149	0.798	0.072
PFP	0.561	0.759	0.073
PSH	-0.080	0.332	0.803
PST	0.577	0.456	0.139
PSR	0.804	0.126	0.003
PSP	0.078	0.398	0.786
Eigenvalor	8.482	1.761	1.023
% Varianza Total	53.019	18.608	11.005
Eigenvalor Acumulado	8.482	10.243	11.266
Acumulado %	53.02	71.627	82.632

CP: Componente principal; IVE: índice de velocidad de emergencia; % EME: porcentaje de emergencia; LP: longitud de plúmula; LR: longitud de raíz; DT: Diámetro de tallo; NH: Numero de hojas; ALT: Altura; AF: Área foliar; PFR: Peso fresco de la raíz; PFH: Peso fresco de la hoja; PFT: Peso fresco del tallo; PFP: Peso fresco de la plántula; PSR: Peso seco de la raíz; PSH: Peso seco de la hoja; PST: Peso seco del tallo; PSP: Peso seco de la plántula.

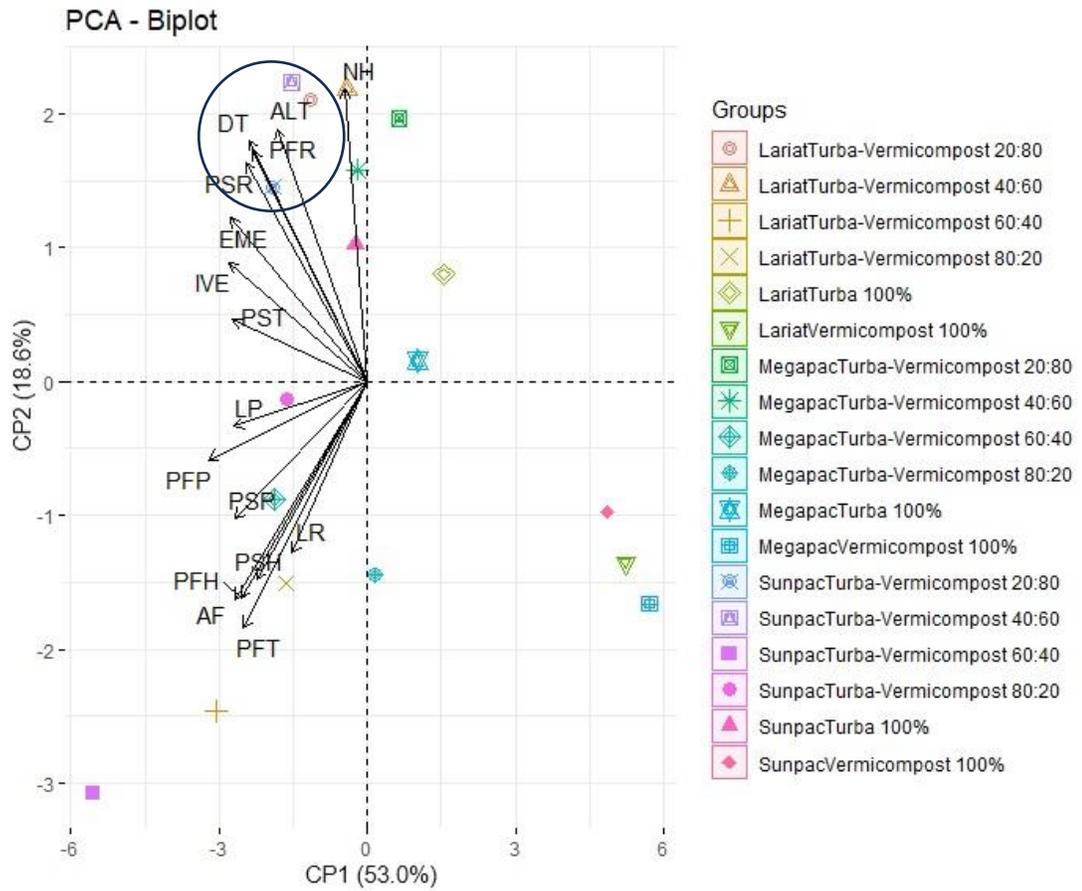


Figura 22: Representación gráfica biplot del análisis de componentes principales de la interacción genotipo*mezcla en diferentes mezclas de turba y vermicompost en plántulas de melón.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación podemos concluir lo siguiente:

El estudio sobre las mezclas de sustratos turba y vermicompost en plántulas de melón ha demostrado que la proporción de 60:40 de Turba-Vermicompost es altamente beneficiosa en términos de variables agronómicas, especialmente en el aumento de la biomasa de las plántulas. Estos resultados sugieren que esta combinación específica de sustratos proporciona condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo saludable de las plántulas de melón.

La mejora en la calidad de las plántulas, evidenciada por el aumento de biomasa, sugiere que la proporción 60:40 de Turba-Vermicompost puede ser una opción ideal para los productores de melón que buscan maximizar el rendimiento y la salud de sus cultivos desde las etapas iniciales de crecimiento.

Por otro lado también se mostraron buenos resultados con la mezcla Turba-Vermicompost 20:80 en base a las variables evaluadas.

En los tres genotipos que se utilizaron, el genotipo Sunpac fue el que obtuvo mayor respuesta con las variables evaluadas y también en la interacción Sunpac Turba-Vermicompost 60:40.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: M. Urrestarazu (ed.). Manual del Cultivo sin Suelo. Grupo MundiPrensa. Almería, España. pp. 137-184.
- Abril, M. (2017). Diseño del manual de procedimientos para la plantulación de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill sp) en la empresa Plántulas de Colombia SAS, Sutamarchán Boyacá.
- Acevedo, A. P., Cruz-Hernández, J., y Taboada, G. O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. Revista fitotecnia mexicana, 43(1), 35-44.
- Akef Bziouech, S., Dhen, N., Ben Ammar, I., Haouala, F., and Al Mohandes Dridi, B. (2024). Valorization of vermicompost: effects on morpho-physiological parameters of organic tomato plantlets (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Plant Nutrition, 1-16.
- Allard, V., Martre, P., and Le Gouis, J. (2013). Genetic variability in biomass allocation to roots in wheat is mainly related to crop tillering dynamics and nitrogen status. European Journal of Agronomy, 46, 68-76.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones MundiPrensa. Barcelona, España
- Arancon, N. Q., A. Pant, T. Radovich, N. V. Hue, J.K. Potter, and C.E. Converse. 2012. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (Teas). HortScience 47: 1722-1728.
- Aranibar, G. R. (2018). Estadística multivariable análisis de componentes principales. Revista Varianza, 44-61.

- Arenas, M., C. Vavrina, J. Cornell, E. Nalón and G. Hochmuth. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience* 37(2): 309-312
- Armenta B., A.D. 1998. Relaciones óptimas de aniones y cations en la solución nutritiva en riego por goteo para la producción de tomate. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Bastida A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de plantas ornamentales. Serie de publicaciones AGRIBOT No. 4 UACH. Preparatoria Agrícola, Chapingo, Mexico.72p.
- Begum, A. 2011. Evaluation of municipal sewage sludge vermicompost on two cultivars of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. *Int. J. Chemtech Res.* 3: 1184-1188.
- Berrospe, O., E. A., Ordaz, C. V. M., Rodríguez, M. M. D. L. N., y Quintero, L.R. (2012). Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(1), 141-156.
- Bisognin, DA (2002). Origen y evolución de las cucurbitáceas cultivadas. *Ciencia Rural*, 32, 715-723.
- Carballo, M. F. J., Rodríguez-Ortiz J. C., García, H. J. L., Alcalá, J. J. A., Preciado, R. P., Rodríguez, F. H., Villareal, G. F. 2017. Efecto de gallinaza y biosólido en mezcla con turba europea para producción de plántulas de cucurbitáceas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 49(2): 193-202.
- Castellanos, J. Z. 2003. Los Sustratos en la Producción Hortícola bajo Invernadero. In; Memorias en CD de cursos internacionales de producción de tomate en invernadero. Eds. INTAGRI, Cuernavaca, Morelos, México.
- Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador: retos y oportunidades.

- Chanda, G. K., Bhunia, G., y Chakraborty, S. K. (2011). The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(2), 42-45.
- Crespo, G. M.R., González, E. D.R., Rodríguez, M. R., Ruiz, C. J.A., Durán, P. N. 2018. Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 34: 373–382. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.03.01>.
- Colina, C. L., y Roldán, P. L. (1991). El análisis de componentes principales: aplicación al análisis de datos secundarios. *Papers: revista de sociología*, 31-63.
- Cueto, Y. R. (2019). Estudio del efecto de la modificación química de vermiculita (VMC) y el uso de plastificante con funcionalidad amino en el almidón termoplástico (ATP) y la procesabilidad de nanocompuestos almidón termoplástico/vermiculita.
- de Santana Gomes, C. C., de Aguiar, N. A. O., Barros, A. C., Lima, C. C. V., y Cunha, L. O. (2009). Perfil da produção agrícola no perímetro irrigado Califórnia, SE. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 4(1), 8.
- Delgado, A. M., Miralles de Imperial, H. R., Masaguer, R. A., Martín, S. J. 2016. Estudio de turbas y residuos avícolas procedentes de pollo de engorde como componente de sustratos de cultivo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 32(4): 455-462. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.09>.
- Díaz, S. 2006. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. *Memorias de IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos, Diseños, Manejo y Producción*. Torreón, Coahuila, México.
- Díaz, G. J., Quila, B. K., Zambrano, G. F., y Bravo, Z. R. (2022). Efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Biotempo*, 19(2), 291-301.

- Di Benedetto, A; Molinari, J; Boschi, C. 2000. Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes sustratos de crecimiento. *Agro sur* 28 (2): 69-76.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00.
- Dufault, R. J (1986). Influencia del acondicionamiento nutricional sobre la calidad del trasplante de melón y el rendimiento temprano. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Ciencias Hortícolas* , 111 (5), 698-703.
- Dufault, R. J. (1994). Long-term consequences and significance of short-term pretransplant nutritional conditioning. *HortTechnology*, 4(1), 41-42.
- Durán, U. L., y Henríquez, H. C. (2010). El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía mesoamericana*, 21(1), 85-93.
- Estupiñan, E. y Sánchez, W. (2019). Plan de empresa para la creación de "Fibras de coco", empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras de sustrato a partir de la Estopa de Coco. En Universidad Autónoma de Occidente. Acreditación Institucional de Alta Calidad (págs. 1-165). Santiago de CAALI: Facultad de Ingeniería. Departamento de Operaciones y Sistemas. Programas Ingeniería Industrial.
- Fernández, B.C., Urdanet, N., y Silva, W. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23 (2), 188-196.
- Fiat, D., Lazar, M., Baciú, V., and Hubca, G. (2010). Aspects concerning the perlite recovery in addition with polymeric additives for constructions materials. *Materiale Plastice*, 47(1), 64-68.
- Fonseca, E. J. B., Quiñones, E. G., Vega, J. G., y Armas, R. P. (2023). Producción de maíz (*Zea mays* L) H-Ame15 en la Empresa

Agropecuaria de Horquita, Abreu-Cienfuegos. Universidad y Sociedad, 15(S2), 59-69.

Gaytán, R. M., Vargas, E. E., Rivera, A. M., y Morales, F. V. D. J. (2016). Efecto del raleo de frutos en el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. *Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico*, 3, 18-25.

García, G., Cabrera, R., Gavi, R., y Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en maceta. *Terra*, 19, 249-258.

Garcia Filho, F.D., Oliveira, M.S., Demosthenes, L.C., y Monteiro, S.N. (2019). Caracterização da fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) por espectroscopia de infravermelho. *ABM Proceedings*.

González, R., González, G., Acevedo, I., González, M. E., y Contreras, J. (2014). Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) con sustrato a base de cachaza compostada. *Revista de la Facultad de Agronomía (Luz)*, 1, 182-190.

Hernández, R. A., Robles, H. L., Ojeda, B. D., Prieto, L. J., González, F. A. C., and Guerrero, P. V. (2017). Semicompost and vermicompost mixed with Peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings. *Interciencia*, 42(11), 774-779.

Higuera, L. D., Casadiego, M. O. J. (2023). Construcción de una cámara climatizada para la germinación de semillas de cuatro hortalizas de hoja comestible.

INEGI. 2008. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 2008. Importación en dólares. INEGI. México. 528 p.

- levinsh, G. 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. *Plant Growth Regul.* 65: 169–181.
- lezzoni, A. F., y Pritts, M. P. (1991). Applications of principal component analysis to horticultural research. *HortScience*, 26(4), 334-338.
- Jaramillo, N., Jorge, E., y Díaz, D. (2006). El cultivo de las crucíferas: brócoli, coliflor, repollo, col china.
- Jerez, Z. D. P. M. (2007). Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill).[monografía]. Valdivia (CHL): Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Austral de Chile.
- Lee, L. H., Wu, T. Y., Shak, K. P. Y., Lim, S. L., Ng, K. Y., Nguyen, M. N., and Teoh, W. H. (2018). Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: A mini-review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(4), 925-935.
- Leskovar, D. I., and Cantliffe, D. J. (1991). Tomato transplant morphology affected by handling and storage. *HortScience*, 26(11), 1377-1379.
- Leskovar, D. I., Cantliffe, D. J y Stoffella, P. J (1991). Crecimiento y rendimiento de plantas de tomate en respuesta a la edad de los trasplantes. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Ciencias Hortícolas* , 116 (3), 416-420.
- Ilie, V., and Mihalache, M. (2021). Researches regarding the influence of vermicompost on horticultural plant species. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 65(1).
- Lizaola, R. Q., Ferrera, C. R., Barra, J. D. E., Calderón, N. E. G., Kabana, R. R., González, G. A., y Santelises, A. A. (2003). Enzimas que participan

en el proceso de vermicompostaje. *Terra Latinoamericana*, 21(1), 73-80.

López, B. J.; Méndez, M. A.; Pliego, M. L.; Aragón, R. E., y Robles, M. M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annum*) en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(6):1139-1150.

López, R. H., Balmori, D. M., García, A. C., González, O. L. H., y Izquierdo, F. G. (2013). Propiedades químicas y química-físicas de derivados estructurales de ácidos húmicos obtenidos de vermicompost. *Actividad biológica*.

Luque, F. J., Rodas, M., y Erbez, A. J. (1986). Nuevos datos sobre mineralizaciones de vermiculita asociadas a rocas ultrabásicas de la provincia de Málaga: Carratraca. *Estudios Geológicos*, 42(6), 369-376.

Luu, H. T. T., Le, L. T., and Green, I. D. (2024). Effects of vermicompost on the growth and yield of spring onion (*Allium fistulosum* L.). *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 69(1), 31-44.

Magdaleno, V. J.J., Peña, L. A., Castro, B. R., Castillo, G. A. M, Galvis, S. A., Ramírez, P. F. y Hernández, H. B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 223-229.

Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA.

Merizalde Vélez, D. C. (2010). Impacto económico de la calidad de la semilla en el cultivo de maíz (*Zea May*) en la cuenca alta del Río Guayas.

Morales, M. J., Fernández, R. M., Montiel, C. A., y Peralta, B. C. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*, 11(1), 19-26.

Moreno, J., Moral, R., García, M. J. L., Pascual, J. A. y Bernal, M. P. 2014. *Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones*. Recursos

orgánicos: aspectos agronómicos y medioambientales. Colección: de residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad. Ediciones Mundi-Prensa, España. 176 p

Nava, P. E., Valenzuela, Q. W., y Rodríguez, Q. G. (2019). El vermicompost como sustrato sustituto en la germinación de tomate. *Agrociencia*, 53(6), 869-880.

Ojo de agua A., Castellanos R., Muñoz R., Alcantar G., Tijerina C., Vargas T. y Enríquez R. 2008. Eficiencia desuelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:367-374.

Parra, T. S.; Salas, N. E.; Villarreal, R. M.; Hernández, V. S. y Sánchez, P. P. 2010. Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(1):37-47. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.16.005>.

Pérez, F. A. R.; Ruiz, M. M.; Lobato, C. M. O.; Pérez, V. E. y Rodríguez, S. P. 2017. Sustrato biofísico para agricultura protegida y urbana a partir de compost y agregados provenientes de los residuos sólidos urbanos. *Rev. Inter. Contaminación Amb.* 34(3):383-394.

Pire, R., y Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. *Propuesta metodológica. Bioagro*, 15(1), 55-64.

Prasanna Kumar, G. V., and H. Raheman. 2012. Identification of optimum combination of proportion of vermicompost in the soil-based potting mix and pot volume for the production of paper pot seedlings of vegetables. *J. Plant Nut.* 35: 1277-1289.

Preciado, R. P, Baca, G. A, Tirado, J. L. Kohashi, S. J. Tijerina, L. Martínez, A. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20:267-276.

- Quintero, M. F., González, C. A., y Guzmán, J. M. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. Flórez R., VJ (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. pp, 79-108.
- Rady, M. M. 2012. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. S. African J. Bot. 81: 8–14
- Ramírez, R. M. (2003). Posibilidades de valoración agrícola de subproductos generados por la agroindustria del olivar (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- Rangel, P. P., Castillo, G. A. B., Torres, J. L. T., Shibata, J. K., Chavez, L. T., y Garza, A. M. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Terra Latinoamericana, 20(3), 267-276.
- Reyes Reyes, J., Pimienta de la Torre, D. D. J., Rodríguez Morales, J. A., Fuentes Pérez, M. A., y Palomeque Figueroa, E. (2018). Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. Revista mexicana de ciencias forestales, 9(47), 111-130.
- Rosca V (2009). Optimization of nitrogen concentration in the fertilization solution for production of seedlings in cell trays. Acta Hort. 807:613–618.
- Rodríguez, D. E., Salcedo, P. E., Rodríguez, M. R., González, E. D. R., y Mena, M. S. (2013). Reúso del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Terra Latinoamericana, 31(4), 275-284.
- Rodríguez M. R., E. G. Alcantar G., G. Iñiguez C., F. Zamora N., P. M. García L., M. A. Ruiz L. y E. Salcedo P. (2010) Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. Interciencia 35:515-520.

- Rodríguez D., Salcedo P., Rodríguez M., González E., Raymundo D. y Mena, M. 2013. Reusó del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Terra Latinoamericana* 31:275-284.
- Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., Jaramillo, N. J. (2007). Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas.
- Rojo, Z. C. S., Nieto, G. A., Troyo, D. E., Lucero, V. G., y García, G. E. (2023). Estado hídrico y crecimiento de plantas de menta (*Mentha spicata* L.) bajo tratamientos con vermicompost y déficit hídrico. *Terra Latinoamericana*, 41.
- San Martín H., C., V. M. Ordaz C., P. Sánchez G., M. T. B. Colina L. y L. Borges G. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de Tezontle. *Agrociencia* 46:243-254.
- Sánchez, H. (2004). Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el Valle de Huaura. Departamento de Lima.
- Sánchez, H. R., Ordaz, C. V. M., Benedicto, V. G. S., Hidalgo, M. C. I., y Palma, L. D. J. (2006). Regeneración estructural de un suelo arcilloso por aportes de vermicompost en la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 22(1), 13-26.
- Sánchez, A. Q, Trejo, D. R, Nolasco, E. G y Beas, R. B (2008). Propagación vegetativa de la Vara de Perilla (*Symphoricarpos microphyllus* HBK). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* , 14 (1), 21-26.
- Santos, M.R., Sedyama, M.A.N., Salgado, L.T., Vidigal, S. M y Reigado, F.R. (2010). Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto. *Biosci. J.* 26(4):572-578.

- Salto, C. S., Harrand, L., Javier, O. G. P., y Ewens, M. (2016). Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 37(3), 527-537.
- Schultheis, J.R. y R.J. Dufault. 1994. Watermelon seedling growth, fruit yield, and quality following pretransplant nutritional conditioning. *HortScience* 29: 1264-1268.
- Shirkhodaei, M., Darzi, M. T., and Hadi, M. H. S. (2014). Influence of Vermicompost and Biostimulant on the growth and biomass of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(3), 706-714.
- Steiner, A.A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. pp. 43-53. In: *Proceeding 3rd International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and procedures of statistic*. Mc. Graw-Hill, New York. p. 481.
- Suthar, S. 2010. Evidence of plant hormone-like substances in vermiwash: An ecologically safe option of synthetic chemicals for sustainable farming. *Ecol. Eng.* 36:1089–1092.
- Tharmaraj, K., Ganesh, P., Kumar, R. S., Anandan, A., and Kolanjinathan, K. (2011). Vermicompost-a soil conditioner cum nutrient supplier.
- Torres, O. G. V., Patiño, M. L. D., Pérez, M. A., Rodríguez, M. A., Nava, H. S., Rangel, M. G. M., ... y Salazar, M. D. C. M. (2017). Sustrato como material de última generación. *OmniaScience*.
- Toor, M. D., Anwar, A., Koleva, L. y Eldesoky, GE (2024). Efectos del vermicompost sobre las propiedades microbiológicas del suelo en la rizosfera de la lechuga: un enfoque respetuoso con el medio ambiente para un futuro verde sostenible. *Investigación Ambiental* , 243 , 117737.

- Tremblay, N., and Gosselin, A. (1989). Growth and nutrient status of celery seedlings in response to nitrogen fertilization and NO₃: NH₄ ratio. *HortScience*, 24(2), 284-288.
- Turp, G. A., Turp, S. M., Ozdemir, S., and Yetilmezsoy, K. (2021). Vermicomposting of biomass ash with bio-waste for solubilizing nutrients and its effect on nitrogen fixation in common beans. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101691.
- Van Schie, W. 1999. Standardization of substrates. *Acta Horticulturae*. 481: 71-78.
- Vargas T., Castellanos R., Zaragoza J., Muñoz R., Sánchez G., Tijerina C., Lopez R., Martínez S. y Ojo de agua, A. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34:323-331.
- Vargas, M. R. N. (2010). Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. In XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo (pp. 17-19).
- Villegas, C. V. M., y Laines, C. J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406.
- Weston, L.A. y B.H. Zandstra. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24: 88-90.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology* 43:S332-36.

APENDICE

Cuadro 7: Comparación de medias para genotipos, mezclas e interacción genotipo-mezcla en plántula de melón para las variables: índice de velocidad de emergencia, emergencia, longitud de plúmula y longitud de raíz.

	IVE	EME	LP	LR
Lariat	9.91a	84.44a	14.77b	9.18a
Sunpac	9.34a	84.72a	17.55a	8.79a
Megapac	8.69b	82.77a	13.28c	9.15a
Turba-Vermicompost 80:20	11.47a	98.33a	16.80ab	9.21bc
Turba 100%	11.37a	98.88a	16.80ab	10.14ab
Turba-Vermicompost 60:40	11.25a	97.22a	18.70a	11.93a
Turba-Vermicompost 40:60	10.71ab	98.88a	14.77bc	8.32bc
Turba-Vermicompost 20:80	9.85a	96.66a	14.16c	7.37c
Vermicompost 100%	1.24c	13.88b	9.99d	7.26c
Lariat Turba-Vermicompost 60:40	12.12a	98.33a	15.98bc	14.83a
Sunpac Turba-Vermicompost 80:20	11.91a	100a	19.51ab	10.23ab
Lariat Turba-Vermicompost 80:20	11.81a	98.33a	14.88bcde	7.83b
Lariat Turba-Vermicompost 40:60	11.81a	98.33a	15.82bcd	8.40b
Lariat Turba 100%	11.6ab	100a	17.48abc	9.83ab
Sunpac Turba 100%	11.5abc	100a	17.26abc	10.56ab
Sunpac Turba-Vermicompost 60:40	11.07abcd	96.66a	22.73a	9.96ab
Megapac Turba 100%	11.02abcd	96.66a	15.65bcd	10.03ab
Lariat Turba-Vermicompost 20:80	10.83abcd	96.66a	14.56bcde	6.90b
Sunpac Turba-Vermicompost 40:60	10.76abcd	98.33a	15.79bcd	7.50b
Megapac Turba-Vermicompost 80:20	10.70abcd	96.66a	16.01bc	9.57ab
Megapac Turba-Vermicompost 60:40	10.55abcd	96.66a	17.39abc	11.00ab
Megapac Turba-Vermicompost 40:60	9.58bcd	100.00a	12.71cdef	9.07b
Sunpac Turba-Vermicompost 20:80	9.40cd	96.66a	17.52abc	7.00b
Megapac Turba-Vermicompost 20:80	9.30d	96.66a	10.40def	8.23b

Sunpac Vermicompost 100%	1.42e	16.66b	12.48cdef	7.50b
Lariat Vermicompost 100%	1.31e	15.00b	9.92ef	7.30b
Megapac Vermicompost 100%	1.00e	10.00b	7.56f	7.00b

IVE: índice de velocidad de emergencia; **EME:** porcentaje de emergencia, %; **LP:** longitud de plúmula, mm; **LR:** longitud de raíz, cm,

Cuadro 8: Comparación de medias para genotipos, mezclas e interacción genotipo-mezcla en plántula de melón para las variables: diámetro de tallo, número de hojas, altura y área foliar.

	DT	NH	ALT	AF
Lariat	2.76b	1.22a	2.98b	16.49a
Sunpac	2.95a	1.25a	3.33a	17.86a
Megapac	2.67b	1.41a	3.08b	16.81a
Turba-Vermicompost 80:20	2.91bc	1.05c	3.08c	23.41b
Turba 100%	2.64c	1.00c	2.11d	9.56d
Turba-Vermicompost 60:40	2.77bc	1.22bc	3.11c	30.10a
Turba-Vermicompost 40:60	3.21a	1.77a	4.65a	16.19c
Turba-Vermicompost 20:80	3.01ab	1.61ab	3.88b	14.38cd
Vermicompost 100%	2.22d	1.11c	1.98d	8.69d
Lariat Turba-Vermicompost 60:40	2.63bcdef	1.00b	2.9de	27.73ab
Sunpac Turba-Vermicompost 80:20	3.05ab	1.16ab	3.16d	20.28abcd
Lariat Turba-Vermicompost 80:20	2.99ab	1.00b	3.21cd	27.67ab
Lariat Turba-Vermicompost 40:60	3.25ab	1.66ab	4.5ab	14.85bcd
Lariat Turba 100%	2.28def	1.00b	2.00f	7.34d
Sunpac Turba 100%	2.89abcd	1.00b	2.18ef	10.63cd
Sunpac Turba-Vermicompost 60:40	2.87abcd	1.16ab	3.23cd	33.86a
Megapac Turba 100%	2.74bcdef	1.00b	2.15ef	10.71cd
Lariat Turba-Vermicompost 20:80	3.18ab	1.66ab	3.36cd	14.88bcd
Sunpac Turba-Vermicompost 40:60	3.44a	1.66ab	5.06a	16.59bcd
Megapac Turba-Vermicompost 80:20	2.7bcdef	1.00b	2.86de	22.28abc
Megapac Turba-Vermicompost 60:40	2.82abcde	1.50ab	3.21cd	28.70ab
Megapac Turba-Vermicompost 40:60	2.93abc	2.00a	4.38ab	17.13bcd
Sunpac Turba-Vermicompost 20:80	3.09ab	1.16ab	4.28ab	15.45bcd
Megapac Turba-Vermicompost 20:80	2.74bcde	2.00a	4bc	12.80cd
Sunpac Vermicompost 100%	2.33cdef	1.33ab	2.10ef	10.34cd
Lariat Vermicompost 100%	2.23ef	1.00b	1.95f	9.26cd
Megapac Vermicompost 100%	2.11f	1.00b	1.91f	6.47d

DT: Diámetro de tallo, mm; **NH:** Número de hojas; **ALT:** Altura, cm; **AF:** Área foliar, cm².

Cuadro 9: Comparación de medias para genotipo, sustrato e interacción genotipo-sustrato en plántula de melón para las variables: peso fresco de raíz, peso fresco de hoja, peso fresco de tallo y peso fresco de plántula.

	PFR	PFH	PFT	PFP
Lariat	0.59ab	0.43a	0.87a	1.89a
Sunpac	0.61a	0.43a	0.89a	1.94a
Megapac	0.43b	0.43a	0.79a	1.66ab
Turba-Vermicompost 80:20	0.47b	0.61a	1.00ab	2.08ab
Turba 100%	0.73a	0.23c	0.64c	1.61b
Turba-Vermicompost 60:40	0.60ab	0.73a	1.19a	2.52a
Turba-Vermicompost 40:60	0.61ab	0.42b	0.73bc	1.771b
Turba-Vermicompost 20:80	0.75a	0.35bc	0.84bc	1.95b
Vermicompost 100%	0.11c	0.23c	0.69c	1.02c
Lariat Turba-Vermicompost 60:40	0.55abc	0.72abc	1.23a	2.51ab
Sunpac Turba-Vermicompost 80:20	0.59abc	0.48abcde	1.00ab	2.06abc
Lariat Turba-Vermicompost 80:20	0.44abc	0.75ab	1.11ab	2.31ab
Lariat Turba-Vermicompost 40:60	0.65abc	0.38cde	0.69ab	1.71abcd
Lariat Turba 100%	0.84a	0.20e	0.55b	1.59bcd
Sunpac Turba 100%	0.85a	0.25de	0.71ab	1.81abcd
Sunpac Turba-Vermicompost 60:40	0.70ab	0.78a	1.30a	2.78a
Megapac Turba 100%	0.51abc	0.27de	0.67ab	1.44bcd
Lariat Turba-Vermicompost 20:80	0.91a	0.37cde	0.84ab	2.12abc
Sunpac Turba-Vermicompost 40:60	0.62abc	0.44abcde	0.83ab	1.90abcd
Megapac Turba-Vermicompost 80:20	0.37abc	0.31de	0.89ab	1.85abcd
Megapac Turba-Vermicompost 60:40	0.55abc	0.71abc	1.02ab	2.30ab
Megapac Turba-Vermicompost 40:60	0.55abc	0.46abcde	0.68ab	1.70abcd
Sunpac Turba-Vermicompost 20:80	0.81a	0.40bcde	0.95ab	2.17ab
Megapac Turba-Vermicompost 20:80	0.53abc	0.60abcd	0.73ab	1.58bcd
Sunpac Vermicompost 100%	0.10b	0.27de	0.58b	0.93d
Lariat Vermicompost 100%	0.12bc	0.18e	0.77ab	1.07cd
Megapac Vermicompost 100%	0.11c	0.24e	0.71ab	1.07cd

PFR: Peso fresco de la raíz, g; **PFH:** Peso fresco de la hoja, g; **PFT:** Peso fresco del tallo, g; **PFP:** Peso fresco de la plántula, g.

Cuadro 10: Comparación de medias para Genotipo, Mezcla e interacción Genotipo*Mezcla en plántula de melón para las variables: peso seco de raíz, peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco de plántula.

	PSR	PSH	PST	PSP
Lariat	0.03ab	0.06a	0.072a	0.162a
Sunpac	0.03a	0.10a	0.081a	0.220a
Megapac	0.02b	0.06a	0.071a	0.151a

Turba-Vermicompost 80:20	0.02bc	0.08a	0.08ab	0.18ab
Turba 100%	0.03ab	0.04a	0.07bc	0.14ab
Turba-Vermicompost 60:40	0.03ab	0.18a	0.09ab	0.30a
Turba-Vermicompost 40:60	0.03ab	0.08a	0.08ab	0.18ab
Turba-Vermicompost 20:80	0.03a	0.07a	0.10a	0.19ab
Vermicompost 100%	0.01c	0.03a	0.05c	0.10b
Lariat Turba-Vermicompost 60:40	0.02abc	0.107a	0.100a	0.23ab
Sunpac Turba-Vermicompost 80:20	0.02abc	0.08a	0.09ab	0.18ab
Lariat Turba-Vermicompost 80:20	0.01abc	0.10a	0.09ab	0.20ab
Lariat Turba-Vermicompost 40:60	0.02abc	0.07a	0.07ab	0.15ab
Lariat Turba 100%	0.02abc	0.03a	0.05b	0.11b
Sunpac Turba 100%	0.03ab	0.04a	0.08ab	0.15ab
Sunpac Turba-Vermicompost 60:40	0.03abc	0.37a	0.09ab	0.49a
Megapac Turba 100%	0.02abc	0.06a	0.09ab	0.15ab
Lariat Turba-Vermicompost 20:80	0.03abc	0.07a	0.09ab	0.19ab
Sunpac Turba-Vermicompost 40:60	0.03abc	0.08a	0.09ab	0.20ab
Megapac Turba-Vermicompost 80:20	0.01abc	0.09a	0.07ab	0.14ab
Megapac Turba-Vermicompost 60:40	0.02abc	0.07a	0.09ab	0.17ab
Megapac Turba-Vermicompost 40:60	0.02abc	0.09a	0.08ab	0.19ab
Sunpac Turba-Vermicompost 20:80	0.03a	0.08a	0.10a	0.20ab
Megapac Turba-Vermicompost 20:80	0.02abc	0.05a	0.09ab	0.17ab
Sunpac Vermicompost 100%	0.01bc	0.03a	0.06b	0.10b
Lariat Vermicompost 100%	0.01abc	0.02a	0.06b	0.10b
Megapac Vermicompost 100%	0.01c	0.02a	0.04b	0.09b

PSR: Peso seco de la raíz, g; **PSH:** Peso seco de la hoja, g; **PST:** Peso seco del tallo, g; **PSP:** Peso seco de la plántula, g.